

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DE ENSENADA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS BASADO EN PROXIMIDAD FÍSICA

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

LEONARDO GALICIA JIMÉNEZ

Ensenada, Baja California, México, 12 de Agosto del 2005.

RESUMEN de la tesis de **Leonardo Galicia Jiménez**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN. Ensenada, Baja California. Agosto del 2005.

DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS BASADOS EN PROXIMIDAD FISICA.

En años recientes y gracias a la amplia proliferación de dispositivos móviles y la promesa del cómputo ubicuo, el problema del descubrimiento de servicios ha cobrado mayor importancia y ha sido abordado por diferentes instituciones tanto académicas como comerciales. Estas investigaciones han producido diferentes enfoques en la manera de cómo abordar el diseño y búsqueda de servicios. En cada una de estas propuestas existen criterios que determinan las decisiones de diseño tomando en consideración las necesidades que pretenda cubrir. Sin embargo, a pesar de que las propuestas actuales parecen ofrecer una buena solución al problema, existen algunos puntos que no son abordados, tales como selección de servicios basados en proximidad física y por consiguiente un adecuado soporte a los sistemas concientes del contexto y de localización. Para lograr un adecuado soporte a estos puntos sin abordar, creemos que no sólo se requieren de mecanismos para el descubrimiento de servicios, sino también de una infraestructura que ofrezca un adecuado soporte durante la movilidad de los usuarios y desde una amplia variedad de servicios móviles, así como los ya tradicionales. Adicionalmente, hablar del descubrimiento de servicios tomando en cuenta la variable contextual de la localización del cliente, requiere incluir mecanismos apropiados para el cálculo de la localización de personas, y con base a ello realizar la búsqueda. Una búsqueda de este tipo, tiene el propósito de encontrar aquellas entidades móviles o estáticas dentro del espacio que se haya definido como próximo. Estas entidades encontradas pueden ser dispositivos o personas. Cuando estos mecanismos de búsqueda permiten encontrar personas sujetas a localización, traen consigo factores adicionales como el riesgo de la privacidad de los usuarios. La privacidad de los usuarios es una de las principales preocupaciones, y una de las más fuertes barreras que ofrecen los usuarios en la adopción de tecnologías de localización, por esto, el descubrimiento de servicios con base en proximidad adquiere nuevos retos al incluir mecanismos que permitan protegerla. En este trabajo de tesis se abordan este tipo de consideraciones, de manera que nos permita construir el diseño de una arquitectura que ofrezca un adecuado soporte.

Palabras clave: Descubrimiento de servicios, Cómputo consiente del contexto, Privacidad, Cómputo ubicuo.

Dedicatoria

A mi familia
por todo su apoyo incondicional.

Agradecimientos

A mi familia, quienes siempre me han impulsado
y apoyado en emprender nuevos retos.

A mi director de tesis Dr José Antonio García Macías
por la dirección dada a esta tesis.

A mi comité de tesis:

Dr. Luis Armando Villaseñor González y Dr. Jesús Favela Vara por sus observaciones y
aportaciones al trabajo de tesis.

A los profesores de Departamento de Ciencias de la Computación
quienes contribuyeron en mi formación académica.

Al Centro de Investigación y de Educación Superior de Ensenada, B.C.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
por el apoyo económico recibido durante mis estudios de maestría.

A mis compañeros de generación
quienes con su amistad enriquecieron mi vida.

Contenido	Página
Resumen	i
Abstract	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	v
Índice de figuras	x

Capítulo I Introducción

I.1 Antecedentes	1
I.2 Motivación	4
I.3 Descripción del problema	5
I.4 Objetivos	7
I.4.1 Objetivo general.....	7
I.4.2 Objetivos específicos	7
I.5 Objetivos	7

Capítulo II Cómputo ubicuo y sistemas de localización

II.1 Introducción.....	10
II.2 Cómputo ubicuo.....	11
II.2.1 Características del cómputo ubicuo	11
II.2.2 Necesidades Tecnológicas	12
II.3 Cómputo consciente del contexto	17
II.4 Cómputo consiente de la localización	17
II.4.1 Tecnologías de localización.....	19
II.4.2 Técnicas de localización	21
II.4.2.1 Lateración.....	22

Contenido (continuación)	Página
II.4.2.2 Atenuación.....	22
II.4.2.3 Tiempo de vuelo.....	23
II.4.2.4 Ángulo de llegada.....	24
II.4.2.5 Tiempo de llegada.....	25
II.4.2.6 Diferencia en el tiempo de llegada.....	26
II.4.2.7 Huella Multitrayecto.....	27
II.4.3 Tecnologías inalámbricas.....	27
II.4.3.1 Infrarrojo.....	28
II.4.3.2 IrDA.....	29
II.4.3.3 Ultrasonido.....	29
II.4.3.4 Bluetooth.....	30
II.4.3.5 Wi-Fi.....	32
II.4.3.6 RFID.....	34
II.4.3.7 Banda ultra-ancha.....	36
II.4.4 Estado del arte en localización en interiores.....	37
II.4.4.1 Infrarrojo.....	38
II.4.4.2 IEEE 802.11.....	39
II.4.4.3 Ultrasonido.....	41
II.4.4.4 RFID.....	46
II.4.5 Sistemas concientes de la localización comerciales.....	48
II.5 Conclusiones.....	54

Capítulo III Descubrimiento de servicios

III.1 Introducción.....	56
III.2 Marco teórico.....	56
III.2 Consideraciones de diseño.....	57

Contenido (continuación)	Página
III.3 Mecanismos para el descubrimiento de servicios	61
III.3.1 Mecanismos de descubrimiento tipo pull.....	61
III.3.2 Mecanismos de descubrimiento tipo push	63
III.3.3 Mecanismos de descubrimiento centralizado.....	64
III.4 Protocolos para el descubrimiento de servicios.....	67
III.4.1 Service Location Protocol	68
III.4.2 DNS Service Discovery	69
III.4.3 Salutation.....	70
III.4.4 Simple Service Discovery Protocol	72
III.4.5 Bluetooth Service Discovery Protocol	73
III.4.6 Jini	74
III.4.7 JXTA	76
III.4.8 Open Services Gateway Initiative	77
III.5 Comparativa de protocolos de descubrimiento de servicios	78
III.6 Conclusiones.....	80

Capítulo IV Consideraciones de diseño

IV.1 Introducción	82
IV.2 Servicios basados en la localización	82
IV.3 Movilidad local	88
IV.4 localización de artefactos y/o personas	94
IV.5 El papel de la infraestructura.....	96
IV.6 Representaciones de espacios físicos	96
IV.6.1 Modelo geométrico	97
IV.6.2 Modelo de teoría de conjuntos	98
IV.6.3 Modelo basado en grafos	98
IV.6.4 Modelo semántico	99

Contenido (continuación)	Página
IV.7 Modelo de proximidad	100
IV.8 Definición de servicios.....	103
IV.9 Identificación del usuario.....	104
IV.10 Control de acceso a la información de localización.....	105
IV.11 Conclusiones	107

Capítulo V Arquitectura para el descubrimiento de servicios

V.1 Introducción.....	109
V.2 Requerimientos.....	109
V.2.1 SALSA middleware.....	111
V.3 Arquitectura.....	113
V.4 Políticas de control para el descubrimiento de servicios.....	120
V.4.1 condiciones.....	123
V.4.2 Transformaciones.....	125
V.5 Nombrado de servicios.....	126
V.6 Descubrimiento del servidor Jabber.....	128
V.6.1 Consideraciones.....	129
V.7 Descripción del funcionamiento de la arquitectura.....	131
V.7.1 Interacción de los componentes.....	133
V.7.2 Descubrimiento de servicios.....	137
V.7.3 El servidor de localización.....	139
V.7.4 Dispositivos asociados a un Agente SALSA sujeto a localización.....	140
V.8 Pruebas funcionales.....	142
V.8.1 El sistema de localización.....	144
V.8.2 El servidor de espacios físicos.....	146
V.8.3 Aplicación de evaluación.....	146

Contenido (continuación)	Página
V.8.4 Plataforma de evaluación	146
V.8.5 Resultados observados	147
V.9 Conclusiones	148
 Capítulo VI Conclusiones, aportaciones y trabajo futuro	
VI.1 Conclusiones	149
VI.2 Aportaciones.....	150
VI.3 Trabajo futuro.....	150
 Referencias.....	 153
Direcciones de interés.....	160

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Lateración utilizando tres puntos diferentes.....	23
2	Tiempo de vuelo y tiempo de llegada de la señal.....	24
3	Angulo de llegada de la señal desde dos puntos diferente.....	25
4	Diferencia del tiempo de llegada de dos señales diferentes.....	26
5	Piconet formada por un dispositivo maestro y siete dispositivos esclavos.....	32
6a	Modo de operación basado en infraestructura del estándar 802.11.....	34
6b	Modo de operación ad hoc del estándar 802.11 formada por cuatro dispositivos.....	34
7	Elementos participantes en la tecnología RFID.....	35
8	Badge y lectores utilizados para la localización en Activa Badge.....	38
9	PDA con tecnología IrDA con la cual se habilita un teléfono por proximidad.....	39
10	Propagación de la señal de radiofrecuencia en interiores.....	40
11	Algoritmo utilizado por GPS-Free para estimar distancias y orientación.....	41
12a	Beacons colocados en el techo utilizados por el sistema Cricket...	43
12b	Receptores que utiliza la señal de lo beacons para determinar su localización.....	43
13	Motes de Berkeley utilizados para la localización.....	45
14	Motes de Berkeley utilizados para la localización.....	46
15	Tarjetas RFID activas y lectores utilizados para la localización.....	47

LISTA DE FIGURAS (continuación)

Figura		Página
16	Lectores RFID activos y tarjetas RFID activas utilizados por Landmarc.....	47
17a	RFID-tag que emite señales RFID e infrarrojo. Son colocados en pacientes, personal médico o en bienes que desean ser localizados.....	50
17b	Receptores que son desplegados en espacios físicos y conectados a la red de computadoras del hospital. Radianse ofrece una solución que permite localizar objetos y/o personas, las consultas realizadas para conocer la localización está basada en el Web. Mediante una página Web, los usuarios del sistema pueden visualizar la distribución del los diferentes RFID-tags a lo largo del edificio donde los receptores son desplegados.....	50
18	En la parte central se muestra la unidad central del sistema Exavera, el VeraFi. Los elementos a su alrededor, son los dispositivos y Vera-T capaces de leer.....	51
19a	Ubisensor.....	52
19b	Ubitag.....	52
20	Tags AeroScout utilizados para localizar objetos y/o personas.....	53
21	Tags llamados T201 habilitados con tecnología WiFi.....	54
22	Servicios que se encuentran dentro de un área determinada sobre la cual el usuario realiza la búsqueda.....	85
23	Localización del usuario sobre un plano, con el propósito de ubicarse.....	86
24	Localización de artefactos y personas dentro de un área geográfica determinada.....	86
25	Una entidad sujeta a localización continua con el propósito de conocer la ruta que lleva.....	87

LISTA DE FIGURAS (continuación)

Figura		Página
26	Mensajes enviados por dos entidades comerciales, así como de un usuario hacia otro usuario cercano a estos.....	88
27	Trabajadores realizan viajes frecuentes fuera de sus escritorios con el motivo de consultar a otros colaboradores e intercambiar información con el fin de realizar sus tareas.....	91
28	Modelo de selección de servicios basado en distancia. Los cuadros representan servicios distribuidos en un plano. Los cuadros negros representan aquellos servicios dentro de una distancia determinada.....	100
29	Modelo de selección de servicios basado en el ámbito. Los rectángulos representan el ámbito donde los servicios distribuidos en un plano se registran. Los rectángulos con línea continua indican aquellos ámbitos en los cuales el cliente se encuentra. Con base en estos ámbitos se lleva a cabo el descubrimiento de servicios.....	101
30	Modelo de comunicación entre agentes SALSA y el servidor Jabber.....	112
31	Sistema de localización basado en la red.....	115
32	Servidor de espacios físicos.....	116
33	Generador de políticas.	117
34	Servidor de localización.	119
35	Arquitectura propuesta para el descubrimiento de servicios basados en proximidad.	120
36	Solicitud de espacios físicos.	134
37	Modelo de mensajes de una conferencia en un servidor Jabber.....	136
38	Descubrimiento de servicios sobre un ámbito.....	138

LISTA DE FIGURAS (continuación)

Figura		Página
39	Servidor de localización.....	140
40	Sistema de localización simulado con veinte agentes SALSA sujetos a localización distribuidos en un plano con cinco espacios físicos definidos. Diez de ellos en movimiento y el resto con comportamiento estático.....	145

Capítulo I

Introducción

I.1 Antecedentes

El objetivo principal que tienen los diferentes mecanismos para el descubrimiento de servicios, es dar un soporte adecuado a los cambios dinámicos que sufre una red con respecto a los servicios que en ella se ofrecen. Estos mecanismos permiten a los clientes que se conectan a la red tener la posibilidad de buscar particularmente algún tipo de servicio de su interés, y permite a los dispositivos que proveen tales servicios, anunciar sus capacidades a la red sin alguna configuración previa. Más allá de esto, el descubrimiento de servicios permite mantener la integridad de la red permitiendo la detección automática de los servicios que llegan a estar disponibles y sobre todo de aquellos que han dejado de estarlo.

El descubrimiento de servicios no es un concepto nuevo, sino por el contrario ha sido utilizado anteriormente y ha evolucionado de acuerdo a las necesidades tecnológicas en las últimas décadas. Uno de los primeros servicios proporcionados a los usuarios fue el *Domain Name System* (DNS) [Cooper y Postel, 1993; Austein y Saperia, 1994]. En la década de los ochentas el IETF¹ (*Internet Engineering Task Force*) en respuesta al rápido incremento de computadoras conectadas a la Internet, y con la intención de ofrecer una solución al problema que tenían los usuarios de la Internet con los nombres de las

¹ Internet Engineering Task Force, <http://www.ietf.org/>

computadoras, desarrolló un mecanismo escalable que permitió asociar el nombre de computadoras a direcciones IP y viceversa. Este sistema que actualmente se encuentra en uso, requirió en un principio de configuraciones manuales por parte de los clientes, con el propósito de conocer a aquel o aquellos servidores que ofrecían el servicio DNS. Hoy en día, existen mecanismos para dar soporte automático a esto, no obstante, la configuración manual de este parámetro por parte de los clientes sigue siendo utilizado.

Posteriormente, con la miniaturización de los componentes electrónicos y la aparición de las computadoras portátiles, el principal inconveniente que los primeros usuarios móviles se enfrentaron cuando cambiaban de ubicación física, era la configuración de los parámetros necesarios para la nueva red a la que se conectaban. En la década de los noventas, nuevamente los esfuerzos por parte del IETF definen el *Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP) [Droms, 1997], el cual permitió de manera dinámica obtener los parámetros necesarios para configurar de forma automática la nueva red a la que se conectaban los usuarios. Tales parámetros incluyen proporcionar la configuración necesaria de la dirección IP asignada a los clientes, así como la dirección de los servidores DNS. Todo esto, sin la intervención por parte del usuario, funcionando todo de manera transparente a éste. Este mecanismo al igual que el DNS, son pilares actuales para las redes de computadoras basadas en TCP/IP.

Más tarde en esa misma década y con el propósito de que el usuario móvil además de obtener conectividad a la nueva red a la que se conecta de manera automática, pudiera adicionalmente y sin necesidad de configuraciones adicionales, obtener otros servicios que

se ofrecen en la nueva red, tales como el de impresión; el IETF forma el grupo SRVLOC² cuyo resultado fue el SLP (*Service Location Protocol*) [Guttman et al., 1999]. El grupo concluyó su trabajo proporcionando varios RFCs [Guttman et al., 1999; Kempf y Guttman, 1999] con extensiones al protocolo propuesto, donde en una de ellas se define cómo obtener a través de DHCP el servidor SLP de la red a la que se conecta [Guttman y Perkins, 1999], todo esto de manera automática. Con estas especificaciones y la definición de SLP, las aplicaciones tienen la posibilidad de contar con mecanismos que les permiten buscar servicios en la red, y con base en ello autoconfigurarse y ajustarse a las necesidades de los usuarios.

Con la definición de estos protocolos se minimizan las configuraciones necesarias que debe realizar un usuario sobre un dispositivo, de manera que pueda conectarse a una red y acceder a los servicios que en ella se ofrecen independientemente que el acceso se realice de manera cableada o a través de comunicaciones inalámbricas.

En años recientes y gracias a la amplia proliferación de dispositivos móviles y la promesa del cómputo ubicuo, el problema del descubrimiento de servicios ha cobrado mayor importancia y ha sido abordado por diferentes instituciones tanto académicas como privadas. Estas investigaciones han producido diferentes enfoques en la manera de cómo abordar el diseño y búsqueda de servicios.

² Service Location Protocol, <http://www.ietf.org/html.charters/OLD/svrloc-charter.html>

En cada una de estas propuestas existen criterios que determinan las decisiones de diseño, tomando en consideración las necesidades que pretenda cubrir. Además de las propuestas hechas por el IETF, particularmente con SLP, existen propuestas por parte de corporaciones privadas como Sun Microsystems cuyos esfuerzos en este rubro se enfocan en impulsar Jini como una solución de su plataforma de desarrollo Java al problema del descubrimiento de servicios. Por otro lado, existen esfuerzos como el realizado por Microsoft con UPnP, cuya integración al sistema operativo Windows XP y la apertura del protocolo propuesto lo hace un fuerte competidor en el mercado. De manera similar, otros actores no menos importantes juegan un papel relevante en las soluciones propuestas para el descubrimiento de servicios. Apple Computer ha impulsado el proyecto ZeroConf ante el IETF como un estándar abierto, así como otros esfuerzos adicionales tales como JXTA, Salutation o INS del MIT. Todos estos esfuerzos han hecho difícil la adopción de un estándar al problema del descubrimiento de servicios, y los esfuerzos individuales de las compañías privadas, han ocasionado que el estándar propuesto por el IETF en este rubro no haya sido aceptado completamente.

I.2 Motivación

El revolucionario progreso en la convergencia de los sistemas computacionales y la tecnologías de comunicación, así como la miniaturización de dispositivos y el abaratamiento de la tecnología, ha permitido un incremento en el uso de dispositivos móviles personales como computadoras portátiles, asistentes personales, teléfonos móviles, etc., lo que ha fomentado el uso del cómputo móvil en todo el mundo, transformando la manera en como vivimos.

De la misma manera, con el abaratamiento y disponibilidad de la tecnología, dispositivos móviles y la aparición de las redes inalámbricas, la demanda de servicios en una red se ha incrementado rápidamente y se espera que el número de servicios crezcan en los próximos años. Este fenómeno hace que sea importante proporcionar a los usuarios la posibilidad de encontrar y hacer uso de los servicios disponibles en una red.

Bajo esta premisa, los usuarios móviles conciente o inconscientemente esperan y demandan el mismo nivel de satisfacción que tienen en ambientes fijos en sus escritorios. Sin embargo, los recursos de los cuales hace uso en tales ambientes fijos no siguen al usuario que los utiliza cuando este sale de su oficina y se reubica en otra temporalmente. Para dar soporte a una verdadera movilidad de los usuarios, así como las tareas que realizan de manera constante, se requiere un cambio en la manera en que los recursos son configurados y administrados.

Los protocolos para el descubrimiento de servicios están cambiando precisamente la manera que las aplicaciones y los recursos de la red son configurados, instalados y anunciados, esto a favor de los usuarios móviles. Aún más, las tecnologías de comunicación inalámbricas de corto alcance impulsan la importancia del descubrimiento de servicios permitiendo la posibilidad de descubrir aquellos servicios próximos al cliente que los solicita y proveer un adecuado soporte a los sistemas concientes de la localización.

I.3 Descripción del problema

El descubrimiento de servicios ha sido abordado por parte de diversos centros de investigación y empresas, y se han realizado diversas propuestas de cómo abordar el diseño

y búsqueda de servicios. En cada una de estas propuestas existen criterios que determinan las decisiones de diseño del protocolo tomando en consideración las necesidades que pretenda cubrir. SLP (*Service Location Protocol*) [Guttman et al., 1998], Jini [Johansen, 1999] y UPnP (*Universal Plug and Play*) [Microsoft, 2000] son algunas muestras representativas de estas propuestas.

Sin embargo, a pesar de que las propuestas actuales realizadas para el descubrimiento de servicios parecen ofrecer una buena solución al problema, existen algunos puntos que no son abordados, tales como selección de servicios basados en proximidad física y por consiguiente un adecuado soporte a los sistemas concientes del contexto y de localización [Bahl et al., 2000; Hodes et al., 1997].

Para lograr un adecuado soporte a este tipo de peticiones, creemos que no sólo se requieren de mecanismos propios para el descubrimiento de servicios, sino que también de una infraestructura que ofrezca un adecuado soporte durante la movilidad de los usuarios y desde una amplia variedad de servicios móviles, así como los ya tradicionales.

Hablar del descubrimiento de servicios tomando en cuenta la variable contextual de la localización del cliente, requiere incluir mecanismos apropiados para el cálculo de la localización de personas, y con base en ello realizar la búsqueda. Una búsqueda de este tipo, tiene el propósito de encontrar aquellas entidades móviles o estáticas dentro del espacio que se haya definido como próximo. Estas entidades encontradas pueden ser dispositivos o personas. Cuando estos mecanismos de búsqueda permiten encontrar personas sujetas a localización, traen consigo factores adicionales como el riesgo de la privacidad de los usuarios. Si partimos del hecho que la privacidad de los usuarios es una de las principales preocupaciones, y una de las más fuertes barreras que ofrecen los

usuarios en la adopción de tecnologías de localización, el descubrimiento de servicios con base en proximidad adquiere nuevos retos al incluir mecanismos que permitan protegerla.

I.4 Objetivos

I.4.1 Objetivo general

Proponer una arquitectura que permita el descubrimiento de servicios en redes con infraestructura fija con base en la proximidad del cliente que los solicita. Dicha arquitectura deberá incorporar el manejo de entidades móviles así como mecanismos que permitan controlar y restringir el descubrimiento de entidades sujetas a localización, particularmente personas.

I.4.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio y análisis de las diferentes propuestas para el descubrimiento de servicios actuales, así como también las diferentes propuestas en sistemas concientes de la localización.
- Realizar un estudio y análisis de las diferentes tecnologías inalámbricas con el fin de encontrar aquella o aquellas que se adapten a la solución del problema.
- Analizar diferentes casos de estudios realizados y orientados hacia ambientes médicos de hospital, con el propósito de encontrar los requerimientos necesarios que intervienen para el descubrimiento de servicios basados en la proximidad del cliente que lo solicita.
- Implementar un prototipo de la arquitectura propuesta.

- Realizar un análisis de las ventajas y desventajas de la arquitectura propuesta.

I.5 Organización del documento

El presente documento se encuentra estructurado en seis capítulos, los cuales se describen brevemente a continuación: En el capítulo II se presenta lo que es el cómputo ubicuo, así como también las características de este. Se definen las áreas de cómputo conciente del contexto y el cómputo conciente de la localización. En este capítulo también se describe la importancia de la información contextual de la localización en interiores de edificios, así como varios sistemas que la hacen posible. Se introducen las diferentes técnicas utilizadas en estos sistemas, así como las diversas tecnologías inalámbricas que lo hacen posible.

En el capítulo III se introducen las diversas propuestas al problema del descubrimiento de servicios. Se presentan algunas definiciones formales de servicios y mecanismos para descubrirlos. Se presentan también algunas consideraciones de diseño para los protocolos, así como los mecanismos de cómo estos funcionan. Finalmente se concluye con la descripción de las principales propuestas en esta área.

En el capítulo IV se presentan las consideraciones de diseño realizadas para la arquitectura propuesta, esto con base en el análisis de la literatura y casos de estudio realizados por el grupo Calafia del CICESE, esto en ambientes médicos de Hospital. En el capítulo V se muestra a detalle la arquitectura, los requerimientos, el diseño y la funcionalidad del sistema para el descubrimiento de servicios basado en la localización física del cliente que los solicita. Finalmente en el capítulo VI se presenta la evaluación de

funcionalidad de la arquitectura propuesta, los resultados observados y la discusión de estos. Así como también, las conclusiones, aportaciones y trabajo futuro.

Capítulo II

Cómputo ubicuo y sistemas de localización

II.1 Introducción

Hablar del descubrimiento de servicios con base en la localización del cliente que lo solicita, requiere de mecanismos mas allá de los propios para descubrir servicios en una red con infraestructura fija. Las diferentes variables contextuales involucradas, tales como la localización del cliente, el día y la hora de la solicitud de búsqueda, así como la identidad del cliente, por mencionar sólo algunas, influyen en la manera en que los servicios responden al cliente al momento de solicitar la búsqueda. Sin duda el valor contextual más importante aquí es la localización del cliente, valor que actualmente puede ser obtenido a través de diferentes mecanismos y propuestas, las cuales usan diferentes tecnologías inalámbricas que permiten determinar la localización de dispositivos.

Esto, junto con los diferentes mecanismos para el descubrimiento de servicios, así como el cómputo móvil, involucra diferentes áreas y conceptos dentro de los cuales destacan el cómputo ubicuo, el cómputo conciente del contexto, cómputo conciente de la localización y por consiguiente los servicios basados en la localización.

En este capítulo se abordan estas diferentes áreas y conceptos, de manera que se ofrece un marco teórico sobre el problema de la localización del cliente, así como los diferentes métodos y tecnologías involucradas. Este marco teórico tiene el propósito de

servir como punto de partida al problema del descubrimiento con base a la proximidad del cliente que lo solicita.

II.2 Cómputo ubicuo

El cómputo ubicuo (*ubiquitous computing*) es un concepto propuesto por Mark Weiser [Weiser, 1991] en la década de los noventas. En él, se hace uso de computadoras que están incrustadas en el ambiente físico en el que se encuentra el usuario. Mediante estos ambientes saturados de computadoras, el usuario tiene disponibles algunas de éstas para el apoyo de las actividades que está realizando [Schilit et al., 1994]. Estas computadoras son pequeños dispositivos con suficiente poder de cómputo que por su tamaño o uso cotidiano pasan desapercibidos para el usuario.

El cómputo ubicuo se apoya en varias áreas de la computación siendo dos las estrechamente relacionadas: los sistemas distribuidos y la computación móvil. Por un lado los sistemas distribuidos ofrecen el marco conceptual y algorítmica que sirve de base para abordar trabajos que involucran a dos o más computadoras conectadas en red [Coulouris et al., 2001]. Por otro lado, el cómputo móvil involucra los aspectos de red necesarios para facilitar la movilidad a los usuarios con dispositivos de cómputo y comunicaciones personales.

II.2.1 Características del cómputo ubicuo

Como definiera Mark Weiser [Weiser, 1993] en la década de los noventas, el cómputo ubicuo se caracteriza principalmente por cuatro atributos: La ubicuidad, la transparencia, los espacios perspicaces, y la escalabilidad local [Chen y Kotz, 2000].

- **Ubicuidad:** Se refiere a que las interacciones se dirigen hacia interfaces múltiples en lugar de a una sola computadora.
- **Invisibilidad o transparencia:** La transparencia se refiere a que la tecnología es tan pequeña o que su uso está tan incorporada en la vida cotidiana, que pasan desapercibidos para la gente en general.
- **Espacios perspicaces:** Se basa en la detección del estado de un individuo y de sus necesidades, deducidas de dicho estado. Los espacios perspicaces surgen cuando varios dispositivos coinciden en el mismo espacio físico e interactúan de manera conjunta para dar soporte a los individuos que se encuentren en él.
- **Escalabilidad local:** El concepto de escalabilidad local se refiere a que el usuario se encuentra inmerso dentro de espacios perspicaces con dispositivos y servicios embebidos en el ambiente. Donde los usuarios disponen de capacidades asociadas al contexto en el que se encuentran. Esto es, hacer uso de los recursos dentro de un espacio perspicaz para dar soporte a las actividades que realiza. Cuando un usuario se mueve físicamente hacia otro espacio perspicaz, hace uso de los recursos existentes en el nuevo espacio en el que se encuentra.

II.2.2 Necesidades Tecnológicas

Los requisitos tecnológicos necesarios para poder dotar al entorno del usuario con poder de cómputo, incluyen evaluaciones independientes tanto para hardware como para software. Con respecto a los requisitos necesarios para el hardware se distinguen tres

principalmente. La miniaturización de los dispositivos, el bajo consumo de energía y el uso de comunicaciones inalámbricas.

- **Miniaturización:** La invisibilidad y dotar de capacidades de computación a todos los dispositivos que nos rodean, hacen de la miniaturización de los microprocesadores un requisito fundamental para el cómputo ubicuo. Actualmente el grado de miniaturización de la electrónica permite que muchos dispositivos sean portátiles lo que les permiten acompañarnos en todo momento. De la misma manera, el grado de miniaturización de las tecnologías inalámbricas, como es el caso de las redes inalámbrica de sensores, permiten hoy en día dotar a artefactos físicos con un grado de procesamiento y comunicación. Sin embargo, aún hay mucho que realizar en este aspecto para cubrir completamente las necesidades del cómputo ubicuo.
- **Bajo consumo de energía:** Uno de los principales retos en los dispositivos de cómputo móviles es el adecuado manejo de la energía. El desarrollo de los microprocesadores ha tenido siempre el objetivo de aumentar su rendimiento. Sin embargo, para el cómputo ubicuo la necesidad de disponer de microprocesadores de bajo consumo de energía es prioritaria. Es necesario desarrollar microprocesadores que funcionen en un gran rango de voltajes y que estén provistos de mecanismos automáticos para el ahorro de energía.
- **Comunicación inalámbrica:** La interconexión de todos los elementos que constituyen un entorno perspícaz y la incorporación del paradigma del cómputo móvil tienen como consecuencia la necesidad de establecer comunicaciones

inalámbricas entre ellos. Dada la escalabilidad local de los ambientes perspicaces en donde son inmersos los usuarios, las comunicaciones inalámbricas de corto alcance cobran una mayor importancia. Estas tecnologías de comunicación deben tener la capacidad de generar de manera espontánea redes sin infraestructura conocidas como redes ad-hoc, con capacidades de comunicación entre todos los nodos participantes a través de protocolos de ruteo adecuados. Actualmente existen diferentes tecnologías inalámbricas tales como 802.11 y BlueTooth, que ofrecen este tipo de soporte, sin embargo aun se requiere desarrollar mejores mecanismos para ofrecer un soporte adecuado para las comunicaciones de estos entornos.

Con respecto a las características que debe presentar el software de los dispositivos que componen un sistema de cómputo ubicuo, se distinguen dos grupos importantes: El requerido para establecer las conexiones entre los dispositivos y el control de las acciones de interacción entre el entorno físico y el usuario. Con lo que respecta al software de soporte para la red se tienen:

- **Comunicación inalámbrica:** A diferencia de las conexiones cableadas o con infraestructura, los dispositivos inalámbricos frecuentemente entran y se desconectan de la red. Por lo que la integridad de los entornos ubicuos en cuanto a los servicios que ofrecen los dispositivos queda vulnerable, de esta manera se buscan los mecanismos necesarios que permitan minimizar estos problemas. Estos mecanismos incluyen el descubrimiento de servicios.

- **Ancho de banda:** Se requieren redes de amplio ancho de banda que garanticen la adecuada transmisión de voz e imagen con calidad. Es necesario el desarrollo de nuevos tipos de paquetes de datos que utilicen las posibilidades de la red y se adecuen a las características de los sistemas de computación ubicua.
- **Protocolos de tiempo real:** Como una consecuencia de los requerimientos del amplio ancho de banda, se requiere del desarrollo de protocolos de conmutación de paquetes que permitan aplicaciones multimedia en tiempo real.
- **Protocolos de enrutamiento:** El protocolo de Internet, el IP, no provee suficiente infraestructura para dispositivos con alta movilidad. El motivo es que las direcciones están asociadas a redes estáticas, de manera que cuando un paquete debe dirigirse a un dispositivo, se supone que éste es accesible localmente a la red que pertenece. Se han realizado grandes avances para superar este problema y existen numerosas propuestas como Mobile IP [Glass, 2000].

La sensibilidad al contexto del usuario, la captura de la información relevante para dar el soporte adecuado a sus necesidades y la modificación del entorno de acuerdo a ellas, requiere de las siguientes capacidades del cómputo ubicuo:

- **Identificación del usuario:** La identificación de los usuarios es uno de los aspectos más importantes en ambientes de cómputo ubicuo, debido principalmente a que los ambientes perspicaces reaccionan a los usuarios y sus necesidades. La identificación de los usuarios permite definir el acceso a cierta información o uso de ciertos servicios. En este sentido existen diferentes enfoques para la identificación de los

usuarios, desde las tradicionales nombre de usuario y contraseñas, utilización de tarjetas de identidad o sensores que usa el usuario, hasta el uso de biometría, pasando por sistemas híbridos.

- **Reconocer el estado de los usuarios:** Los sistemas de cómputo ubicuo deben ser capaces de adquirir información del estado de los usuarios con el propósito de tomar decisiones relevantes a estos. En este sentido la localización tanto espacial como temporal es considerada como parte del estado del individuo.
- **Inferir las necesidades de los usuarios:** Una vez que el sistema es capaz de conocer el estado de los usuarios, puede determinar cuáles son sus necesidades, a través de los hábitos de comportamiento, basándose en situaciones similares que ocurrieron a un conjunto de usuarios en similares o igual circunstancias.
- **Actuar pro activamente:** Los sistemas de cómputo ubicuo al actuar pro activamente, se les dota de iniciativa, de manera que el sistema tome decisiones de forma transparente para dar soporte a los usuarios.

Las herramientas de software para los sistemas de cómputo ubicuo necesitan de interfaces capaces de integrar una gran variedad de dispositivos. Actualmente los diferentes trabajos de investigación al respecto no realizan trabajos de propósito general, sino por el contrario, ofrecen soluciones ad-hoc para dar soporte a una actividad determinada.

Sin embargo, existen organismos como el NIST³ (*National Institute of Standards and Technology*) de Estados Unidos que realiza esfuerzos para establecer métricas, escenarios de evaluación y estándares sobre este campo.

II.3 Cómputo conciente del contexto

Un sistema es conciente del contexto (*context-aware system*) si utiliza el contexto para proporcionar información relevante y/o servicios al usuario, donde la relevancia depende de la tarea del usuario [Dey y Abowd, 2001]. El contexto típicamente se refiere a la ubicación, la actividad y el estado, (por ejemplo: disponible, ocupado, etc.) de la gente, grupos y objetos [Chen y Kotz, 2000]. Los dispositivos móviles dentro de estos ambientes, no sólo contienen información explícita de los propietarios, sino eventualmente, tienen la capacidad de detectar aspectos del ambiente del usuario [Harter et al., 2002].

Dentro de estos ambientes, donde los sistemas móviles interactúan, el enfoque gira particularmente en las situaciones en que los dispositivos móviles se comportan y ofrecen diferentes posibilidades de interacción, dependiendo del contexto particular donde están siendo usados [Dix, 2000].

II.4 Cómputo conciente de la localización

En entornos de cómputo ubicuo, la localización física de diversos objetos y/o personas, constituye información contextual clave para proveer un verdadero soporte al cómputo conciente del contexto [Hightower et al., 2002]. Los sistemas concientes de la localización (*location-aware systems*), tienen el propósito de dotar al sistema, dispositivo, aplicación,

³ National Institute of Standards and Technology, <http://www.nist.gov/>

etc. del contexto de la localización de dispositivos, los cuales permiten localizar objetos y/o personas. La localización es la información contextual que cambia cuando el usuario se mueve físicamente de un lado a otro. De modo que un sistema que permite conocer la localización de manera confiable es crítico para muchas aplicaciones conscientes del contexto. De hecho, la mayoría de las aplicaciones conscientes del contexto utilizan este valor contextual como punto clave de su funcionamiento. De manera general, la obtención del valor contextual de la localización puede ser llevada a cabo por medio de dos maneras: manual y automática.

- **Manual:** Esta es llevada a cabo mediante la participación del usuario y es relativamente sencillo recolectar tal información si el usuario participa proporcionando su ubicación al sistema. Algunas técnicas utilizadas para introducir al sistema la ubicación manualmente son: deslizar un identificador a través de un lector determinado o utilizar biometría para leer huellas digitales antes de entrar y después de salir de una habitación. Estos métodos necesitan cooperación explícita del usuario y solo proveen información a una granularidad muy amplia y son de baja precisión.
- **Automática:** En esta, se pretende que el sistema sea capaz de calcular la localización del usuario de manera transparente, es decir, sin la ayuda explícita del usuario. En ambientes de cómputo ubicuos este es el escenario ideal que los sistemas deben soportar de una manera eficiente y económica.

De la misma manera, la localización puede ser llevada a cabo tanto en exteriores como en interiores de edificios. En ambientes donde la localización es requerida en el

exterior, es decir al aire libre, es posible obtenerla de manera sencilla y precisa utilizando GPS (*Global Positioning System*) o bien con cierta precisión utilizando la infraestructura tecnológica de las telecomunicaciones celulares móviles. Sin embargo, en contraste de estos entornos externos, la localización en el interior de edificios, requiere diferentes mecanismos para poder determinar la localización, debido principalmente a que la señal que requiere el dispositivo GPS se encuentra obstruida. Mientras que para la localización en exteriores el GPS es un estándar de facto, no sucede lo mismo en la localización en interiores de edificios. Hoy en día, a pesar que la localización a través de radiofrecuencias y combinación de esta con otras tecnologías inalámbricas como el infrarrojo han cobrado fuerza en desarrollos comerciales, no existe ningún estándar al respecto.

II.4.1 Tecnologías de localización

Diversas circunstancias han impulsado el desarrollo de los sistemas de posicionamiento. En el caso de EEUU estas tecnologías cobraron especial interés a raíz de un mandato legislativo promulgado por la FCC⁴ (*Federal Communications Comisión*). La FCC decidió hace seis años que en diciembre de 2005 las compañías telefónicas tendrán que ser capaces de localizar automáticamente a cualquier persona que efectuara una llamada de emergencia con una precisión de 50 a 100 metros.

Por otro lado, las compañías de telefonía móvil han introducido servicios basados en la localización con el propósito de diferenciarse de sus competidores. Para ofrecer estos servicios existen en la actualidad varias técnicas que permiten conocer la posición de un

⁴ Federal Communications Commission, <http://www.fcc.gov/>

dispositivo móvil. La precisión, el costo y la dificultad de la implementación son parámetros que varían dependiendo de la tecnología utilizada.

La posibilidad de localización de un dispositivo móvil ha dado lugar a numerosos servicios de información, rastreo, selección de rutas y gestión de recursos. Estos, básicamente se encuentran dentro de cuatro tipos de servicios basados en la localización:

- **Servicios de activación automática (*Trigger Services*):** Se inician cuando el usuario entra en un área determinada disparando eventos específicos. Son adecuados para aplicaciones publicitarias o hacer llegar información relevante.
- **Servicios basados en la localización (*Location-based Information Services*):** El usuario del servicio demanda información o servicios de algún tipo, que varía según su localización. Esta clase de servicios son los que ofertan actualmente las compañías de telefonía móvil. Muchos de ellos permiten encontrar establecimientos cercanos al usuario.
- **Servicios de seguimiento continuo (*Tracking Services*):** Contemplan aplicaciones donde la información de la localización de objetos y/o personas es requerida por una tercera entidad. Es decir, existe una entidad la cual consume la información de localización de otras entidades. Se pueden utilizar para gestión de flotas, búsqueda de personas, información bursátil, asesoramiento rápido, etc.
- **Servicios de asistencia al usuario final (*End User Assistance Services*):** Están diseñados para proveer al usuario de unas condiciones de red segura si éste se encuentra

en dificultades. Servicios de asistencia en carretera u otros servicios de emergencia están dentro de este grupo.

Un sistema de localización puede proveer información de localización en dos formatos diferentes: física y simbólica. Mientras que un dispositivo GPS entrega una posición física. Por ejemplo, una información física como $47^{\circ}39'17''N$ y $122^{\circ}18'23''W$ a una elevación de 20.5 metros. Es decir, con una información física se entregan valores numéricos que representan la localización espacial del objeto o persona sujeta a localización. En contraste con la información simbólica se proporcionan ideas abstractas de donde se encuentra algo. Por ejemplo, en la cocina, sobre la mesa, junto al correo, etc. Un sistema que provee una posición física puede ser utilizado para agregar su correspondiente ubicación simbólica [Chen y Kotz, 2000].

Un sistema de localización debería reportar una localización exacta y consistentemente medición tras medición. Por ejemplo, algunos GPS económicos pueden obtener la posición de un objeto dentro de un rango de 10 metros aproximadamente el 95% de las mediciones. Algunos otros GPS más costosos pueden obtener la posición dentro de un rango de 1 a 3 metros en un 99% de las veces. Estas distancias representan la exactitud o granularidad de la información que el GPS puede ofrecer, mientras que los porcentajes representan la precisión o que tan seguido se puede obtener esa exactitud [Chen y Kotz, 2000].

II.4.2 Técnicas de localización

El proceso de localización ha de llevarse a cabo independientemente de que el dispositivo a localizar esté en exteriores o se encuentre en el interior de un edificio. Las

técnicas que se emplean para esto son diferentes, y dependen en gran medida de la precisión, el costo, la dificultad y la tecnología utilizada para la localización del dispositivo. A continuación se mencionan las principales técnicas utilizadas hoy en día para estimar la localización de dispositivos.

II.4.2.1 Lateración

La lateración realiza el cálculo de la posición de un objeto midiendo su distancia desde diferentes puntos de referencia (figura 1). Para calcular la posición en dos dimensiones de un objeto se requiere medir la distancia desde tres puntos de referencias que no sean colineales. Para calcular una posición en tres dimensiones se requiere medir la distancia desde cuatro puntos de referencia no coplanares. Las medidas permiten trazar circunferencias con centro en las estaciones base que emiten la señal, dando su intersección como resultado el punto donde se encuentra el dispositivo que se desea localizar.

II.4.2.2 Atenuación

La atenuación se da cuando la intensidad de una señal emitida decrece al recorrer una determinada distancia desde el emisor hasta el receptor. Dada una función de correlación entre atenuación y distancia para un tipo de emisión y la intensidad original de la señal emitida, es posible estimar la distancia desde un objeto hasta el punto P midiendo la intensidad de la señal cuando esta alcanza el punto P. Por ejemplo, en un espacio abierto la señal emitida por un objeto se ve atenuada por un factor proporcional de $1/2r$ cuando alcanza el punto P a una distancia r desde el objeto. Sin embargo en ambientes con muchos

obstáculos como en interiores de edificios, la medición de la distancia utilizando atenuación de la señal es menos precisa que utilizar el tiempo de vuelo [Chen y Kotz, 2000].

La propagación de la señal está sujeta a la reflexión, refracción y el bloqueo, lo que causa que la correlación entre la atenuación de la señal y distancia se vea empobrecida dando como resultado una estimación imprecisa de la distancia.

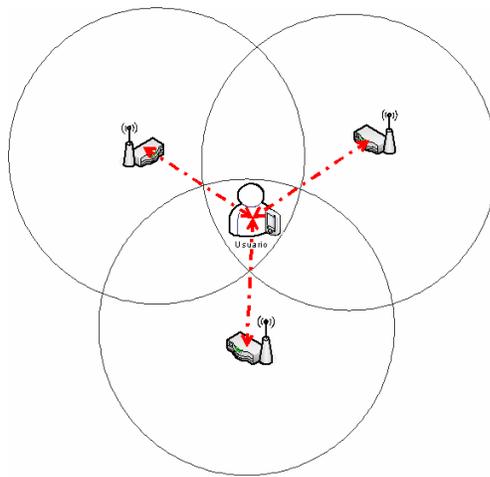


Figura 1. Lateración utilizando tres puntos diferentes.

II.4.2.3 Tiempo de vuelo

Medir la distancia desde un objeto a un punto P usando el tiempo de vuelo (TOF time of flight), significa el tiempo que tarda en viajar la señal desde el objeto al punto P con una velocidad de señal conocida. Por ejemplo en la figura 2, la velocidad del sonido tiene una velocidad conocida de 344 metros por segundo a 21 grados centígrados. De esta manera, un pulso ultrasónico enviado desde el objeto hacia un punto P tardara 14.5

milisegundos, lo que nos permitirá concluir que el objeto se encuentra a 5 metros del punto P.



Figura 2. Tiempo de vuelo y tiempo de llegada de la señal.

II.4.2.4 Ángulo de llegada

El ángulo de llegada (*AOA Angle of Arrival*) es una técnica que utiliza antenas multiarreglo situadas en la estación base que reciben la señal del dispositivo móvil. Estas antenas multiarreglo permiten determinar el ángulo de incidencia de la señal que recibe. Si un dispositivo que transmite una señal está en la línea de vista (*Line Of Sight*) con una estación base, la antena multiarreglo de esta puede determinar de qué dirección viene la señal.

Para conocer la posición del dispositivo es necesario al menos una segunda estimación procedente desde otra estación base con la misma tecnología que la primera. La segunda estación base localizará al dispositivo y comparará sus datos con los de la primera estación para después calcular la posición del usuario mediante trigonometría. En principio sólo son necesarias dos estaciones base para estimar la posición aunque emplear más estaciones ayuda a obtener mayor precisión.

Los sistemas AOA deben diseñarse para tener en cuenta señales multitrayecto, aquéllas que son consecuencia de una reflexión y que por tanto llegan a la antena con un ángulo erróneo. Por otra parte, la instalación y alineación de las antenas multiarreglo en las estaciones base es un proceso complicado y caro. Además, si las antenas sufren una leve modificación en su orientación pueden producir errores considerables en la estimación, ya que ésta se realiza en base a ángulos absolutos respecto de la antena. En la figura 3, se muestra el funcionamiento de AOA.

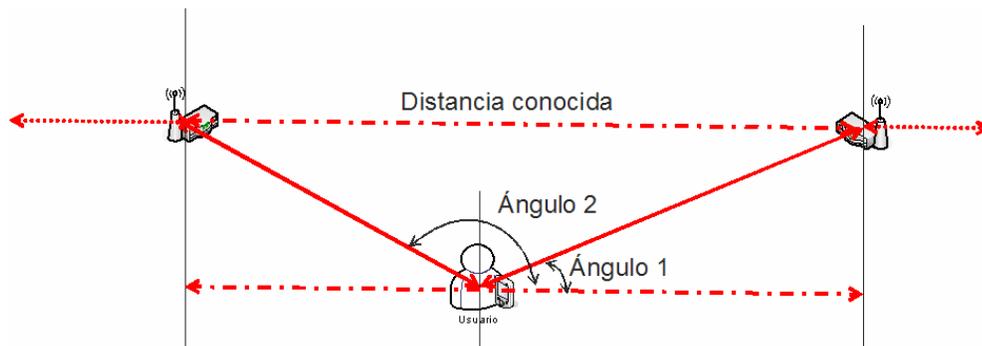


Figura 3. Ángulo de llegada de la señal desde dos puntos diferente.

II.4.2.5 Tiempo de llegada

El Tiempo de llegada (TOA *Time of Arrival*) es una técnica que se basa en la medición del tiempo de llegada de una señal transmitida por un dispositivo a diferentes estaciones base que reciben la señal. Para efectuar el cálculo una posibilidad es medir el tiempo de ida y vuelta de la señal. De esta manera la distancia recorrida por la señal se calcula como el producto del tiempo empleado en llegar a la estación base. Mediante TOA se puede obtener una precisión aceptable en el cálculo de la posición de un dispositivo. En

la figura 2, se muestra el tiempo de llegada, así como también el tiempo de vuelo de la señal. Debido a que ambos se encuentran muy relacionados.

II.4.2.6 Diferencia en el tiempo de llegada

La diferencia en el tiempo de llegada (TDOA *Time Difference of Arrival*) emplea la diferencia entre los tiempos de llegada de dos o más señales con diferentes velocidades cada una (figura 4). Tales señales pueden proceder del dispositivo móvil hacia las estaciones base para calcular su localización o viceversa. Las estaciones base, al recibir una señal de algún tipo, están concientes de que recibirán otra señal de diferente tipo y diferente velocidad de propagación, de esta manera, calculan el tiempo que tarda esta en llegar. La sincronización de las señales emitidas por el dispositivo móvil es muy importante, pues la falta de sincronía se traduce en errores de precisión. La principal ventaja de esta técnica es que puede funcionar incluso sin línea de visión, ya que la diferencia de tiempos cancela posibles errores por reflexiones.

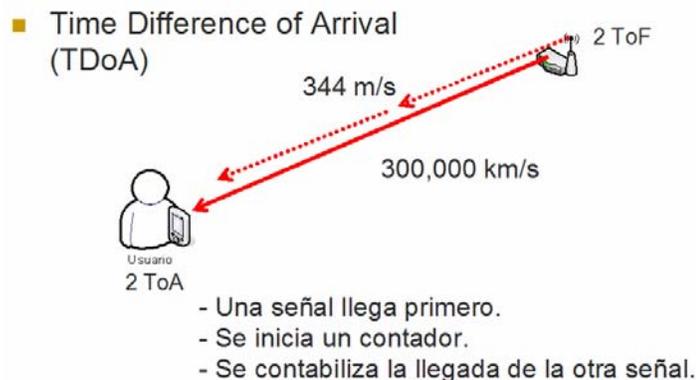


Figura 4. Diferencia del tiempo de llegada de dos señales diferentes.

II.4.2.7 Huella Multitrayecto

La huella Multitrayecto (MF *Multipath Fingerprint*) es una técnica que aprovecha la perturbación que sufre la señal de radio al ser emitida. Una señal de radio puede sufrir reflexiones en el transcurso de su recorrido, causando lo que se denomina interferencia multitrayecto. En el punto destino, la señal se recibe varias veces debido a los retardos dependientes de la diferencia de caminos.

La huella multitrayecto es una técnica que caracteriza las señales que llegan desde diferentes localizaciones. Para ello, se requiere hacer mediciones de la señal en diferentes puntos con el fin de grabar las huellas multitrayecto y crear una base de datos para efectuar comparaciones posteriormente. Por ejemplo, si se levanta un nuevo edificio en el exterior o en el interior de edificios, se realizan modificaciones la huella multitrayecto variará y tendrá que ser regrabada.

II.4.3 Tecnologías inalámbricas

A pesar de las limitaciones e inconvenientes de las técnicas para la localización en exteriores, éstas son lo suficientemente aceptables para ofrecer numerosos servicios al usuario final. El reto es la localización en espacios cerrados, lugares donde el GPS pierde su precisión debido a obstáculos como paredes y techos. En la actualidad existen varias tecnologías que pueden utilizarse en interiores de edificios. Las más destacadas son Bluetooth, Wi-Fi y Ultrawideband. Hoy en día existen proyectos que hacen uso de estas tecnologías inalámbricas con el propósito de obtener la localización de dispositivos que permitan saber la localización de objetos y/o personas. A continuación, se listan las

principales tecnologías que son utilizadas por diferentes proyectos científicos, académicos y comerciales para la localización en espacios cerrados.

II.4.3.1 Infrarrojo

Existe un rango de frecuencias que se encuentran dentro del rango 902-928 MHz y de 2.4-2.484 GHz, las cuales son llamadas frecuencias ISM (*Industrial-Scientific and Medical radio frequency*). El último rango de frecuencias mencionado, es utilizado por teléfonos inalámbricos usados en hogares y oficinas, así como también como controles remotos de puertas eléctricas y televisores. La principal ventaja del uso de estas frecuencias, es que no requiere permiso gubernamental para ser utilizada. Dentro este rango de frecuencias cae el infrarrojo. La radiación infrarroja o radiación térmica es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que la de las microondas. Los infrarrojos están asociados al calor debido a que a temperatura ambiente los objetos emiten espontáneamente radiaciones en el campo de los infrarrojos. Los infrarrojos se utilizan en los equipos de visión nocturna cuando la cantidad de luz visible es insuficiente para ver los objetos. La radiación se recibe y después se refleja en una pantalla. Los infrarrojos también se utilizan para comunicar a corta distancia diversos dispositivos de cómputo utilizando el estándar publicado por IrDA⁵ (*Infrared Data Association*). La principal desventaja del uso de la tecnología infrarroja, es que requiere de línea de visión entre el emisor y el receptor.

⁵ Infrared Data Association, <http://www.irda.org/>

II.4.3.2 IrDA

Al igual que el control remoto del televisor, las señales infrarrojas tienen un rango específico de alcance. Este rango depende del dispositivo, y es determinado por la potencia del transmisor. Generalmente, para el control remoto del televisor el rango de alcance es entre 2 y 3 metros. En dispositivos como anteriores equipos personales del tipo *handheld*, el rango de alcance es menor. La IrDA (*Infrared Data Association*) es una organización patrocinada por la industria y establecida en 1993 para crear estándares internacionales para equipos y programas usados en los enlaces de comunicación por infrarrojos. En esta forma especial de transmisión de radio, un haz enfocado de luz en el espectro de frecuencia infrarrojo, se modula con información y se envía de un transmisor a un receptor a una distancia relativamente corta. La comunicación infrarroja involucra un transceptor en los dos dispositivos que se comunican. Dado que la frecuencia infrarroja necesita de línea de visión, ambos dispositivos deben poder verse entre sí en línea recta para poder comunicarse. Adicionalmente, la frecuencia infrarroja es sensible a la niebla y otras condiciones atmosféricas.

II.4.3.3 Ultrasonido

El ultrasonido es sonido con una frecuencia mayor que la que el oído humano puede escuchar, aproximadamente 20 kilohertz. Algunos animales, como los perros, delfines y murciélagos pueden escuchar este tipo de sonidos. El ultrasonido tiene aplicaciones tanto industriales y médicas. Una aplicación común del ultrasonido es la obtención de imágenes médicas. Típicamente esta tecnología utilizada para la obtención de imágenes opera en un

rango de frecuencias de 2 y 10 MHz. Utilizando frecuencias más altas, en aplicaciones médicas el ultrasonido puede descomponer las pequeñas piedras en los riñones.

Otro uso del ultrasonido son las frecuencias de 20-40 kHz para la limpieza en joyerías, lentes y partes ópticas, relojes, instrumentos dentales, quirúrgicos y partes industriales. Otros usos de esta tecnología son los medidores de distancias, donde se conoce la velocidad de la señal ultrasónica emitida y se puede medir la distancia al escuchar el rebote de la señal.

II.4.3.4 Bluetooth

Bluetooth es el estándar de facto para las comunicaciones radiales de corta distancia de bajo costo entre computadoras portátiles, teléfonos celulares y otros dispositivos portátiles. Su especificación corre a cargo del Bluetooth SIG⁶ (*Bluetooth Special Interest Group*). En el cual participan cerca de 200 empresas entre las cuales se encuentran 3COM, Ericsson, IBM, Intel, Lucent, Microsoft, Motorola, Nokia y Toshiba. Un dispositivo Bluetooth, permite una comunicación inalámbrica adhoc, de voz y datos entre dispositivos móviles y fijos tales como computadoras, teléfonos móviles, impresoras y cámaras digitales.

Una red Bluetooth permite un número reducido de enlaces punto a punto y punto a multipunto sobre una distancia de hasta diez metros. Esta tecnología opera en la banda de frecuencia ISM de 2.4 Ghz. En una red Bluetooth, un dispositivo tiene un rol de maestro, y los otros el de esclavo.

⁶ Bluetooth Special Interest Group, <http://www.bluetooth.com/about/>

El dispositivo maestro decide que dispositivo esclavo es el único que tiene acceso al canal de comunicación. Habilitando al dispositivo esclavo con la entrega de un mensaje de invitación. Todos los dispositivos en la red Bluetooth comparten el mismo canal de comunicación formando una piconet (figura 5). Una piconet tiene una capacidad de transmisión de 1 Mbits/s. Una piconet contiene un dispositivo maestro único y hasta siete dispositivos esclavos activos. Teóricamente, una piconet puede interactuar con otras piconet mediante ciertos protocolos y formar de esta forma una Scatternet. Sin embargo, hoy en día, la formación de Scatternet no ha sido implementada.

Por sus características Bluetooth es una tecnología diseñada para ofrecer conectividad a redes personales, es decir, aquellas redes con muy corto alcance. Bluetooth utiliza un canal de comunicación de 721 Kbps en un radio de acción de 10 metros, el cual puede ser de hasta 100 metros por medio de repetidores.

La aplicación práctica de esta tecnología es la posibilidad de montar redes inalámbricas en lugares donde haya dificultad para hacerlo de forma convencional, es decir, con infraestructura fija. Sin embargo, hoy en día para este propósito existe otra tecnología, basada en los estándares del IEEE 802.11 que ofrece un mayor ancho de banda y radio de cobertura. Bluetooth se ha dirigido hacia la comunicación de dispositivos periféricos y las redes inalámbricas personales.



Figura 5. Piconet formada por un dispositivo maestro y siete dispositivos esclavos.

II.4.3.5 Wi-Fi

El IEEE⁷ (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) ha adoptado estándares para redes de área local inalámbricas (WLAN), conocido como IEEE 802.11. Esta tecnología utiliza una tasa de transmisión de hasta 2 Mbps. Actualmente el IEEE tiene diferentes grupos de trabajo en esta tecnología, los cuales son designados por las letras a, b, g, y n. Estos grupos tienen el propósito de extender este estándar. Los grupos de trabajo 802.11b y 802.11a han completado su trabajo para proporcionar dos extensiones relevantes al estándar original, las cuales son a menudo referenciadas como el nombre comercial de Wi-Fi (*Wireless Fidelity*).

El grupo de trabajo 802.11b produjo un estándar para la operación de WLANs en la banda de frecuencia de los 2.4 Ghz, con tasas de transmisión de datos de hasta 11 Mbps y compatible con esquemas anteriores. Este estándar se ha convertido en el más utilizado en

⁷ Institute of Electrical and Electronics Engineers, <http://www.ieee.org/>

los últimos años, y existen en la actualidad muchos productos que lo incorporan. Sin embargo, hoy en día, este está siendo desplazado por el estándar 802.11g.

El estándar 802.11 define dos modos de operación para las WLANs, uno basado en infraestructura (figura 6a) y el ad hoc o sin infraestructura (figura 6b). Las tarjetas de red pueden ser configuradas para trabajar en cualquiera de estos modos pero no de manera simultánea. El modo de operación basado en infraestructura requiere de un punto de acceso, el cual esta normalmente se conecta a una red con infraestructura fija. El punto de acceso, permite la interacción de las redes inalámbricas y la red tradicional.

En el modo de operación ad hoc, la red esta constituida por el conjunto de estaciones dentro del rango de comunicación de cada estación. Ningún punto de acceso es requerido, siendo posible el acceso a una red con infraestructura fijo a través de la conexión de una de las estaciones.

Hoy en día el estándar 802.11 ha experimentado una gran aceptación comercial. Numerosos proveedores de redes inalámbricas como Telmex, ha instalando sus sistemas en aeropuertos y diferentes lugares públicos, con los cuales ofrece acceso a Internet de alta velocidad. Las WANS pueden cubrir un área de hasta 75 metros en el interior de edificios, y de 300 metros en el exterior, ampliables a varios kilómetros mediante antenas.

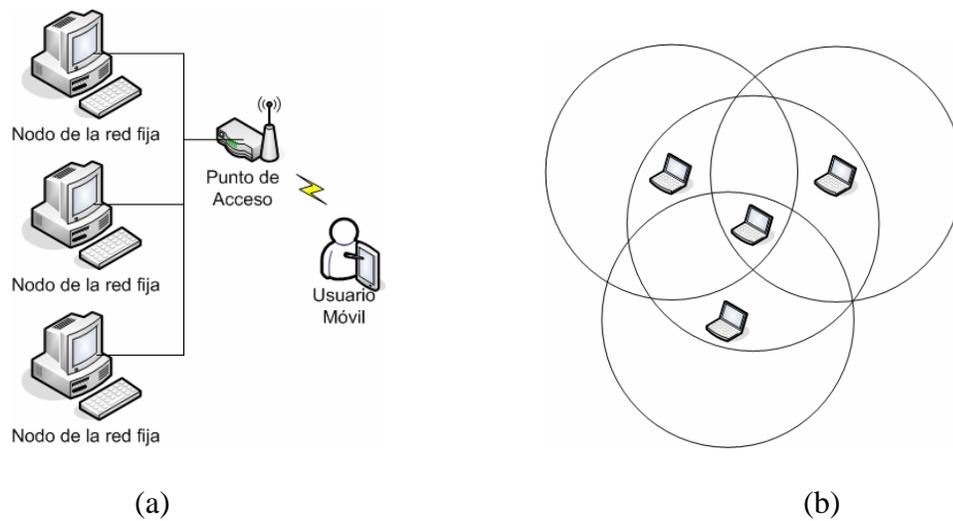


Figura 6 (a) Modo de operación basado en infraestructura del estándar 802.11. (b) Modo de operación ad hoc del estándar 802.11 formada por cuatro dispositivos.

II.4.3.6 RFID

El sistema RFID (*Radio Frequency IDentification*), está basado en un pequeño chip que almacena un código electrónico de producto (EPC) de 64 o 96 bits, accesible por radiofrecuencia a través de un circuito impreso en forma de antena. Las etiquetas RFID se clasifican en pasivas y activas. Las etiquetas RFID pasivas pueden trabajar sin baterías, estas toman la señal RF transmitida hacia ellas por el lector y la utiliza como fuente de energía, se activa y agrega información y retransmite la señal al lector. Este tipo de etiquetas son usadas para reemplazar la tecnología de código de barra y son mucho más ligeras y menos costosas que las etiquetas RFID activas y ofrecen virtualmente un tiempo ilimitado de vida útil. Sin embargo, los rangos de transmisión son muy limitados.

Por otro lado, las etiquetas RFID activas contienen una fuente de poder propia, debido a esto, este tipo de etiquetas tienen un rango de transmisión más amplio. Este tipo

de etiquetas son ideales para la identificación de productos y bienes que se mueven a lo largo de una línea de ensamble. A su vez, pueden ser de solo lectura, o escritura-lectura.

Para que la tecnología RFID funcione, son necesarios tres elementos básicos: una etiqueta electrónica o *tag*, un lector de *tags* y una base de datos (figura 7). Las etiquetas electrónicas llevan un microchip incorporado que almacena el código único que identifica el producto al que están adheridas. El lector envía una serie de ondas de radiofrecuencia al *tag*, que éste capta a través de una pequeña antena. Estas ondas activan el microchip, que, mediante una micro antena y la radiofrecuencia, transmite al lector cual es el código único del artículo. En definitiva, un equipo lector envía una señal de interrogación a un conjunto de productos y estos responden enviando cada uno su número único de identificación. Por este motivo, se dice que la tecnología RFID es una tecnología de auto-identificación.

Una vez que el lector ha recibido el código único del producto, lo transmite a una base de datos, donde se han almacenado previamente las características del artículo en cuestión: fecha de caducidad, material, peso, dimensiones, etc., de este modo se hace posible consultar la identidad de una mercancía en cualquier momento y fácilmente durante toda la cadena de suministro.

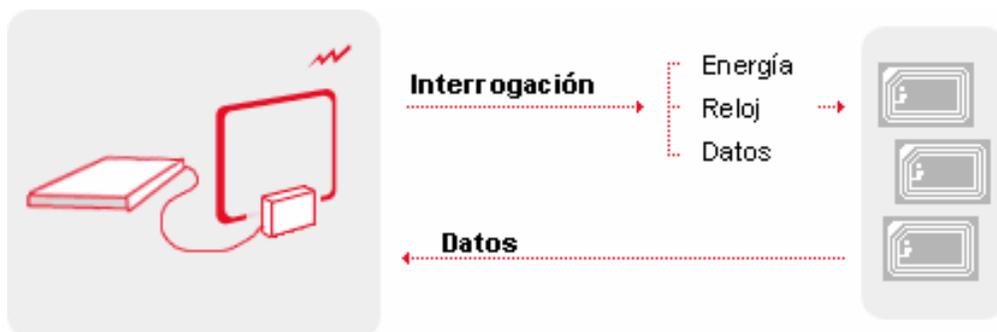


Figura 7. Elementos participantes en la tecnología RFID.

II.4.3.7 Banda ultra-ancha

La tecnología *ultrawideband* (UWB) es una tecnología que nació durante la década de 1960, y cuyo nombre fue acuñado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en 1989. Se desarrolló para radar, localización y aplicaciones de comunicaciones. UWB emplea ráfagas de radiofrecuencia de mucha potencia, con duración de picosegundos, en un espectro de frecuencia amplio (3.1-10.6GHz). Estas ráfagas ocupan muy pocos ciclos de la portadora, por lo que la señal resultante tiene un ancho de banda grande. Sobre las ráfagas es posible transferir datos a velocidades de centenares de megabits por segundo.

Por sus características, la señal de UWB es relativamente inmune al efecto de multitrayecto, debido a la corta duración de la señal, esta va y vuelve antes de que las señales reflejadas en los obstáculos alcancen el receptor. Debido a sus características, esta tecnología permite localizar dispositivos móviles con un error pequeño. UWB está basada en pulsos ultracortos, de tal manera que el receptor puede determinar el tiempo de llegada con precisión de picosegundos y, por tanto, estimar la posición con precisión de centímetros. La distancia al dispositivo móvil se calcula midiendo el retardo de un pulso desde que es emitido por el transmisor hasta que llega al receptor. Posteriormente, utilizando triangulación se determina con gran exactitud la posición del dispositivo. Si se realizan las medidas respecto a cuatro receptores diferentes, es posible saber con precisión la altura a la que está el usuario.

En la actualidad, la industria está a la espera de que IEEE ratifique una especificación UWB 802.15.3a. El proceso de definición del estándar está siendo

complicado debido a los intereses enfrentados de los dos grupos que posiblemente fabricarán con esta tecnología. Por una parte, la alianza liderada por Intel (*Multiband OFDM Alliance*) defiende una especificación basada en OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). La empresa Motorola, en cambio, secunda una propuesta competidora que utiliza la tecnología DS-CDMA (*Direct Sequence Code Division Multiple Access*).

Debido a esta situación, la posibilidad de que al final sean dos los estándares de facto, cobra cada vez más fuerza. En cualquier caso, cuando la tecnología esté estandarizada de alguna manera, ésta podrá ser incorporada en dispositivos móviles como teléfonos o *handhelds*. Hoy en día existen muy pocos productos comerciales que por su poca disponibilidad y costo, no los hacen viables. Sin embargo, UWB se vislumbra como un fuerte rival de Bluetooth y un complemento de para Wi-Fi.

II.4.4 Estado del arte en localización en interiores

El problema de proveer una infraestructura adecuada para la localización de objetos y personas en interiores de edificios ha sido abordado por varios centros de investigación. Uno de las principales razones es que el contexto de la localización es uno de los contextos más importantes para el cómputo ubicuo. El enfoque que se ha dado a este problema tiene diferentes puntos de vista, lo que ha ocasionado diversos objetivos y preocupaciones.

Desde enfoques utilizando un modelo centralizado hasta soluciones ad hoc. Asimismo, la proliferación de las tecnologías inalámbricas, dispositivos móviles y la Internet, han impulsado un incremento en este campo. En los últimos años, muchos sistemas han abordado el problema de obtener la localización automática de los objetos,

utilizando diversas técnicas como triangulación, análisis de imágenes y proximidad son los principales enfoques [Chen y Kotz, 2000]. Uno de los más conocidos sistemas para localización de dispositivos es el GPS. Sin embargo, el GPS depende de las señales mandadas por un conjunto de satélites, señal que pierde precisión y arroja un mal desempeño al utilizarse en localización de objetos en interiores de edificios. Dado esto, diferentes enfoques se han propuesto y probado y varían entre ellos de muchas maneras, tal como en costo, complejidad, implantación del sistema, privacidad, preocupaciones, requerimientos en infraestructura, precisión, etc. A continuación se introducen los proyectos mas sobresalientes en el área de localización de dispositivos, cada uno de ellos utilizan diferentes tecnologías, técnicas y métodos. Estos proyectos son listados según la tecnología inalámbrica principal que usan para tal fin.

II.4.4.1 Infrarrojo

Active Badge [Want et al., 1992] fue desarrollado por Olivetti Research Laboratory ahora AT&T Cambridge. Active Badge usa tecnología infrarroja para obtener la localización de objetos en interiores de edificios. Sin embargo el uso de esta tecnología requiere de tener línea de vista entre el emisor y el receptor infrarrojo y un reducido rango de transmisión.



Figura 8. *Badge* y lectores utilizados para la localización en Activa Badge.

Indoor Ad Hoc Proximity-Location Sensing for Service Provider Selection

[Azondekon et al., 2003], es un trabajo donde parten del hecho que existen diversos protocolos para el descubrimiento de servicios tales como SLP, Jini, uPnP, SDP, etc. sin embargo, estos protocolos no ofrecen soporte al descubrimiento de servicios tomando en cuenta la cercanía física de los servicios al cliente que los solicita. Este trabajo utiliza tecnología infrarroja utilizando IrDA como medio para el descubrimiento de dispositivos y requiere que el cliente mediante un PDA tenga línea de vista directa al dispositivo y apunte hacia ellos para tener acceso a estos (figura 9).



Figura 9 . PDA con tecnología IrDA con la cual se habilita un teléfono por proximidad.

II.4.4.2 IEEE 802.11

RADAR [Bahl et al., 2000] es proyecto desarrollado por Microsoft Research. Este sistema se encuentra basado en el uso de radiofrecuencia (RF) que utiliza el estándar 802.11. Este trabajo utiliza la intensidad de la señal de múltiples puntos de acceso desplegados a lo largo de la infraestructura del edificio.

La señal de RF que emiten los puntos de acceso, se traslapan en algunos puntos de manera que cubre toda un área determinada. RADAR ocupa un modelo de propagación de la señal que le permite determinar la ubicación de un usuario que carga consigo un dispositivo móvil con capacidades inalámbricas (figura 10).

Este sistema tiene la ventaja que es sencillo de implementar y no requiere de equipo adicional debido a que utiliza la misma infraestructura que requiere la implementación IEEE 802.11. Sin embargo, no es un sistema óptimo debido a que el sistema permite localizar un objeto con una precisión de 3 metros de la posición verdadera con una probabilidad del 50% y hasta 4.3 metros de precisión con la misma probabilidad utilizando lateración [Chen y Kotz, 2000].

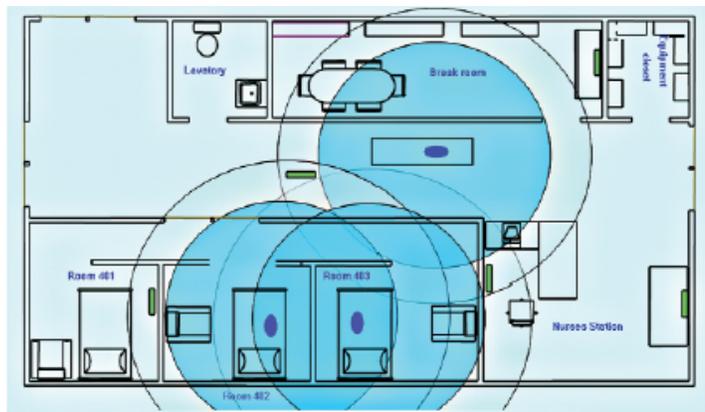


Figura 10. Propagación de la señal de radiofrecuencia en interiores.

GPS-free positioning in mobile ad hoc networks [Hamdi et al., 2002], es trabajo teórico basado en un ambiente ad hoc que utiliza las técnicas ToA, TDoA y el AoA. El trabajo consiste en que cada nodo al entrar en la red genera de manera aleatoria un eje

sistema se basa en el hecho de que 802.11 no ofrece por si solo un sólido soporte para la localización en interiores.

El proyecto construye para su propósito hardware adicional llamados *beacons* que transmiten concurrentemente una señal RF y un pulso ultrasónico (figura 12a). Estos *beacons* son desplegados a lo largo del interior del edificio donde se desee utilizar el sistema, siendo estos quienes determinan la precisión del sistema. Cada *beacon* transmite de manera aleatoria pulsos RF y pulsos de ultrasonido de manera que estadísticamente no existe interferencia entre ellos. Por otro lado se dota de lectores conectados a dispositivos móviles (figura 12b) que detectan los pulsos RF y de ultrasonido que emiten los *beacons* y utilizan estos para que el dispositivo calcule su posición actual. El sistema se basa en que la señal RF y el ultrasonido tienen diferentes velocidades y que una vez que se detecta un pulso RF de un *beacon* se espera un pulso ultrasónico, y dado que se conoce la velocidad del sonido se puede estimar la distancia del cliente móvil al *beacon* que emitió el pulso ultrasónico.

Cricket permite una granularidad dependiendo del número de *beacons* instalados, y trabaja de una manera descentralizada debido a que cada *beacon* es independiente y los lectores colocados en los dispositivos móviles calculan su propia ubicación sin necesidad de recurrir a servidores centralizados.

AHLoS [Savvides et al., 2001] es un proyecto creado por la UCLA, y al igual que Cricket utiliza radiofrecuencia y ultrasonido para calcular la posición actual utilizando TDoA. La diferencia de este proyecto con Cricket radica en que AHLoS es una solución completamente ad hoc. Cada dispositivo es equipado con un lector-emisor (transceiver) que

emite pulsos RF y de ultrasonido y utiliza a su vez cada uno de sus vecinos mediante un proceso multihop para calcular su posición actual. El enfoque de AHLoS reduce la implementación y configuración del sistema, sin embargo al estimar cada nodo de la red ad-hoc su posición mediante saltos *multihop*, el error es acumulable rápidamente con redes con poca conectividad de los nodos.



(a)

(b)

Figura 12. (a) Beacons colocados en el techo utilizados por el sistema Cricket. (b) Receptores que utiliza la señal de lo beacons para determinar su localización.

Active Bat es un proyecto muy preciso para localización de usuarios móviles, de la misma manera que Cricket utiliza RF y ultrasonido para calcular su ubicación utilizando TDoA. Active Bat se basa en una matriz de lectores colocadas en el techo, los cuales se encargan de leer del transmisor colocado en el dispositivo móvil, los pulsos RF y de ultrasonido. Estos lectores se encuentran conectados a un servidor central de manera que una vez que reciben los pulsos, envían los datos al servidor y se calcula la posición del dispositivo móvil mediante multilateración. El sistema ofrece una precisión de 3 a 4 cm, sin embargo requiere de mucho trabajo de instalación, configuración e implementación [Want et al., 1992].

Precision and Accuracy in an Indoor Localization System [Chen et al., 2002], es un trabajo donde se propone un sistema de localización en interiores basado en los sensores mica2dot diseñados por Berkeley (figura 13), llamados motes, de la misma manera que Cricket utiliza RF y ultrasonido para calcular la ubicación de un nodo móvil. El trabajo expuesto se basa en Cricket, el cual consideran ofrece un buen punto de partida para el desarrollo del sistema. Básicamente utilizan el mismo hardware para el sistema e igual que Cricket utilizan tecnología RF y UT donde mide el TDoA, de la misma manera que Cricket utiliza *Beacons* fijos colocados en el techo o muros con un cierto nivel de granularidad sin un sistema centralizado que lleve el control de estos.

Al igual que cricket consideran que el hecho de que cada dispositivo mediante un lector determina su posición gracias a diferentes *beacons*, lo que lo hace al igual que Cricket es un sistema que es conciente de la privacidad. El trabajo realizado utiliza motes que trabajan de manera ad hoc, los cuales están provistos de sensores ultrasónicos para captar señales ultrasónicas. Sin embargo, la implementación del sistema al utilizar motes, donde los datos recabados por estos son enviados a una PC, que mediante una aplicación java interpreta los datos y muestra la posición de los nodos.

A diferencia de cricket, el trabajo en lugar de recibir de manera aleatoria señales RF y ultrasónica de cada *beacon*, lo que hace es que mediante un *beacon* de control y un servidor que contiene la relación de ID de *beacon* y posición, el lector en cada dispositivo móvil es quien solicita a un determinado *beacon* que transmita su señal RF y de ultrasonido, y con base a ello estimar su posición. Este trabajo utiliza un modelo centralizado al recoger los datos en una PC.

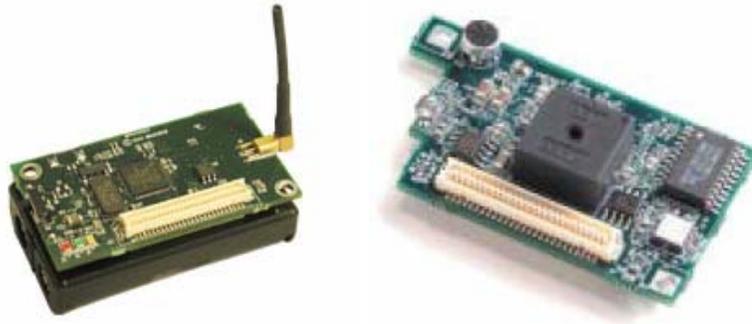


Figura 13. Motes de Berkeley utilizados para la localización.

Dolphin [Fukuju et al., 2003] parte de la investigación y trabajo realizados por los proyectos Cricket y Active Bat. El proyecto Dolphin argumenta que los proyectos anteriores requieren de mucha configuración manual para su funcionamiento cuando estos sistemas son desplegados a gran escala. Con esto en mente se desarrolla el sistema Dolphin, el cual consiste en una serie de sensores colocados en los clientes móviles (figura 14), estos sensores tienen capacidades de recibir y enviar señales RF y ultrasonido.

Dolphin es una solución adhoc que utiliza a sus vecinos para determinar su posición actual. Dolphin despliega varios sensores colocados de manera estratégica de manera que son nodos fijos en la red a manera de referencia, y de esta forma los clientes móviles los utilicen para mejorar la estimación de su posición. Cada nodo móvil que requiere calcular su posición, cuando detecta una señal RF activa un contador y lo detiene hasta que detecta una señal ultrasónica, con base en esto se calcula la distancia utilizando DToA.

Cada vez que un nodo calcula su posición, este la da a conocer a sus vecinos y sirve como referencia a los nodos que no alcanzan a leer los nodos fijos (referencias fijas).

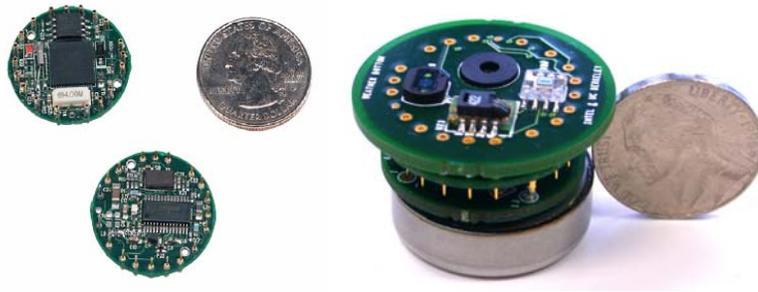


Figura 14. Motes de Berkeley utilizados para la localización.

II.4.4.4 RFID

SpotON [Hightower et al., 2002] es un trabajo que aborda la pregunta de investigación ¿Por qué construir hardware especializado para localización cuando puede utilizarse hardware disponible en el mercado? Con esta pregunta los autores emprenden la búsqueda de tecnología inalámbrica que responda esto. Ellos dan con RFIdeas, una compañía y sus productos RFID (figura 15), el sistema se basa en una serie de experimentos realizados a los productos de acuerdo a la intensidad de la señal que ofrecen (del 1 al 8) el sistema, utilizando multilateración.

El sistema implementa un despliegue de lectores de tarjetas RFID y dota a los objetos que se desean ubicar con tarjetas RFID activas. Los lectores RFID son colocados a un mini servidor Hydra quienes reciben las tarjetas identificadas y su intensidad, al desplegar los lectores RFID junto con los servidores Hydra permite trabajar con HTTP, y utilizar un protocolo en común.



Figura 15. Tarjetas RFID activas y lectores utilizados para la localización.

LandMarc [Lionel et al., 2004] es un sistema que utiliza la tecnología RFID. El sistema lo que hace básicamente es colocar diversos lectores RFID (figura 16) y a cada objeto que se desea conocer su posición se le coloca una tarjeta RFID, adicionalmente se coloca en el ambiente varias tarjetas RFID que son colocados de manera fija de manera que sirvan como marcas y el sistema las conoce. Landmarc utiliza equipo disponible en el mercado como SpotON y hace pruebas con este, ofreciendo una solución centralizada y la intensidad de la señal solo es medida en función del API de los lectores RFID que van del 1 al 8. Con este trabajo se llega a la conclusión que aumentando el número de etiquetas de referencia se consigue un mejor nivel de granularidad. Sin embargo las conclusiones a las que se llegan no son muy alentadoras debido principalmente al tiempo de procesamiento y detección de la señal y la latencia en la lectura de las etiquetas.



Figura 16. Lectores RFID activos y tarjetas RFID activas utilizados por Landmarc.

II.4.5 Sistemas concientes de la localización comerciales

Hoy en día existen en el mercado varios sistemas capaces de localizar objetos y/o personas. Algunos de estos productos comerciales han sido motivados en su creación por los desarrollos e investigaciones anteriormente mencionados en la sección II.4.4 de este capítulo. Otros de ellos, han sido una consecuencia directa de la comercialización de las ideas, experiencias e investigaciones en el campo científico. Los casos Radianse y Ubisense obedecen a esta premisa.

Cada uno de los productos comerciales se caracteriza en la tecnología utilizada para alcanzar su objetivo, algunos productos ofrecen verdaderas soluciones completas, además del problema de la localización. Otros productos se caracterizan particularmente por enfocarse a soluciones de cómputo conciente de la localización en ambientes médico de Hospital, tales son los casos de Exavera y Ubisense. Otros más son ofrecidos por compañías importantes como AeroScout y en el caso particular de PanGo, recibe soporte de CISCO quién recientemente adquirió la compañía AeroSpace, la cual ofrece soluciones de conectividad en redes inalámbricas y uno de sus principales áreas de interés es en ambientes médico de Hospital, además de proveer tags de identificación para sistemas basados en la localización con 802.11. Lo que ha hecho de CISCO la mayor compañía en soluciones de conectividad, con miras al cómputo conciente de la localización. A continuación se muestran los sistemas de localización comerciales más importantes, así como sus principales características.

Radianse

Radianse⁹ es una solución que utiliza tecnología RFID combinada con tecnología infrarroja para la localización. Radianse consiste en identificadores llamados RFID-Tags que emiten una señal de radio y receptores que reciben la señal emitida, con el propósito de identificar el tiempo y lugar de personas y bienes que desean ser localizados. Radianse es un sistema de localización orientado al ambiente médico de Hospital y el sistema permite asociar personas, equipo médico y espacios físicos, por ejemplo, “El paciente Jones está en el cuarto 2B con el Dr. Miller”. Los RFID-tags pueden ser programados para enviar mensajes predefinidos, por ejemplo, “un dispositivo requiere servicio, mantenimiento completado, paciente o médico necesitan asistencia.” El mensaje que es entregado, incluye la localización del dispositivo o persona asociada.

Radianse utiliza receptores RFID, los cuales son desplegados a lo largo de espacios físicos donde se desea disponer de la localización. Estos receptores se conectan a la red de computadoras existente en el hospital y permanecen estáticos.

Cada vez que un RFID-tags se encuentra dentro del rango de cobertura de los receptores, los RFID-tags envían una señal infrarroja hacia los receptores, señal auxiliar que permite mejorar la precisión de la localización. Este sistema es muy similar al ofrecido por active badge, debido principalmente a que la patente originó el producto comercial. En la figura 17, se muestran los componentes de hardware que el sistema necesita para llevar a cabo la localización.

⁹ Radianse, <http://www.radianse.com/>



(a)



(b)

Figura 17. (a) RFID-tag que emite señales RFID e infrarrojo. Son colocados en pacientes, personal médico o en bienes que desean ser localizados. (b) Receptores que son desplegados en espacios físicos y conectados a la red de computadoras del hospital. Radianse ofrece una solución que permite localizar objetos y/o personas, las consultas realizadas para conocer la localización está basada en el Web. Mediante una página Web, los usuarios del sistema pueden visualizar la distribución de los diferentes RFID-tags a lo largo del edificio donde los receptores son desplegados.

Exavera

Exavera¹⁰ es un sistema de identificación en tiempo real basado exclusivamente en RFID. De la misma manera que Radianse, Exavera provee de una solución de localización y rastreo al ambiente médico de Hospital. Exavera provee brazaletes, gafetes e ítems que permite colocarlos en pacientes, personal médico y bienes, respectivamente. Los componentes de esta solución son VeraFi, y Vera-T, mientras que VeraFi tiene las funciones de un lector, Vera-T son los *tags* RFID a identificar. La figura 18 muestra el VeraFi y los dispositivos que es capaz de leer.

El VeraFi es un ruteador inalámbrico el cual permite de manera segura la comunicación entre RFID y la tecnología WiFi, además de permitir conectarse a la red de computadoras existente en el hospital de modo que es posible que un VeraFi funcione como un punto de acceso WiFi. A lo largo del edificio es desplegada una red de VeraFi de

¹⁰ Exavera, <http://www.exavera.com/>

manera que permita identificar a los Vera-T en movimiento. Exavera no da muchos detalles de cómo la localización es llevada a cabo, sin embargo y con base a los trabajos previos con RFID, podemos suponer que ofrece un mecanismo similar al sistema Lanmarc, expuesto en la sección II.4.4 de este capítulo.

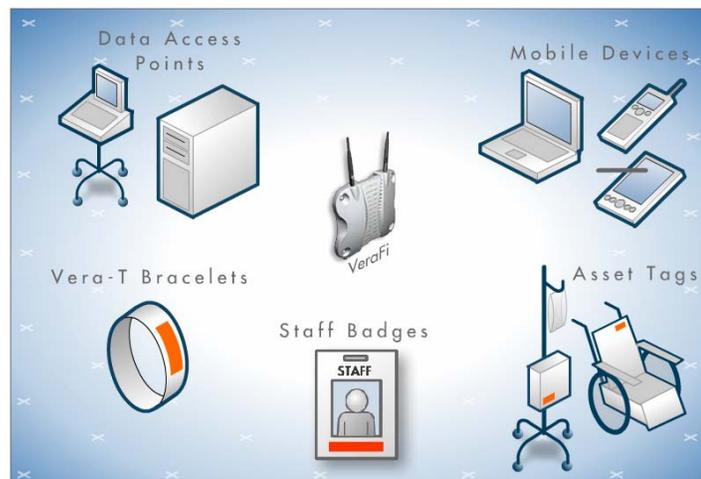


Figura 18. En la parte central se muestra la unidad central del sistema Exavera, el VeraFi. Los elementos a su alrededor, son los dispositivos y Vera-T capaces de leer.

Ubisense

De la misma manera que los sistemas anteriores, Ubisense¹¹ puede orientarse al soporte de localización de un ambiente médico de Hospital, aunque Ubisense no se limita sólo a esto. Ubisense se extiende a ofrecer diferentes clases de soporte, entre ellos las líneas de ensamblaje. Ubisense utiliza y es hasta el momento la única solución con *ultrawideband* (UWB) para identificar y localizar objetos y/o personas.

¹¹ Ubisense, <http://www.ubisense.net/>

Según Ubisense la tecnología UWB es utilizada debido a la eficaz combinación de precisión, escalabilidad y costo en la inversión de la infraestructura para la localización. Mientras que Radianse y Exavera no mencionan que precisión alcanzan, Ubisense puede lograr una precisión de hasta 15 cm en un espacio 3D, esto en tiempo real monitoreando cientos de objetos. Los elementos participantes son los Ubisensor y los Ubitags, los primeros son instalados y desplegados a lo largo del edificio y conectados a la red de computadoras existente, estos usan UWB para detectar la posición de los Ubitags, los cuales están sujetos a localización. En la figura 19 se muestran los elementos de esta solución.

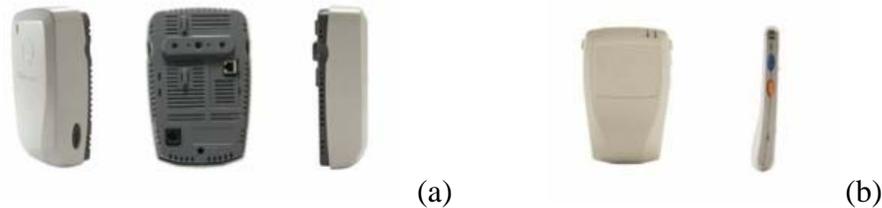


Figura 19. (a) Ubisensor, (b) Ubitag.

AeroScout

AeroScout ¹²es una solución que ofrece el uso del estándar 802.11 para la localización de objetos y/o personas. Uno de los puntos de interés, es que esta solución permite la localización de objetos a través de pequeños *tags* provistos de tecnología WiFi que son colocados en los bienes a localizar. Estos *tags* son en realidad pequeños RFID *tags* que se activan mediante WiFi, los cuales se muestran en la figura 20. Estos *tags* son

¹² AeroScout, <http://www.aeroscout.com/>

llamados T2 y permiten extender las capacidades de las redes WiFi al permitir leer RFID. Este sistema al igual que Ubisense permite la localización en tiempo real.



Figura 20. Tags AeroScout utilizados para localizar objetos y/o personas.

Ekahau

Ekahau ¹³ es un producto el cual supone un mecanismo similar al ofrecido por RADAR y sistemas similares expuestos con anterioridad en la sección II.4.4 de este capítulo. Este producto permite la localización de objetos y/o personas utilizando pequeños *tags* llamados T201 habilitados con tecnología WiFi, *tags* mostrados en la figura 21. A diferencia de AeroScout, Ekahau es una solución cien por ciento utilizando el estándar 802.11. Ekahau utiliza la fuerza de la señal de los diferentes puntos de acceso para crear un patrón (*fingerprinting*) de la señal y con base en ello realizar la localización de objetos y/o personas en tiempo real.

¹³ Ekahau, <http://www.ekahau.com/>



Figura 21. Tags llamados T201 habilitados con tecnología WiFi

PanGo

PanGo¹⁴ es un producto el cual supone un mecanismo similar al ofrecido por Ekahau. De la misma manera, PaGo permite la localización de objetos y/o personas utilizando pequeños *tags* llamados ELANtags (a diferencia que en Ekahau son llamados T201) habilitados con tecnología WiFi. Al igual que Ekahau, es una solución cien por ciento utilizando el estándar 802.11 utilizando la fuerza de la señal de los diferentes puntos de acceso para crear un patrón (*fingerprinting*) de la señal y con base en ello realizar la localización de objetos y/o personas en tiempo real.

II.5 Conclusiones

A lo largo de este capítulo se ha presentado un estudio de algunas de las principales áreas que hacen posible hoy en día el cómputo ubicuo. Con respecto a este, se mostraron las principales necesidades tecnológicas y características, donde consideramos que de estas últimas, dos de las más importantes para este trabajo de tesis, son la escalabilidad local y los espacios perspicaces. Asimismo, se ha introducido el concepto de cómputo conciente

¹⁴ PanGo, <http://www.pangonetworks.com/>

del contexto, donde se explicó la importancia de obtener el valor contextual de la localización de objetos y personas. Debido a esta importancia, especialmente al buscar ofrecer un adecuado soporte a los servicios basados en localización, se analizó en este capítulo las principales propuestas académicas y comerciales de los sistemas que permiten obtener dicho valor. De la misma manera se mostraron las diferentes tecnologías inalámbricas involucradas y las diferentes técnicas utilizadas para estimar la localización.

Los temas hasta aquí abordados, ofrecen un amplio marco teórico sobre el problema de la localización del cliente. Este marco, permite servir como punto de partida al problema del descubrimiento con base en proximidad física. Sin embargo, hablar de esto requiere además del valor contextual de la localización, mecanismos propios para descubrir servicios. Mucho trabajo ha sido realizado en este rubro, y de la misma manera que los sistemas de localización, existen diferentes propuestas, técnicas, criterios, así como esfuerzos académicos y comerciales que lo abordan. Dichos esfuerzos requieren ser estudiados con el fin de comprender el problema presentado en el capítulo anterior, por lo que estos son presentados a detalle en el siguiente capítulo. Por otro lado, hablar de un sistema de localización que permite localizar particularmente individuos, trae consigo nuevas consideraciones. La principal consideración es la percepción de amenaza a la privacidad del individuo sujeto a localización. Debido principalmente que el individuo se siente observado en todo momento, esta preocupación es una de las principales barreras en la adopción de este tipo de tecnologías. El actual trabajo de tesis toma en cuenta estas preocupaciones de privacidad cuando un individuo se encuentra sujeto a localización. Estas preocupaciones se abordan posteriormente en el capítulo IV.

Capítulo III

Descubrimiento de servicios

III.1 Introducción

El descubrimiento de servicios de manera dinámica no es algo nuevo, existen varias propuestas al respecto, más o menos extendidas en entornos de redes fijas [Helal, 2002; Golden y Richard, 2000]. El objetivo principal con el que surgieron estos protocolos fue facilitar a un dispositivo móvil el descubrimiento, configuración y uso de los servicios que se ofrecen en la nueva red a la que se conectaba. En general, las diferentes propuestas abordan el problema de distintas formas, desde las que han sido diseñadas para su uso con un determinado protocolo de red, hasta las que están asociadas a un determinado lenguaje de programación o tecnología determinada. En este capítulo se aborda el estado del arte en cuanto al descubrimiento de servicios. Se parte de una revisión breve sobre los conceptos y recomendaciones sobre el diseño, búsqueda y protocolos que dan soporte al descubrimiento de servicios, hasta llegar finalmente a los diferentes protocolos disponibles.

III.2 Marco teórico

En una red de computadoras existen un conjunto de dispositivos, denominados servidores, que ofrecen determinados servicios que pueden ser utilizados por otros dispositivos conectados a la red, denominados clientes. La manera tradicional en la que un cliente descubre y accede a los servicios que ofrecen los servidores, es mediante configuraciones realizadas por los administradores de la red a la que está conectado.

Cuando el número de servicios es muy elevado y además las redes son muy dinámicas: los dispositivos son móviles y por lo tanto, cambian de red frecuentemente; es necesario que estas configuraciones se realicen de forma automática, sin necesidad de intervenciones manuales continuas.

Hoy en día con la proliferación y alta disponibilidad de la tecnología y la aparición de las redes inalámbricas, la demanda de servicios se ha incrementado y se espera que el número de servicios que se ofrecen en una red crezcan significativamente en los próximos años [Bettstetter, 2000]. Esto hace que sea importante proporcionar a los usuarios la posibilidad de encontrar y hacer uso de los servicios disponibles en una red, es decir, proporcionar un mecanismo que permita a los usuarios buscar los servicios disponibles que son apropiados para solucionar una tarea.

Un servicio se define como una entidad que puede ser usada por una persona, un programa de cómputo, u otro servicio. Por ejemplo un archivo, un dispositivo de almacenamiento, una computadora, etc. [Johansen, 1999]. El descubrimiento de servicios es la actividad que permite encontrar y hacer uso de los servicios disponibles en una red de computadoras [Bettstetter, 2000]. Por lo que un protocolo para el descubrimiento de servicios, es el mecanismo que nos permitirá localizar a través de la red tales servicios para poder usarlos.

III.2 Consideraciones de diseño

Actualmente han surgido diversas propuestas de cómo abordar el diseño y búsqueda de servicios, en cada una de estas propuestas existen criterios que determinan las decisiones de diseño de un protocolo tomando en consideración las necesidades que pretenda cubrir.

Estos criterios pueden ser clasificados en: Diseño de servicios, diseño de directorios, anuncio y búsqueda de servicios, selección de servicios y Seguridad y privacidad

Diseño de servicios: Al momento de diseñar un protocolo para el descubrimiento de servicios es necesario considerar como punto inicial como se realizara el nombrado de los servicios, que atributos serán asociados a un servicio y como se realizara la invocación del mismo. Al momento de diseñar un protocolo para el descubrimiento de servicios es importante tomar la decisión de establecer un nuevo estándar para el nombrado de servicios o adoptar alguna propuesta existente. Otro punto a considerar es la invocación de servicios, Algunos protocolos como el Bluetooth SDP (*Bluetooth Service Discovery Protocol*) dejan la definición de la interfaz de un servicio a la aplicación que utiliza el protocolo. Algunos otros están basados en RPCs (*Remote Procedure Call*) por ejemplo SALUTATION. Protocolos como JINI usan código descargable y protocolos como UPnP logran la invocación de servicios basándose en el uso de XML, SOAP y HTTP. En éste criterio de diseño es necesario considerar las limitaciones en los recursos disponibles sobre todo en dispositivos inalámbricos.

Diseño de directorios: Los directorios son los responsables de almacenar la información de los servicios y responder a las solicitudes de los clientes. Como segundo paso en el diseño de un protocolo para el descubrimiento de servicios, es necesario determinar la arquitectura de directorios y las estrategias de almacenamiento de la información. En este criterio de diseño no existen respuestas únicas, las decisiones dependen del ambiente computacional en el cual se empleará el protocolo propuesto. La

información de cada servicio puede ser almacenada mediante una copia única, copias múltiples o de forma replicada en directorios. Muchos protocolos tienen una copia única de la información de cada servicio, de esta forma una falla en el directorio que almacena la información de un servicio afecta a todo el sistema. Por el contrario en ambientes para el descubrimiento de servicios como JINI y SLP coexisten múltiples directorios, existiendo múltiples copias de la información de un servicio.

Anuncio y búsqueda de servicios: Dos componentes claves que deben ser tomados en cuenta al momento de diseñar un protocolo para el descubrimiento de servicios son el anuncio y la búsqueda. Cuando se hace uso de los anuncios, la información de los servicios es distribuida a todos los clientes o directorios, de este modo estos no necesitan consultar de forma separada un servicio. No obstante con el anuncio de servicios los clientes y directorios tienen que manejar todos los anuncios, a pesar de que estén o no interesados en los mismos. Por el contrario cuando se consulta activamente por un servicio, un cliente o un directorio puede recibir de manera inmediata la respuesta a su solicitud. Tal como sucede con los criterios de diseño de directorios, la elección de algún método esta también determinada por la infraestructura de cómputo disponible así como por las necesidades que se desean satisfacer. Las principales técnicas usadas en los protocolos para el descubrimiento de servicios, son: unicast, anycast, multicast y el broadcast.

Selección de servicios: En una red de computadoras muchos servicios similares se encuentran disponibles a un cliente. Ante este fenómeno surge la necesidad de encontrar los servicios que el cliente utiliza de forma precisa y eficaz. Los protocolos para el

descubrimiento de servicios pueden elegir que servicios pueden ser usados por un usuario. La ventaja de la selección de un servicio por parte de un protocolo para el descubrimiento de servicios es que se simplifican los programas clientes y es necesario una participación mínima por parte del usuario en la selección de un servicio. Sin embargo, esta selección puede no reflejar los deseos actuales de un usuario, ya que la selección de un servicio mediante criterios de selección predefinidos puede no ser aplicable en todos los casos. Por otra parte los protocolos para el descubrimiento de servicios pueden dejar la responsabilidad de la elección de un servicio al usuario. De este modo los usuarios eligen de una lista de servicios similares el servicio que mas se adapte a sus necesidades. Sin embargo demasiada participación por parte de un usuario puede causar inconvenientes.

Seguridad y privacidad: Actualmente son pocos los protocolos para el descubrimiento de servicios que incorporan elementos de seguridad y privacidad dentro de sus funciones. La autenticación de los usuarios y de los servicios es el primer paso para garantizar la seguridad y privacidad en la protección de los servicios de usuarios no autorizados. La autenticación de usuarios tiene el problema de cómo mantener para cada servicio una lista de control de acceso, ya que las contraseñas de un usuario pueden ser diferentes para diferentes servicios. Este problema es aun más difícil de resolver en dispositivos con poco poder de cómputo y limitada capacidad de almacenamiento.

La confidencialidad y la integridad de un protocolo para el descubrimiento de servicios consisten básicamente en evitar que usuarios malintencionados escuchen los canales de comunicación y ataquen activamente el sistema. De tal modo que la información

transmitida no sea expuesta a cualquier usuario y no sufra cambios durante el proceso de comunicación.

III.3 Mecanismos para el descubrimiento de servicios

Como se mencionó en la sección anterior, dos componentes claves que deben ser tomados en cuenta al momento de diseñar un protocolo para el descubrimiento de servicios son el anuncio y la búsqueda. El anuncio y búsqueda de servicios permiten tanto a los clientes, servidores y elementos participantes, tener el conocimiento de quienes se encuentran presentes o han dejado de estarlo en la red, esto a través de diferentes mecanismos. La elección de alguno de estos mecanismos esta determinada por la infraestructura de cómputo disponible, así como por las necesidades que se desean satisfacer. Las principales técnicas usadas en los protocolos para el descubrimiento de servicios, son: *unicast*, *multicast* y el *broadcast*. Sin embargo, el uso combinado de estas técnicas ofrece soluciones que los diversos protocolos actuales para el descubrimiento de servicios utilizan. A continuación se examinan la manera en que estos mecanismos trabajan.

III.3.1 Mecanismos de descubrimiento tipo pull

Los clientes cuando necesitan acceder a un servicio determinado, envían peticiones solicitándolo, a las que responden los servidores que ofrecen dicho servicio. Las peticiones de servicio se envían por *multicast* o *broadcast* mientras que las respuestas de los servidores se envían por *unicast* al cliente que lo ha solicitado. Esta forma de realizar el descubrimiento de servicios es fácil de implementar tanto en los clientes como en los

servidores, pero tiene problemas de escalabilidad en redes con un gran número de dispositivos debido al consumo excesivo de ancho de banda.

Una manera de reducir este problema es introducir un espacio de almacenamiento temporal denominado *cache*, para que los clientes almacenen servicios remotos anunciados previamente, de tal forma que un cliente almacena de forma local los servicios que va descubriendo. Cuando este cliente quiera acceder de nuevo a un determinado servicio, antes de enviar un nuevo mensaje de petición a la red, comprueba si este se encuentra almacenado en su *cache*, de ser así, no envía la petición. De esta forma se minimiza el número de mensajes transmitidos pero se introduce el problema de conocer si el servicio almacenado en el *cache* sigue estando disponible en la red.

Para reducir este problema, los servidores anuncian sus servicios con un tiempo de vida asociado denominado tiempo de vida o “*leasing*”, que indica cuál es el tiempo máximo que un cliente puede tener almacenado ese servicio en la *cache*. Aunque el mecanismo anterior reduce la probabilidad de que un servicio almacenado en la *cache* no esté disponible, no elimina el problema de acceder a un servicio que no esté disponible en la red. Existen algunas técnicas que se pueden emplear para reducir aun más este problema:

Sondeo: el cliente de forma periódica comprueba si los servicios almacenados en su *cache* están disponibles o han sufrido alguna modificación, poniéndose en contacto con el servidor que los ofrece.

Suscripción y notificación: los clientes pueden suscribirse a los servidores, para que se les notifique los cambios o disponibilidad de los servicios almacenados en su *cache*. Si tales cambios o modificaciones en los servidores son muy frecuentes la introducción de este

procedimiento tiene un consumo excesivo de ancho de banda por lo que en entornos muy dinámicos, no debe hacerse uso de ellas.

III.3.2 Mecanismos de descubrimiento tipo push

En este mecanismo los propios servidores son los que de forma activa anuncian periódicamente los servicios que ofrecen. Los clientes almacenan estos anuncios de forma local y cuando quieren acceder a un servicio de un tipo determinado, comprueban si es uno de los servicios anunciados previamente en la red o esperan a que se produzca un anuncio de ese tipo. Estos anuncios se envían por difusión utilizando *broadcast* o *multicast*.

Esta manera de realizar el descubrimiento de servicios introduce una mayor complejidad en los clientes y en los servidores, ya que los clientes deben almacenar todos los anuncios que escuchan en la red y los servidores periódicamente deben anunciar los servicios que tienen disponibles, aún cuando ningún cliente precise ese servicio. Como los clientes almacenan de forma local los servicios que se anuncian en la red, se tiene el mismo problema que al emplear almacenamiento temporal como en el modo *pull*.

En el modo *push* los servidores envían los anuncios según una periodicidad que comunican a la red, de tal forma, que un cliente cuando no recibe un anuncio en el intervalo previsto, elimina este servicio de su *cache*. En este caso el tiempo de vida de un servicio en el *cache* de los clientes, es el periodo de tiempo entre anuncios consecutivos del servidor que lo ofrece. Entre anuncios consecutivos de un servidor se pueden producir caídas del mismo o modificaciones, que el cliente no detectará hasta el próximo anuncio.

Esto obliga a que los servidores anuncien con una frecuencia alta sus servicios, pero de esta manera se consume un gran ancho de banda con el consecuente problema de

escalabilidad del protocolo. Si se desea reducir este consumo, minimizando la probabilidad de que un cliente no detecte cambios en el servicio, se pueden introducir técnicas de sondeo y de suscripción y notificación como en el tipo *pull*.

III.3.3 Mecanismos de descubrimiento centralizado

Estos mecanismos de descubrimiento requieren la presencia de unos elementos en la red que sirvan de intermediarios entre clientes y servidores, de manera que permitan descubrirse, a estas entidades se les denomina directorios. Así, los clientes descubren los servicios que ofrecen los servidores a través de los directorios. Sin un directorio los clientes no pueden descubrir servicios.

El mecanismo que llevan a cabo clientes, servidores y directorios para poder descubrir los servicios ofrecidos son los siguientes:

- Los servidores registran las descripciones de los servicios que ofrecen en uno o varios directorios.
- Los directorios almacenan estas descripciones de forma persistente.
- Los clientes solicitan a uno o varios directorios la búsqueda de un determinado servicio.
- Los directorios buscan en las descripciones que tienen almacenadas, si alguna se corresponde con el servicio solicitado, si la búsqueda es satisfactoria, devuelven esta descripción al cliente.

Sin embargo, en tal procedimiento se asume que tanto clientes como servidores conocen al menos a un directorio. De esta manera el problema radica en cómo los clientes y servidores descubren estos directorios, ofreciendo diferentes alternativas posibles:

- **Configuración:** tanto clientes como servidores tienen configurados uno o varios directorios. La configuración es el mecanismo menos costoso pero menos flexible, debido a que si los directorios que tienen configurados los clientes y los servidores dejan de estar disponibles, los clientes no podrían descubrir a los servidores hasta que se configure manualmente un nuevo servicio de directorio. Adicionalmente esta solución contradice la idea de que los protocolos de descubrimiento de servicios surgen para minimizar el número de configuraciones manuales que es necesario realizar.
- **Dinámicamente:** tanto clientes como servidores descubren dinámicamente a los directorios existentes. El mecanismo dinámico no deja de ser una solución al problema de cómo descubrir un servicio de directorio de forma distribuida, por lo tanto se plantean dos alternativas: Modo *pull*: los clientes y servidores envían por *multicast* o *broadcast* peticiones de búsquedas de servicio de directorios, a las que responden los directorios por *unicast*. Modo *push*: los directorios se anuncian periódicamente y tanto los clientes como los servidores escuchan estos anuncios para descubrir a los directorios. Estos anuncios se envían por *multicast* o *broadcast*.

También es posible utilizar técnicas que combinan ambos modos: Cuando los clientes y servidores arrancan o entran en una nueva red, llevan a cabo lo que se denomina búsqueda

agresiva del servicio de directorio, en la que se emplea un mecanismo *pull* en el que de forma periódica se envían peticiones de búsqueda de servicio de directorio. Esta búsqueda agresiva se realiza durante un periodo de tiempo limitado, después del cual no se realizan más peticiones de este tipo. Los directorios además se anuncian periódicamente, siguiendo un mecanismo *push*. El periodo entre anuncios se duplica en cada nuevo anuncio, para disminuir el tráfico generado por este tipo de mensajes.

El objetivo de emplear los dos mecanismos es por una parte, localizar lo antes posible a todos los servicios de directorio existentes en la red para que clientes y servidores comiencen a descubrirse, y por otra, que los clientes y servidores sepan qué directorios siguen activos o si existe algún directorio nuevo en la red.

En general, los directorios se introducen para aumentar la escalabilidad de los mecanismos de descubrimiento en redes amplias. Además, los directorios suelen estar asociados a divisiones administrativas, de tal manera que los clientes y servidores de una organización emplean un determinado directorio. El punto débil de este modo de funcionamiento es la dependencia de un único punto de fallo, ya que la caída de un directorio supone que clientes y servidores no pueden descubrirse.

Para disminuir el número de consultas que realizan los clientes a los directorios para descubrir servicios, los clientes pueden emplear nuevamente un almacenamiento temporal de servicios remotos de forma local. Es el directorio en este caso, el que les indica cuál es el tiempo máximo que pueden almacenar ese servicio en su caché. Como en los casos anteriores, al existir *cache* local en los clientes, se puede también introducir las técnicas siguientes:

Sondeo: los servidores se ponen en contacto con los directorios en los que tienen registrados sus servicios, para indicar los cambios producidos en ellos. Los clientes se ponen en contacto con los directorios para verificar si la información que tiene almacenada de forma local es válida.

Suscripción y notificación: los servidores se ponen en contacto con los directorios para indicar los cambios producidos en el servicio. Los directorios notifican estos cambios a todos los clientes que estén suscritos a notificaciones.

III.4 Protocolos para el descubrimiento de servicios

Actualmente existen diferentes propuestas para el descubrimiento de servicios, cada una de ellas ha sido abordada por parte de diversos centros de investigación y empresas, y se han realizado diversas maneras de cómo abordar el diseño y búsqueda de servicios. En cada una de estas existen criterios que determinan las decisiones de diseño del protocolo tomando en consideración las necesidades que pretenda cubrir. Esto ha hecho que existan diferentes protocolos para el descubrimiento de servicios, algunos de estos han sido creados para una plataforma en particular, otros para trabajar sobre un medio determinado y otros mas siguiendo filosofías empresariales. Dado esto, a continuación se realizan una recopilación de los protocolos para el descubrimiento de servicios más importantes hoy en día. Algunos de ellos son estándares aprobados por el IETF, otros están en proceso de estarlo y otros más han sido estándares de facto para ciertas áreas y usos.

III.4.1 Service Location Protocol

SLP (*Service Location Protocol*) [Bettstetter, 2000; Guttman et al., 1998] es el principal resultado del grupo SVRLOC del IETF. Su objetivo es la definición de un protocolo de descubrimiento automático de servicios en redes IP, descentralizado y extensible. Emplea URLs para la descripción de los servicios, y basándose en ellas las aplicaciones pueden conocer qué servicios existen en la red y acceder a ellos. La infraestructura SLP consiste en tres tipos de agentes: *User Agents* (UAs), que son los que realizan el descubrimiento de servicios para satisfacer las necesidades que demandan las aplicaciones de los usuarios finales, *Service Agents* (SAs), que son los responsables de anunciar las características y localización de los servicios y *Directory Agents* (DAs), que son los responsables de almacenar información sobre los servicios que se están anunciando en la red.

SLP tiene dos modos de funcionamiento, con DAs, en cuyo caso los SAs registran en ellos los servicios que ofrecen y los UAs buscan en ellos los servicios que precisan; o sin DAs, en cuyo caso los UAs envían por multicast peticiones de servicios, a las que los SAs que ofrecen el servicio responden mediante mensajes unicast. En el RFC se comenta que la existencia de DAs mejora sustancialmente las prestaciones del protocolo. SLP define varios mecanismos para descubrir DAs, el primero de ellos es el modo pasivo, en el que los SAs y los UAs escuchan los mensajes multicast enviados por los DAs en los que anuncian su existencia periódicamente; y el segundo de ellos es el modo activo, en el que los SAs y UAs envían un mensaje multicast o utilizan DHCP para descubrir los DAs existentes, si

existe algún DA, los UAs y SAs utilizan comunicación unicast con ese DA para buscar o registrar servicios, respectivamente.

El protocolo sólo proporciona un mecanismo de búsqueda de servicios y en ningún momento aborda cómo los clientes hacen uso de los servicios. Introduce algunos mecanismos de seguridad, sobre todo para garantizar que no se propague información falsa sobre la localización de servicios.

III.4.2 DNS Service Discovery

Los protocolos de descubrimiento de servicios tienen como objetivo localizar servidores que ofrecen un determinado tipo de servicio. Muchas de las aplicaciones o sistemas tienen como base un protocolo TCP/IP los cuales requieren realizar una consulta DNS para su correcto funcionamiento.

Si no existe una infraestructura DNS, los sistemas deben trabajar con direcciones IP, lo que desde el punto de vista del protocolo no presenta ningún inconveniente, aunque si lo es desde el punto de vista del usuario, ya que si existen varios servidores que ofrecen un mismo tipo de servicio, normalmente se le mostrará al usuario la información de localización obtenida para que éste seleccione el servidor al que prefiere acceder, si esta información es una lista de direcciones IP puede ser bastante frustrante y poco significativo. Como consecuencia de esta dependencia, el grupo de trabajo Zeroconf del IETF ha propuesto emplear el protocolo DNS para descubrir servicios, de tal manera que los dispositivos no tienen porqué tener una implementación de DNS y otra del protocolo de descubrimiento de servicios, sino que con lo primera de ellas es suficiente.

DNS Service Discovery (DNS-SD) [Cheshire, 2003] surge con el objetivo de proporcionar soporte al descubrimiento de servicios a través de DNS, de tal manera que sin realizar ningún cambio a DNS, se puedan realizar consultas que permitan al usuario obtener una lista de instancias de un tipo determinado de servicio. En la actualidad se encuentra en estado de borrador. DNS-SD puede operar sobre DNS, por lo tanto, con una arquitectura centralizada basada en una estructura jerárquica de servidores; o sobre las modificaciones de DNS para la resolución de nombres en redes sin infraestructura, como *Multicast* DNS o LLMNR, con una arquitectura totalmente distribuida.

Estas propuestas se encuentran en definición dentro de varios grupos del IETF. DNS-SD emplea la sintaxis y semántica de los registros de recurso SRV de DNS para el descubrimiento de servicios, pero añadiendo un nivel de indirección, para que a través de consultas DNS el usuario pueda obtener instancias de tipos de servicios de distintas características. El proceso de descubrimiento se divide en dos pasos, primero se obtienen las instancias de los servicios y posteriormente, para cada instancia se obtienen los datos necesarios para acceder a ella. La seguridad de DNS-SD se basa en DNSSEC para garantizar la autenticidad de la información proporcionada por los dispositivos que forman la red.

III.4.3 Salutation

Salutation [Bettstetter, 2000; Choonhwa y Sumi, 2002; Miller y Pascoe, 2000] es una arquitectura para el descubrimiento y anuncio de servicios desarrollada por el

Salutation Consortium¹⁵, que es una agrupación de compañías y centros académicos, que surge con el objetivo de resolver el problema del descubrimiento y acceso a servicios entre un amplio conjunto de dispositivos y equipos en un entorno cambiante, independientemente del protocolo de transporte particular que se esté utilizando.

Salutation es un estándar abierto independiente de sistemas operativos, protocolos de comunicaciones y plataformas hardware. La arquitectura Salutation define tres componentes: *Functional Units* que desde el punto de vista de un cliente definen un servicio. *Salutation Managers* (SLMs) que permiten a los clientes descubrir y comunicarse con los diferentes servicios proporcionados en la red. El proceso de descubrimiento de servicios puede realizarse a través de múltiples SLMs. Un SLM puede descubrir otros SLMs remotos y determinar los servicios que están registrados en él. De esta manera el descubrimiento de servicios se realiza de una manera mucho más rápida. *Transport Managers* (TMs) que permiten aislar al SLM del protocolo de transporte que se está empleando para acceder a él. De esta forma, para dar soporte a un nuevo protocolo de transporte sólo es necesario implementar un nuevo TM, sin modificar la implementación del SLM.

Salutation no sólo define mecanismos de descubrimiento, sino que en la especificación también se describen mecanismos para el acceso a los servicios.

¹⁵ Salutation Corsorium, <http://www.salutation.org/>

Este soporte se proporciona a través del SLM que tiene tres modos de operación: *native personality*, en la que sólo se emplea para descubrir servicios y para establecer la comunicación entre los clientes y el servidor; *emulated personality*, que además de establecer la conexión sirve como *gateway* entre el protocolo que emplea el cliente y el que emplea el servidor cuando son diferentes; y *salutation personality*, en el que además de establecer la conexión obliga a que la comunicación entre cliente y servidor se realice en un formato determinado.

Para dispositivos limitados se ha definido una simplificación del protocolo denominada *Salutation-Lite*, que se centra fundamentalmente en dar soporte al descubrimiento dinámico de servicios. En esta versión no sólo se ha tenido en cuenta la limitación de los dispositivos, sino también el limitado ancho de banda que proporcionan los protocolos de comunicación que suelen emplear, como son IrDA o Bluetooth.

III.4.4 Simple Service Discovery Protocol

UPnP (*Universal Plug-and-Play*) [Microsoft, 2000; Goland, 1999] es una arquitectura propuesta para el descubrimiento, anuncio y uso de servicios en entornos dinámicos centrada en estandarizar protocolos de comunicación basados en XML, para la interacción entre los diferentes elementos de la arquitectura. El UPnP Forum¹¹ es promotor de esta iniciativa, que está liderada por Microsoft. *Simple Service Discovery Protocol* (SSDP) es el protocolo que se ha definido dentro de UPnP para el descubrimiento dinámico de servicios. SSDP puede operar con o sin un elemento central, denominado *Service Directory* en la red.

SSDP está construido sobre HTTP, empleando tanto unicast, HTTPU, como *multicast*, HTTPMU. Cuando un servicio quiere unirse a la red, primero envía un mensaje de anuncio con el fin de notificar al resto de los dispositivos su presencia, si está presente en la red un *Service Directory*, éste registra el servicio anunciado. También existe la opción de enviar un mensaje *unicast* directamente al *Service Directory*, para que éste registre el servicio. Los mensajes de anuncio contienen una URL que identifica el servicio anunciado y una URL a un archivo XML que proporciona una descripción de dicho servicio. Cuando un cliente quiere descubrir un servicio, puede tanto contactar con el servicio directamente a través de la URL que ha obtenido en alguno de los anuncios que ha escuchado anteriormente, o puede enviar activamente un mensaje de búsqueda de servicio por *multicast*. En el caso de descubrir un servicio a través de un mensaje de búsqueda, la respuesta puede ser proporcionada por el propio servicio o por un *Service Directory*.

SSDP se presentó como un borrador al SVRLOC del IETF, con el objetivo de realizar una simplificación de SLP, y que de esta forma se pudiera implementar en un mayor número de dispositivos. En la actualidad este borrador está obsoleto y en UPnP no se aborda la seguridad a nivel SSDP.

III.4.5 Bluetooth Service Discovery Protocol

El SIG Bluetooth además del protocolo de comunicación propiamente dicho ha definido una serie de protocolos a nivel aplicación que facilitan el desarrollo de aplicaciones Bluetooth. Entre ellos se encuentra el *Service Discovery Protocol* [Mikko, 2004]. Este protocolo le permite a un dispositivo Bluetooth conocer cuáles son los servicios que proporcionan los dispositivos con lo que tiene conectividad.

Este protocolo sigue un esquema clásico cliente/servidor en el que la descripción de los servicios se almacena como un service record en el dispositivo que actúa como servidor SDP que normalmente se corresponde con el que ejerce de maestro en la *piconet* Bluetooth. SDP soporta búsquedas por clases de servicios, y por atributos de servicios, la distinción entre clases y atributos no está bien definida por lo que es necesario que los fabricantes se pongan de acuerdo en estas definiciones para que este protocolo sea interoperable a nivel práctico.

SDP sólo permite el descubrimiento de servicios y no especifica cómo se accede a ellos, se considera que se debe definir en los protocolos de más alto nivel, que hacen uso de SDP. Sin embargo, dentro de SDP se define un atributo común a todos los servicios, *Protocol Description List*, en el que se define la lista de protocolos con los que se puede acceder al servicio.

III.4.6 Jini

Jini [Johansen, 1999] es una arquitectura distribuida orientada a servicios desarrollada por Sun Microsystems, su principal objetivo es convertir a la red en una herramienta flexible y fácilmente administrable en la que los clientes puedan encontrar servicios de un modo robusto y flexible. Jini se apoya fuertemente en Java, de tal forma que en Jini es necesario que todos los dispositivos tengan una máquina virtual Java.

En la arquitectura Jini se definen tres componentes: los servicios, los clientes y los servicios de directorio, que se denominan *Jini Lookup Services* (JLS). Un servicio en Jini está representado por un objeto Java y se define como una entidad de software que proporciona algún tipo de cálculo o control sobre un dispositivo. Un cliente es aquel que

hace uso de un servicio, y por lo tanto un servicio puede ser a su vez cliente de otro. El JLS es obligatorio dentro de la arquitectura de Jini, y los clientes y los servicios siempre se descubren a través de él y nunca de forma directa. Para registrar o buscar un servicio primero es necesario localizar algún JLS, para lo cual se definieron tres tipos de protocolos: *unicast discovery protocol*, empleado cuando ya se conoce un JLS, *multicast request protocol* empleado para buscar un JLS y *multicast announcement protocol* empleado por los JLS para anunciar su disponibilidad. Para soportar el dinamismo de la red y que los servicios registrados en el JLS no se queden obsoletos, Jini implementa un mecanismo de *leasing* que obliga a que los servicios actualicen su registro periódicamente para mantener su entrada en un JLS y de esta forma poder ser localizados por los clientes.

En Jini se define no sólo un mecanismo de descubrimiento de servicios, sino también un mecanismo de uso: un cliente le solicita a un JLS la búsqueda de un servicio proporcionándole un identificador del servicio, un interfaz Java o un conjunto de atributos, el JLS responde a esta búsqueda con un conjunto de objetos *proxies* que permitirán al cliente acceder a implementaciones de dicho servicio. El mecanismo de comunicación entre clientes y servicios se basa en Java *Remote Method Invocation* (RMI). En cuanto a seguridad, Jini depende del modelo de seguridad de Java.

III.4.7 JXTA

El proyecto JXTA¹⁶ [Gong, 2001] es una plataforma de computación distribuida P2P concebida y promovida inicialmente por Sun Microsystems a principios de 2001, pero en la que en la actualidad participan un gran número de centros de investigación académicos e industriales. JXTA proporciona una serie de tecnologías *middleware* por encima de las cuales se pueden construir servicios y aplicaciones. El objetivo principal del proyecto es crear un soporte software para sistemas P2P que permita la interoperabilidad entre diferentes implementaciones de un mismo servicio, la independencia de la plataforma, del lenguaje y entorno de programación en el que se desarrolla el servicio y la ubicuidad de los servicios, permitiendo incluir en el sistema desde los grandes servidores hasta los dispositivos más limitados como PDAs.

Para alcanzar este objetivo JXTA [Gong, 2001] ha definido una serie de protocolos básicos, entre ellos se encuentra el *Peer Discovery Protocol* que estandariza el formato de mensajes que permite a un nodo del sistema, encontrar a otros nodos, servicios, etc. Este protocolo emplea a su vez el *Peer Resolver Protocol* que es un protocolo genérico que permite enviar y recibir peticiones de búsquedas. A su vez este protocolo emplea el *Rendezvous Protocol* que está basado en que existe un nodo especial en el sistema que guarda información sobre los nodos, servicios, etc. que conoce, de tal forma que puede proporcionar esta información a otro nodo que establezca una comunicación con él.

¹⁶ JXTA v2.0, http://www.jxta.org/project/www/white_papers.html

El *Peer Discovery Protocol* es el protocolo de descubrimiento por defecto que debe implementarse obligatoriamente en todos los sistemas JXTA.

Dentro del proyecto JXTA, existe la iniciativa JXME para introducir la tecnología JXTA en dispositivos limitados J2ME, la implementación se basa en que estos dispositivos tienen un JXTA relay asociado, típicamente un PC próximo, que actúa en su nombre y que le permite integrarse en la red P2P JXTA.

III.4.8 Open Services Gateway Initiative

OSGi¹⁷ (*Open Services Gateway Initiative*) fue creada en Marzo de 1999 con el objetivo de definir una especificación de software abierto que permita diseñar y construir plataformas compatibles que sean capaces de proporcionar múltiples servicios en redes locales en general, aunque su uso actual está muy centrado en redes del hogar.

Aunque OSGi define su propia arquitectura se ha tenido en mente su compatibilidad con otras iniciativas semejantes como son Jini o UPnP. La arquitectura de OSGi tiene dos elementos fundamentales, por una parte una plataforma de ejecución de aplicaciones basada en Java y por otra, una serie de paquetes (bundles) que proporcionan una determinada funcionalidad a otros paquetes o directamente al usuario final y que se ejecutan sobre la plataforma. Estos elementos residen siempre en un elemento central que se denomina OSGi service platform situada en la red local y conectada al proveedor de servicios a través de una pasarela en la red. Este elemento además será el encargado de permitir la interacción

¹⁷ Open Services Gateway Initiative, <http://www.osgi.org>

entre dispositivos o redes de dispositivos que empleen distintas tecnologías para comunicarse.

En OSGi un servicio está proporcionado por un *bundle* que se ejecuta en la plataforma OSGi. En la plataforma existe el OSGi *service registry* que actúa como un servicio de directorios en el que los *bundles* se registran y a través del cual pueden localizar a otros *bundles* para componer nuevos servicios.

En la especificación de OSGi se han definido una serie de APIs básicas para el desarrollo de servicios, como el de *logging*, servidor HTTP y el que se denomina *Device Access Specification* (DAS) que permite el descubrimiento y anuncio dinámico de dispositivos y de los servicios ofrecidos por éstos.

En DAS se definen los *Network Bundles* que son los encargados de descubrir nuevos dispositivos y servicios empleando el protocolo de descubrimiento correspondiente en esa red, una vez obtenida esta información, deben obtener del proveedor de servicios el *Device Bundle* correspondiente al dispositivo concreto, que se instalará en la plataforma y se registrará en OSGi *service registry* y de esta forma podrá ser descubierto por otros *bundles*. Mediante este mecanismo OSGi permite la integración de cualquier protocolo de descubrimiento y anuncio de servicios dentro de su plataforma.

III.5 Comparativa de protocolos de descubrimiento de servicios

Cada uno de los protocolos para el descubrimiento de servicios antes mencionados esta enfocado hacia un tipo particular de red de cómputo con características que determinan los criterios de diseño utilizados.

SLP es un protocolo que fue diseñado principalmente para su uso en redes con infraestructura de cómputo fija, por lo que su funcionamiento es centralizado, siendo difícil su aplicación en redes con frecuente movilidad. Tiene como ventaja principal el respaldo que este protocolo tiene por parte de organismos internacionales como el IETF y el IANA. Actualmente esta propuesta ha culminado con el surgimiento de los RFCs 2165, 2608 y 2609 siendo una propuesta sólida. Sin embargo la presencia de otros protocolos para el descubrimiento de servicios (Jini, Bluetooth, UPnP y Salutation) con respaldo de empresas líderes en las tecnologías de información hace difícil que este protocolo pueda alcanzar un uso generalizado.

La principal ventaja de Salutation es su independencia del protocolo de transporte. La ausencia de un mecanismo definido para localizar los administradores Salutation, hacen que esta alternativa aun no sea viable.

UPnP es una propuesta que recae en el uso de IP y las tecnologías Web (HTTP y SOAP). Por el fuerte respaldo de Microsoft es factible su uso generalizado en un futuro. Sin embargo, se cuestiona su desempeño en redes debido al número de paquetes en envíos *multicast*.

Bluetooth SDP es un protocolo diseñado para uso exclusivo en redes bluetooth y estas tienen solo un ámbito local, adicionalmente no proporciona mecanismos que permitan acceder, anunciar o registrar servicios. Además de que limita la capacidad de búsqueda a atributos con un UUID asignado. La principal desventaja de esta propuesta es que no permite realizar enrutamiento multisalto.

Jini por su parte esta fuertemente ligado al lenguaje de programación Java, por lo que ofrece independencia de la plataforma y del sistema operativo. Además, facilita

mediante los RMI, el transporte software a través de la red, facilitando con esto por ejemplo la instalación de controladores necesarios para el uso de dispositivos de cómputo. Sin embargo, su principal desventaja se encuentra en su dependencia al ambiente de programación Java.

JXTA es un *middleware* utilizado para el rápido desarrollo en redes punto a punto y al igual que Jini, su soporte recae en el uso del lenguaje de programación Java, lo que lo hace dependiente de dicha plataforma. Actualmente JXTA no cuenta con el soporte de Sun Microsystems, debido a que este ahora impulsa su propuesta Jini.

III.6 Conclusiones

En este capítulo se ha presentado una descripción de las actuales propuestas al problema del descubrimiento de servicios en redes de computadoras. Se han analizado los mecanismos utilizados por las diferentes propuestas hoy en día, así como un análisis general de las más representativas de estas propuestas. En este capítulo se parte de las diferentes consideraciones de cómo abordar el diseño y búsqueda de servicios al momento de crear un protocolo. Cada uno de estos criterios expuestos determina las decisiones de diseño de un protocolo tomando en consideración las necesidades que pretenda cubrir. Aunque se han hecho varias propuestas para abordar el problema de descubrimiento de servicios, existen algunos puntos que no son abordados, entre ellos, la selección de servicios basados en proximidad física y por consiguiente un adecuado soporte a los sistemas concientes del contexto y de localización.

Con base en esto, en el siguiente capítulo se introducen los servicios basados en localización, y los escenarios a los que se pretende dar soporte. Asimismo, se estudian los

diferentes factores que intervienen en el descubrimiento de servicios con base en proximidad física. Estos factores incluyen aquellos que intervienen en la localización de objetos y personas, modelos y representaciones, así como los mecanismos y consideraciones expuestos en este capítulo. También se introduce el trabajo realizado hasta ahora por el grupo Geopriv del IETF, así como los propósitos y mecanismos propuestos para garantizar la privacidad de los usuarios sujetos a localización.

Capítulo IV

Consideraciones de diseño

IV.1 Introducción

Como se ha mencionado anteriormente, las propuestas actuales para el descubrimiento de servicios no abordan el soporte a la selección de servicios basados en proximidad física y por consiguiente un soporte a los sistemas de cómputo ubicuo. Nosotros creemos que para lograr esto, no sólo se requieren de mecanismos propios para el descubrimiento de servicios, sino también de una infraestructura que ofrezca un adecuado soporte. En este capítulo se analizan diferentes factores y decisiones que sirven como base para el diseño de una arquitectura que de soporte al descubrimiento de servicios con base en la localización física del usuario que los solicita. Se parte de la descripción de los mecanismos y arquitectura utilizada por los sistemas que ofrecen servicios basados en la localización, así como también se explica el fenómeno de movilidad local que es una de las motivaciones de este trabajo de tesis.

IV.2 Servicios basados en la localización

Los servicios basados en la localización (*location-based service LBS*), son sistemas donde los servicios se registran en una entidad central del sistema y proveen al usuario que se suscribe a esta, aquellos servicios que solicita basados en la localización geográfica del suscriptor. La información de localización geográfica conocida como geolocalización,

puede ser conocida a través de diferentes mecanismos tanto manuales como de manera automática. La mayoría de estos mecanismos automáticos implica el uso de tecnología de radiofrecuencia, utilizando dispositivos tales como GPS, teléfonos móviles que utilizan multilateración entre diferentes puntos de comunicación distribuidos geográficamente con los cuales la comunicación del usuario tiene lugar. Una generalidad de estos sistemas, es que la instalación actual de este tipo de soluciones es realizada para ofrecer soporte a los usuarios que se mueven en exteriores. Asimismo el control de la información de geolocalización se encuentra bajo la entidad que recibe la suscripción del usuario y no bajo este último, lo que motiva la preocupación de cómo el sistema hace uso de esta información.

Los LBS's son sistemas que requieren de servidores de alto rendimiento donde se almacena en ellos información geoespacial, en ellos se describen objetos, atributos y relaciones en diferentes capas o niveles de abstracción. Con esta información geoespacial se tiene la capacidad de mostrar mapas, divisiones políticas, carreteras, redes eléctricas, edificios, lagos, etc. Información que es almacenada de manera estática en servidores y sobrepuestas sobre una localidad geográfica que las contiene, formando un mapa complejo de la región rico en atributos a los cuales pueden realizarse consultas.

El paradigma actual de este tipo de servicios se encuentra basado en mecanismos del tipo *pull*, es decir, el usuario envía una solicitud al servidor el cual responde con la información de *geolocalización* y/o los servicios involucrados. Servicios tradicionales bajo este esquema incluyen a aquellos servicios cercanos al usuario del sistema. Por ejemplo, un usuario conduciendo un auto, puede solicitar información de la estación de gasolina más

próxima, restaurantes, centros comerciales, etc. Este ejemplo muestra una característica también generalizada, los servicios que se proveen son de carácter estático. Es decir, son entidades que siempre permanecen en el mismo lugar y es el usuario quién está en movimiento.

Los avances en el cómputo móvil y la disponibilidad de la tecnología, ha ocasionado que estos servicios sean un punto de interés para las compañías telefónicas, con el propósito de ofrecer servicios competitivos a sus usuarios y diferenciarse de sus competidores. Paradójicamente, el desarrollo actual de estos sistemas en México, son ofrecidos por compañías que nada tienen que ver con telefonía y las cuales ofrecen localización satelital que se limita únicamente a la localización de entidades utilizando dispositivos GPS. Estos dispositivos son colocados generalmente en flotas de vehículos con el propósito de conocer la localización de éstos, para optimizar rutas o protección vehicular. Actualmente en México ninguna compañía de telefonía celular ofrece servicios con base en la localización, la única que ha anunciado el lanzamiento de este tipo de servicios es la compañía Telcel¹⁸, la cual ha alcanzado los veinte millones de usuarios y representa una de las compañías de telefonía móvil más importantes en el país. La implementación y apertura de este tipo de servicios en México de manera masiva abrirá nuevas dimensiones en la manera de realizar nuestras actividades diarias.

En el capítulo II se mencionaron los servicios que pueden ser ofrecidos dada la variable contextual de localización del usuario, dentro de los cuales los LBS juegan un

¹⁸ El universal, <http://www.eluniversal.com.mx>, 25 de Abril de 2003



Figura 23. Localización del usuario sobre un plano, con el propósito de ubicarse.

Localización: Con base en la información de localización del usuario, los sistemas LBS pueden responder con información cartográfica con el fin de orientar al usuario sobre su localización y facilitarle el viaje desde un punto a otro. Este tipo de servicios permiten hacerle saber al usuario del sistema su localización actual y sobre esta información tomar decisiones al respecto. En la figura 23 se muestra el servicio de este tipo.

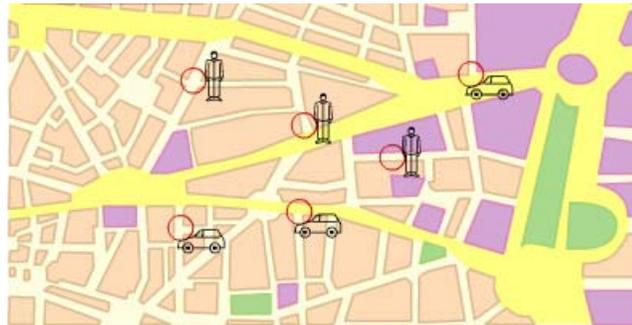


Figura 24. Localización de artefactos y personas dentro de un área geográfica determinada.

Localización de artefactos y personas: Con base en la información de localización de las entidades que se suscriben a un sistema LBS, es posible que un usuario pueda realizar una

búsqueda de aquellos artefactos o personas en constante movimiento con el fin de saber donde se encuentran. El obtener estos artefactos y personas dentro de un área de interés, es obtenerlos en un tiempo dado, es decir, es obtener una fotografía de su localización al momento de realizar la solicitud. En la figura 24 se muestra el resultado de la búsqueda realizada por una entidad, con el propósito de consumir la información de la localización de otras entidades.

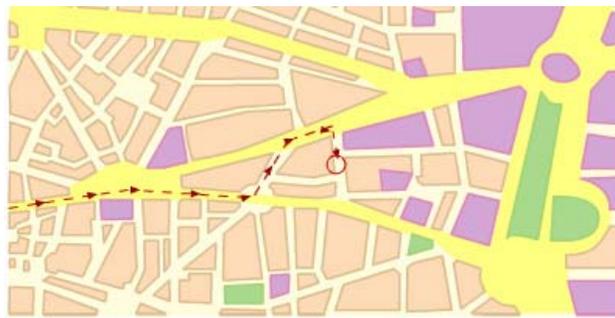


Figura 25. Una entidad sujeta a localización continua con el propósito de conocer la ruta que lleva.

Localización continua: Una derivación de la localización de artefactos y personas es la localización continua de los mismos. Mientras que el servicio de localización muestra la localización de artefactos y personas en un tiempo dado. La localización continua muestra de manera dinámica como estos se desplazan en un plano a lo largo del tiempo. Esto requiere de un alto consumo de poder de cómputo y continua actualización de la localización del objeto de interés. La figura 25 muestra el servicio de localización continua de un objeto.



Figura 26. Mensajes enviados por dos entidades comerciales, así como de un usuario hacia otro usuario cercano a estos.

Eventos de notificación: Con base en la información de localización puede enviarse a los usuarios información, tales como mensajes, promociones, etc., cuando estos están cercanos a un área en particular. Así mismo, los usuarios móviles pueden recibir notificaciones cuando amigos o colaboradores que se encuentren en su lista de contactos se encuentran cercanos a él. La figura 26 muestra este esquema.

Cada uno de estos escenarios, pueden ser implementados utilizando en el modelo *publish/subscriber*. Donde los responsables de producir la información de interés, llamados proveedores, publican la información en ciertas unidades o categorías llamados tópicos, los cuales generan eventos al momento de ser publicada la información. Por otro lado, los usuarios que deseen consumir esta información se suscriben a estos tópicos, cuyos eventos hacen llegar la información a aquellos suscriptores interesados en dicha información.

IV.3 Movilidad local

Existen muchos grados de movilidad que pueden ser atribuidos a las actividades que son realizadas por ciertos trabajadores hoy en día. Roles de trabajo tales como consultores o

representantes de ventas demandan un valor intrínscico de movilidad debido a la naturaleza de su trabajo. Estos a menudo requieren de un desplazamiento hacia diferentes lugares fuera de su centro de trabajo, con el propósito de recabar piezas de información y llevar a cabo su trabajo. Sin embargo, existen cierto comportamiento llevado a cabo por trabajadores, donde su desplazamiento es llevado a cabo dentro de un área pequeña, introduciendo el concepto de movilidad local.

La movilidad local se refiere a la necesidad que tienen algunos trabajadores de desplazarse y moverse dentro de un área relativamente cercana a sus oficinas, o bien dentro del mismo edificio, con el propósito de llevar a cabo su trabajo [Belloti y Bly, 1996]. Es decir, los trabajadores se ven envueltos en viajes frecuentes fuera de sus escritorios con el motivo de consultar a otros colaboradores e intercambiar información con el fin de actualizar tareas, procesos, actividades y/o proyectos a realizar (figura 27). Este comportamiento de movilidad local representa un componente significativo en las actividades llevadas a cabo por cierto grupo de trabajadores hoy en día.

Uno de los ambientes más ricos donde el fenómeno de movilidad local se lleva a cabo es un ambiente de hospital. El trabajo en un hospital involucra un alto grado de movilidad tanto de pacientes, equipo, recursos y personas en general, los cuales se encuentran distribuidos dentro de diferentes espacios físicos. Tanto enfermeras y médicos tienden a desplazarse de un lugar a otro para llevar a cabo su trabajo. De manera similar los recursos y la información de los cuales hace uso el personal médico, son a su vez transportados a diferentes lugares. Particularmente, el fenómeno de movilidad local también describe una interacción de las personas que trabajan en constante movimiento y

aquellas que trabajan en un lugar específico, interactuando de la misma manera con objetos tanto estáticos como en movimiento dentro de un mismo espacio físico [Dahlbom y Ljungberg, 1998].

Las actividades desarrolladas dentro del espacio de información por personas con la particularidad de desarrollar el trabajo de manera fija, son aquellas quienes se encuentran sujetas estrictamente a un lugar o escritorio para desarrollar su trabajo. Esto no significa que no puedan moverse, sino que por la naturaleza de su trabajo permanecen dentro de una misma localidad. De manera similar, los artefactos del tipo fijo tienen la característica que por sus propiedades los hacen imprácticos para transportarlos y residen en un lugar en particular.

Estas características entre otras, han hecho de los hospitales un foco de atención para investigaciones y desarrollos en tecnologías de cómputo ubicuo. Bajo esta última premisa, durante los últimos dos años, el grupo Calafia del CICESE ha realizado diversos casos de estudios en diferentes áreas del Hospital General del IMSS en la ciudad de Ensenada, México. Los cuales han sido orientados hacia el diseño y evaluación de diferentes tecnologías de cómputo ubicuo que ofrecen soporte a los procesos y actividades desarrolladas en el Hospital [Rodríguez y Favela, 2003; Muñoz et al., 2003; Santana, 2005].

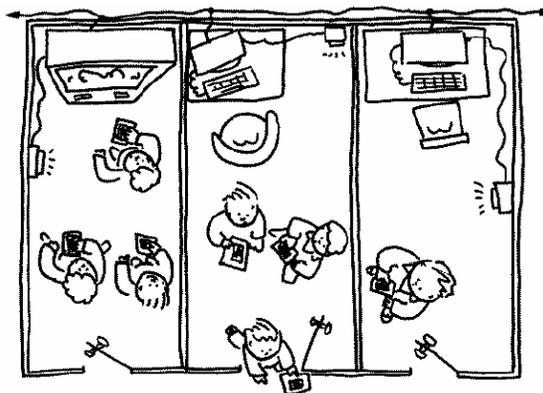


Figura 27. Trabajadores realizan viajes frecuentes fuera de sus escritorios con el motivo de consultar a otros colaboradores e intercambiar información con el fin de realizar sus tareas.

Estos trabajos de investigación llevados a cabo por el grupo Calafia, han sido resultados de diferentes casos de estudio realizados por parte del grupo en proyectos de cursos y tesis previas, donde de esto último sobresale “cómputo colaborativo conciente del contexto”. Dicho proyecto gira entorno al problema del descubrimiento de servicios y el cual ha servido de inspiración. Durante el desarrollo y análisis de estos diversos casos de estudios llevados a cabo en el Hospital, se han obtenido diferentes requerimientos y necesidades para el desarrollo de sistemas concientes del contexto. Muchas de estas necesidades tecnológicas que se han observado, caen dentro de los escenarios que los sistemas que ofrecen soporte para los LBS pretenden cubrir. Dentro de las necesidades de información y servicios identificados en los casos de estudios realizados por el grupo Calafia del CICESE, se encontraron las siguientes necesidades que dependen de la variable contextual de la localización:

- **Localización de artefactos:** En muchos casos cuando los médicos terminan de usar los artefactos, no tienen el suficiente cuidado de regresarlos a sus lugares de origen

ocasionando la pérdida de estos. Dando como resultado que posteriormente otros individuos e incluso la misma persona los requiera y se vea obligada a invertir tiempo en su localización. Por otro lado, la verificación de un equipo disponible es también una de las preocupaciones.

- **La localización de personas:** Durante turnos o rondas llevadas a cabo por el personal médico, estos en ocasiones requieren localizar a un especialista con el cual consultar un caso médico, o bien para solicitar el apoyo de otro personal médico para una emergencia.

El concepto de artefactos se refiere a cualquier equipo médico, mobiliario, documentos, dispositivos electrónicos, y cualquier otro objeto físico tanto de carácter móvil o estático que el personal médico utiliza para llevar a cabo o dar soporte a una actividad. Estos artefactos se encuentran dentro de cualquiera de las siguientes categorías:

- **Documentos:** Esta categoría se refiere a los documentos de carácter oficial, los cuales contienen información médica o administrativa tanto de los pacientes como del personal médico, los cuales son utilizados y compartidos por el personal médico correspondiente. Un claro ejemplo de un artefacto que cae en esta categoría es el expediente médico del paciente, el cual es almacenado de manera centralizada y del cual el personal médico competente hace uso.
- **Mobiliario y equipo móvil:** Dentro de esta categoría se encuentran aquellos equipos electrónicos o no, que por su diseño y propósito tienen la capacidad de transportarlos de un lugar a otro, tales como equipos de diálisis, ultrasonido, monitores, etc., así como

también de aquel inmobiliario de carácter móvil como sillas de rueda, equipo para sueros, camillas, etc.

- **Dispositivos personales:** Dentro de esta categoría se engloban todos aquellos dispositivos electrónicos de carácter móvil, tales como teléfonos portátiles, agendas electrónicas, handheld, TabletPC, etc. Dispositivos que por su tamaño e importancia les permiten acompañar en todo momento al personal médico y les ofrecen cierto soporte a las actividades desarrolladas. Estos dispositivos tienen diferentes capacidades de cómputo para ejecutar aplicaciones y tienen o pueden dotarseles de capacidades de comunicación inalámbrica. Estos dispositivos por su característica móvil hacen uso de baterías como fuente de poder.
- **Dispositivos de función específica:** Esta categoría engloba a aquellos dispositivos electrónicos que por la naturaleza y propósito de su creación tienen una función específica y el usuario no espera que realicen otro tipo de tareas más que aquella para la que han sido diseñados y adquiridos, tales como impresoras, fotocopadoras, faxes, scanner, computadoras, etc. En general, estos dispositivos son estáticos y con conexión a la red mediante medios inalámbricos o cableados, y emplean la red eléctrica como fuente de energía, así como también pueden llegar a usar la red telefónica o cableados específicos. Dentro de esta categoría se incluye todo el equipo electrónico médico de función específica y de carácter estático.

IV.4 Localización de artefactos y/o personas

Hablar del descubrimiento de servicios basados en la variable contextual de la localización, requiere que exista algún mecanismo que proporcione la estimación de la ubicación de los objetos y/o personas sujetos a localización a través de dispositivos. Básicamente la localización de dispositivos se encuentra clasificada en dos categorías: Basado en el dispositivo y basada en la red. La primera permite que un dispositivo mediante algún medio y mecanismo realice la estimación de su propia posición. Esto es, el dispositivo y sólo él, es el responsable del proceso de localización, y ningún otro dispositivo o entidad conoce el resultado del cálculo de la localización. Mientras que la localización con base en la red permite que una entidad central sea quién realice la estimación de la posición de los dispositivos. De esta manera, la red es conciente de la localización de las dispositivos sujetos a localización, y los dispositivos para conocer esta, requieren solicitarla explícitamente a la entidad central.

Ejemplos representativos del cálculo de la localización basada en el dispositivo son RADAR, Cricket y AeroScout, explicados anteriormente en el capítulo II. Estos tienen la característica principal de que el dispositivo encargado de la estimación de la localización requiere de cierta capacidad de cómputo para poder realizarlo. Generalmente recae la responsabilidad en un handheld dotado con dispositivos adicionales. Al recaer el cálculo en un dispositivo de este tipo, el proceso de la estimación se ve afectado por factores importantes. Por un lado la localización se centra en personas, debido a que son quienes hacen uso de este tipo de dispositivos. Por otro lado, la estimación de la localización está en función directa del dispositivo, por lo que sólo él es conciente de la localización y existe

un control directo de la transmisión de esta información. Adicionalmente si el dispositivo se encuentra apagado la información de localización no puede ser estimada.

Ejemplos del cálculo de la localización centrado en la red, son Active Badge, Ubisense y Exavera, también mencionados en el capítulo II. En este modelo, la responsabilidad del cálculo de la localización recae en una entidad central. Los elementos que participan en este modelo son:

- **Localizadores:** Objetos que pueden ser sensados. (Active badges/Bats, Beacons, GPS devices, etc.); Estos localizadores son sensados típicamente en intervalos frecuentes, y cada uno genera un evento independiente.
- **Ítems:** Estos son objetos los cuales deseamos conocer su localización, (personas, equipos, etc.); Estos ítems se encuentran generalmente asociados con uno o más localizadores. Esta asociación permite que la localización de los ítems sea estimada a través de la localización de los localizadores.

Esta característica ofrecida por los sistemas de localización basados en la red, permite la posibilidad de colocar localizadores en objetos, permitiendo localizar estos además de las personas. Consideramos que el modelo de estimación de localización basado en la red responde mejor a los requerimientos y necesidades tecnológicas observados en los casos de estudio realizados por el grupo Calafia. Debido a que en un ambiente de hospital algunos artefactos, tales como sillas de ruedas, camillas, equipo médico móvil, entre otros, son buenos candidatos a estar sujetos a localización, además de las personas. Asimismo, el modelo de localización basado en la red ofrece la posibilidad de una localización de manera continua.

IV.5 El papel de la infraestructura

Al considerar un sistema de localización basado en la red, hablamos del forzoso despliegue de tecnología que permita realizar esto sobre un área determinada. Consideramos que el papel de la infraestructura que ofrecen los Hospitales es una ventaja significativa para tal despliegue. Los Hospitales cuentan con una infraestructura parcialmente ya implementada para tal despliegue en forma de red eléctrica, sistema de aire acondicionado, tuberías, telefonía, redes de computadoras, etc., así como procesos y personal bien definidos para el mantenimiento de la misma. Por lo que la infraestructura no es un problema, sino por el contrario una ventaja.

IV.6 Representaciones de espacios físicos

Cuando hablamos de artefactos y personas que están sujetos a localización, los cuales, se mueven a través de diferentes espacios físicos, hablamos también de representar estas entidades y el espacio físico en el que se mueven en un modelo computacional. Este modelo nos permitirá realizar la correspondiente representación del mundo físico con el virtual, de manera que podamos ver una representación computacional de lo que realmente sucede. Estos modelos deben de permitir representar como mínimo los espacios físicos, así como las entidades en movimiento, y aquellas que se mantienen estáticas. Actualmente existen diferentes modelos que permiten representar espacios físicos [Rui et al., 2003], estos modelos incluyen el modelo geométrico, teoría de conjuntos, grafos y el semántico.

IV.6.1 Modelo geométrico

Esta es un modelo que comprende aquellas definiciones basadas en la geometría euclidiana a través de coordenadas definidas en un plano cartesiano. Este plano contiene coordenadas relativas a un área que representan un espacio geográfico. Este modelo es una consecuencia directa de la representación cartográfica, donde la información y entidades participantes se colocan de manera sobrepuesta en mapas, planos o imágenes. Muchos sistemas de localización tales como Cricket, RADAR, Exavera, Radianse, etc., utilizan esta representación tanto para espacios físicos, como para las entidades sujetas a localización. La información geométrica puede ser presentada en dos o tres dimensiones, siendo el de dos dimensiones la más utilizada. El modelo geométrico está basado en tres conceptos principales:

- **Formas:** Son entidades geométricas en dos o tres dimensiones que definen un lugar físico, o alguna entidad que representa un objeto localizado o sujeto a localización. Estas formas pueden incluir también la definición de objetos estáticos que participan en el lugar.
- **Sistema de coordenadas de referencias:** (*Coordinate reference system*) o CRS es usado para definir como las formas se encuentran distribuidas en un espacio determinado. Esto es, un CRS es un plano en dos o tres dimensiones con un sistema de coordenadas que permite localizar de manera única un punto en él. El CRS, representa el espacio físico donde el sistema de localización es desplegado y tiene cobertura. De manera que sobre él se pueden definir áreas o volúmenes que representan una sección del espacio físico.

- **Transformación:** Es el proceso de transformar la localización de un punto geométrico representado en el CRS, con punto físico geográfico y viceversa.

IV.6.2 Modelo de teoría de conjuntos

En este modelo un espacio físico es representado como un conjunto y las entidades a localizar son consideradas como miembros de conjuntos. Un elemento puede estar dentro de un conjunto en particular, y un conjunto puede contener cualquier cantidad de elementos. Este modelo se encuentra fuertemente asociado con sistemas o tecnologías basados en detección de proximidad, tales como RFID o bien tecnologías basadas en redes celulares. En este modelo se aplican operaciones propias a teoría de conjuntos, tales como unión, intersección, etc.

IV.6.3 Modelo basado en grafos

En general este modelo permite representar espacios físicos a través de entidades estáticas. Estas son representadas a través grafos, donde cada grafo puede estar o no conectado con uno o más grafos. Si existe tal conexión, significa que a las entidades conectadas tienen una relación. El modelo basado en grafos permite representar entidades que generalmente forman una red, tales como la infraestructura de las redes de comunicaciones, redes de carreteras, redes de tuberías, etc. Esto puede también corresponder a una o más redes virtuales sobrepuestas sobre redes físicas. Por ejemplo, una topología lógica formada por una red de computadoras.

IV.6.4 Modelo semántico

En este modelo, el concepto de lugar es definido de manera relativa a un punto o espacio físico geográfico bien definido. Cada lugar tiene asociado un nombre único con respecto al punto o lugar de referencia. Este modelo se utiliza para vincular una posición espacial geográficamente definida a través de coordenadas mediante algún proceso, y obtener con esto una descripción de lugar correspondiente, el cual resulta mucho más amigable al usuario [Hightower, 2003]. Como principal objetivo, este modelo tiene la automatización del proceso de transformar un punto de localización física a una localización definida semánticamente.

Consideramos que los modelos geométricos y semánticos responden mejor a los requerimientos y necesidades tecnológicas identificadas en los casos de estudio. Estos modelos han sido utilizados anteriormente en proyectos que abordan el problema de la localización de objetos y/o personas como Cricket y RADAR. Sistemas comerciales como Exavera, Ubisense y Radianse utilizan también ambos modelos. Asimismo, dentro de los desarrollos hechos en el grupo Calafia del CICESE [Rodríguez y Favela, 2003], estos modelos han sido adoptados previamente. Esto es debido principalmente, a que el modelo geométrico es una consecuencia directa de representar espacios físicos en forma de mapas, y colocar sobre ellos entidades.

IV.7 Modelo de proximidad

Uno de los factores clave para el descubrimiento de servicios basados en proximidad física, es precisamente el concepto de proximidad. La clave para una correcta asociación entre servicios y espacios físicos es qué criterio geográficamente hablando se deben usar cuando se buscan servicios por proximidad. Existen básicamente dos modelos que son ampliamente usados para determinar que servicios seleccionar: El modelo basado en distancia y el modelo basado en el ámbito.

En el modelo basado en distancia (*distance-based model*), el cliente selecciona los servicios que se encuentran dentro de una distancia a partir de su posición actual (figura 28). Dado que la proximidad es un valor relativo y lo que se percibe como próximo puede variar de manera drástica de acuerdo a las actividades que el cliente esté desarrollando, bajo este modelo se debe prever de algún mecanismo que permita de manera dinámica cambiar este rango de proximidad. La principal limitación de este modelo, es que la correlación entre el contexto y la proximidad tiende a disminuir conforme el concepto de proximidad comienza a extenderse.

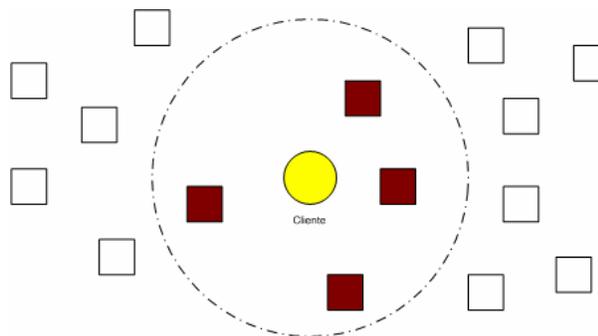


Figura 28. Modelo de selección de servicios basado en distancia. Los cuadros representan servicios distribuidos en un plano. Los cuadros negros representan aquellos servicios dentro de una distancia determinada.

En el modelo basado en el ámbito (*scope-based model*) cada servicio se encuentra asociado con un ámbito que explícitamente representa el contexto de uso de tal servicio dentro de un espacio físico (figura 29). El cliente selecciona aquellos servicios cuyo ámbito incluyen la localización del cliente que los solicita. Esto es, un cliente puede descubrir servicios si este se encuentra dentro de un determinado ámbito y dentro de él existen servicios asociados. La principal característica de este modelo es que la correlación entre contexto y proximidad está asegurada. Los servicios, sin importar a que distancia se encuentren, al ser descubiertos tienen una alta probabilidad de que estos sean relevantes para el usuario que lo solicita.

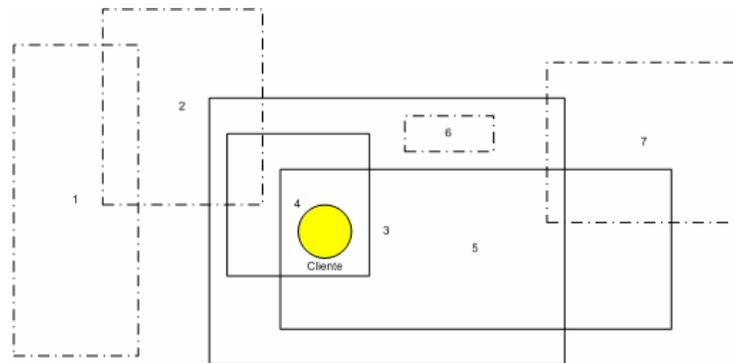


Figura 29. Modelo de selección de servicios basado en el ámbito. Los rectángulos representan el ámbito donde los servicios distribuidos en un plano se registran. Los rectángulos con línea continua indican aquellos ámbitos en los cuales el cliente se encuentra. Con base en estos ámbitos se lleva a cabo el descubrimiento de servicios.

El modelo basado en distancias se centra en descubrir aquellos servicios de acuerdo a la localización física del servidor que lo provee. Mientras que el modelo basado en ámbito se centra en descubrir servicios que son definidos dentro de un área geográfica determinada. Estas diferencias hacen que cada uno de los modelos tenga aplicaciones diferentes. Mientras que el modelo basado en distancias es más adecuado para aquellos

servicios que tienen una fuerte asociación con un punto específico en el espacio, donde un servicio actúa como una representación electrónica de lugares en el mundo real, por ejemplo, restaurantes, estaciones de gasolina, tiendas departamentales, paradas de autobuses, etc., esto es, entidades fijas, donde la búsqueda del servicio más próximo y la distancia entre el usuario y este es relevante. Por otro lado, el modelo basado en el ámbito es más adecuado para servicios que se encuentran dentro de un área física determinada con límites perfectamente definidos.

Consideramos que el modelo basado en el ámbito responde mejor a los requerimientos y necesidades tecnológicas identificadas en los casos de estudio. Debido principalmente a la capacidad para asociar servicios y localización física. De esta manera el descubrimiento de servicios basados en la localización asume que tienen un ámbito asociado. Esta decisión ha sido motivada esencialmente debido a la posibilidad de definir el rango de proximidad desde una pequeña área hasta un área mucho mayor, sin que necesariamente el número de servicios descubiertos en ella se incrementen.

Al igual que los modelos para representar espacios físicos, el modelo basado en el ámbito ha sido utilizado anteriormente en proyectos que abordan el problema de la localización de objetos y/o personas. Sistemas como los LBS, la arquitectura AROUND [Rui et al., 2003] y otros hacen uso de este modelo.

IV.8 Definición de servicios

Como se ha mencionado anteriormente, los hospitales se caracterizan por ofrecer un ambiente rico en coordinación y colaboración entre el personal de diferentes áreas; un índice alto de intercambio de información, y acceso a la información desde diversas fuentes, así como un alto grado de movilidad de artefactos y personas. Estas características describen un comportamiento entre personas que trabajan en constante movimiento y aquellas que trabajan en un lugar específico, interactuando de la misma manera con objetos tanto estáticos como en movimiento dentro de un espacio físico donde la información se encuentra distribuida [Dahlbom y Ljungberg, 1998].

Como se definió en el capítulo III, un servicio es una entidad que puede ser usada por una persona, un programa de cómputo, o cualquier otra entidad. Por ejemplo un archivo, un dispositivo de almacenamiento, una computadora, etc. Donde, el descubrimiento de servicios es la actividad que permite encontrar y hacer uso de los servicios disponibles en una red de computadoras.

Los artefactos y/o personas sujetos a localización en un ambiente de cómputo ubicuo tienen una característica que comparten con los servicios tradicionales de una red, como impresoras, faxes, etc., ambos requieren ser descubiertos dentro de un espacio físico. Es decir, durante una búsqueda de servicios dentro de un espacio físico determinado, no sólo interesa conocer los servicios disponibles en él para dar soporte a las actividades, sino que también interesa conocer aquellas personas que se encuentran en él, con el propósito de interactuar con ellas. Si se considera a estos artefactos y/o personas sujetos a localización como servicios que se registran en un ámbito en particular, entonces los

mecanismos de descubrimiento de servicios nos permitirán descubrirlos cuando entran o salen dentro del ámbito asociado al espacio físico, y con ello realizar solicitudes para conocer sus atributos (tipo, rol, etc.). El hecho de que estos artefactos y/o personas sean considerados como servicios, no significa que estos físicamente proporcionen un servicio a otras entidades, salvo la información misma de que tipo de artefactos o personas son y donde se encuentra.

Por ejemplo, si dentro de un ámbito se encuentran registrados artefactos del tipo mobiliario y equipo médico móvil, digamos una silla de ruedas y un equipo de ultrasonido portátil. Y adicionalmente se encuentran registrados en el mismo ámbito artefactos de función específica, como una impresora. Cuando se realice una búsqueda de los servicios ofrecidos en ese ámbito se mostrará tanto la impresora, como la silla de ruedas y el equipo de ultrasonido portátil. Desde luego, el descubrimiento de una impresora tiene implícito que puede usarse ese servicio computacionalmente hablando, sin embargo no así con la silla de ruedas o el equipo de ultrasonido portátil, salvo proporcionar la información descriptiva de lo que es y de que se encuentra en ese ámbito. De manera similar se puede trasladar esto hacia personas.

IV.9 Identificación del usuario

En un ambiente de cómputo ubicuo la búsqueda de servicios responde a variables contextuales como la ubicación del usuario y su identificación. Mientras que la ubicación permite obtener aquellos servicios próximos al usuario, la identificación del usuario le permite tener acceso a tales servicios.

Bajo esta premisa un usuario puede obtener una lista de servicios disponibles en el ambiente realizando una petición de manera anónima, sin embargo, los servicios listados pudieran no ser todos los disponibles en él. Esto es debido a que ciertos servicios podrían requerir que para que el usuario pueda descubrirlos, proporcione información adicional acerca de él, tal como el rol de trabajo, o un pseudónimo que permita identificarlo. De esta manera los servicios son descubiertos con base a quién los solicita.

IV.10 Control de acceso a la información de localización

Hablar de cómputo ubicuo y particularmente de un sistema de localización cuyo propósito es conocer la ubicación de personas requiere tomar en cuenta el factor de privacidad. A pesar de los beneficios que promete el cómputo ubicuo en ambiente de hospitales, una de las principales barreras en la adopción de este tipo de tecnologías es precisamente la preocupación de la privacidad por parte de los usuarios del sistema [Privat y Thibaud, 2003; Rice, 2002]. Un ejemplo claro de esto, es el trabajo realizado por el Intel Research de Berkeley [Privat y Thibaud, 2003] donde a través de entrevistas y situaciones muestra la preocupación existente de los individuos con respecto a la privacidad cuando estos son sujetos a localización.

Recientemente el IETF a través del grupo de trabajo Geopriv¹⁹ ha abordado el problema de la privacidad cuando una persona es sujeta a localización. El grupo Geopriv aborda el problema desde el punto de vista de la liberación de la información de presencia y la información geoespacial.

¹⁹ Geopriv, <http://www.ietf.org/html.charters/geopriv-charter.html>

Mientras que la liberación de presencia indica que una persona está en línea o conectado al sistema, la información geoespacial indica adicionalmente donde se encuentra ésta. Mucho trabajo existe al respecto de la privacidad con respecto al concepto de presencia, estudios y mecanismos existentes actualmente abordan este problema, y básicamente recaen en el paradigma de mensajería instantánea. Sin embargo, el problema de la liberación de la información de geolocalización comienza a ganar interés, conforme los sistemas de localización comienzan a ser económicamente viables.

Con respecto a esto, el grupo de trabajo Geopriv del IETF ha tomado participación y realizado los estudios necesarios, con el propósito de proponer un estándar que garantice la privacidad del usuario. Hasta ahora, el grupo Geopriv ha generado un par de RFC's y otras recomendaciones. Mucho del trabajo realizado hasta ahora por el grupo se encuentra en revisión, sin embargo existen definiciones de reglas y mecanismos concretos, ambos en formato XML, los cuales permiten controlar directamente al usuario cuándo, a quiénes, en qué lugar y bajo qué circunstancias proporcionar la información de geolocalización a otros usuarios o entidades que lo soliciten.

El grupo Geopriv se apoya de formatos y arquitecturas existentes previamente aprobadas por el IETF y propone varios elementos que ayudan a garantizar la privacidad, muchos de los cuales tienen una arquitectura de mensajería instantánea similar a la ofrecida por el XMPP²⁰ (Extensible Messaging and Presence Protocol) o SIMPLE²¹ (SIP for Instant

²⁰ Extensible Messaging and Presence Protocol, <http://www.xmpp.org/>

²¹ SIMPLE, <http://www.ietf.org/html.charters/simple-charter.html>

Messaging and Presence Leveraging Extensions) y otros de ellos siguen un modelo *Publish/Subscriber*, aunque no necesariamente.

Hablar del control de la información de geolocalización de un usuario que se libera a otras entidades es relevante. El usuario debe poder definir cuándo (día y hora), a quiénes, dónde (lugar) y bajo qué circunstancias (estado del usuario) se libera la información de localización. Estos mecanismos definidos por el grupo Geopriv pueden ser fácilmente trasladados de manera general hacia los artefactos, no con el propósito de proteger la privacidad de los mismos, debido a que no existe tal concepto en ellos, sino de extender los mecanismos de descubrimiento de servicios, aplicando estas restricciones para definir quién y bajo qué circunstancia puede descubrirlos.

Aplicando de manera general estas restricciones a todos los servicios registrados (artefactos y personas), una entidad con base en ellas puede realizar una búsqueda no sólo con base en la localización, sino también tomar en cuenta el usuario que lo solicita.

IV.11 Conclusiones

En este capítulo se han analizado diferentes factores y decisiones que sirven como base para el diseño de una arquitectura que dé soporte al descubrimiento de servicios con base en la localización física del usuario que los solicita. Se parte de la descripción de los mecanismos y arquitectura utilizada por los sistemas que ofrecen servicios basados en la localización, así como también se explica el fenómeno de movilidad local, y los trabajos de investigación del grupo Calafia del CICESE que motiva este trabajo de tesis. En este capítulo se han abordado puntos clave para el diseño de la arquitectura, tales como la

representación de los espacios físicos y el modelo de proximidad, los cuales sirven como base para el registro y búsqueda de servicios que se describirán en el siguiente capítulo. Dos de los puntos relevantes del actual capítulo comprenden la manera en que las entidades sujetas a localización, tales como personas y artefactos, son consideradas como servicios y la definición de políticas que permiten el control del acceso de la información de localización, permitiendo limitar la búsqueda de servicios a entidades autorizadas. Estos dos puntos incluyen el aspecto de privacidad en el caso de personas sujetas a localización, de manera que protege quiénes, cuándo, dónde y bajo qué circunstancias pueden ser descubiertas. En el siguiente capítulo se muestra y describe cada uno de los componentes de la arquitectura propuesta, como resultado de lo expuesto en este capítulo.

Capítulo V

Arquitectura para el descubrimiento de servicios

V.1 Introducción

Con base en las consideraciones hechas en el capítulo anterior, se ha realizado el diseño de una arquitectura que ofrece soporte al descubrimiento de servicios basados en la proximidad física del cliente que lo solicita. Dicho diseño adopta el paradigma seguido por la IMPA (*Instant Messaging and Presence Awareness*) y particularmente descansa sobre XMPP, utilizando prácticamente cualquier servidor Jabber²².

En este capítulo se presenta la arquitectura, requerimientos, diseño y funcionalidad de los mecanismos utilizados para el descubrimiento de servicios. Los componentes de la arquitectura propuesta son principalmente: Sistema de localización, Servidor de espacios físicos, Servidor de localización, Generador de políticas, Agentes SALSA de uso general.

V.2 Requerimientos

Debido a que la arquitectura propuesta descansa en el estándar XMPP, requiere del uso de un servidor Jabber. Este servidor Jabber como se ha mencionado anteriormente funciona de manera centralizada y es al cual los clientes Jabber se conectan. Por lo que el uso de un servidor Jabber es imprescindible.

²² Jabber, <http://www.jabber.org/>

Sin embargo, la sola presencia de un servidor Jabber no es suficiente. La arquitectura propuesta hace uso de protocolos desarrollados por la JSF²³ (*Jabber Software Foundation*) conocidos como extensiones al protocolo Jabber JEP²⁴ (*Jabber Enhancement Proposals*). Por lo que un servidor Jabber con tales protocolos es necesario.

Gracias a la aceptación que esta tecnología ha tenido, así como también el rápido desarrollo de herramientas tecnológicas por parte de la comunidad Jabber, existen hoy en día un considerable número de servidores²⁵ Jabber para diferentes plataformas que dan soporte a las extensiones requeridas. La arquitectura propuesta particularmente hace uso de las siguientes extensiones:

- JEP-0030: Service Discovery²⁶
- JEP-0045: Multi-User Chat²⁷

Algunos de los servidores más populares que actualmente dan soporte a estas extensiones se listan a continuación:

- ejabberd
- jabberd 1.x
- jabberd 2.x
- Jive Messenger

²³ Jabber Software Foundation, <http://www.jabber.org/jsf/>

²⁴ Jabber Enhancement Proposals, <http://www.jabber.org/jeps/>

²⁵ Servidores Jabber, <http://www.jabber.org/software/servers.shtml>

²⁶ Service Discovery, <http://www.jabber.org/jeps/jep-0030.html>

²⁷ Multi-User Chat, <http://www.jabber.org/jeps/jep-0045.html>

Todos y cada uno de ellos con licencia GPL disponibles para MacOS X, Linux y Windows, entre otras plataformas. De la misma manera, la arquitectura propuesta hace uso de las siguientes extensiones:

- JEP-0080: User Geolocation²⁸
- JEP-0146: Remote Controlling Clients²⁹

A diferencia de las otras extensiones, estas son implementadas en el lado de los clientes, por lo que es transparente su uso para el servidor Jabber utilizado.

V.2.1 SALSA middleware

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, durante los últimos dos años, el grupo Calafia del CICESE ha realizado diversos casos de estudios en Hospital. Estos han permitido el diseño, desarrollo y evaluación de diferentes tecnologías de cómputo ubicuo que ofrecen soporte a los procesos y actividades desarrolladas en el Hospital.

Una de estas tecnologías desarrolladas es SALSA (*Simple Agent Library for Seamless Applications*). SALSA es un marco de clases que provee un conjunto de clases abstractas y mecanismos para el desarrollo de agentes autónomos que representan usuarios y/o servicios [Rodríguez y Favela, 2003]. Un agente SALSA puede ser ejecutado directamente por el usuario o automáticamente bajo ciertas condiciones. Asimismo, un agente SALSA puede ejecutarse en un PDA, un servidor o cualquier otra computadora.

²⁸ User Geolocation, <http://www.jabber.org/jeps/jep-0080.html>

²⁹ Remote Controlling Clients, <http://www.jabber.org/jeps/jep-0146.html>

SALSA hace uso de XMPP (*Extensible Messaging and Presence Protocol*) utilizando cualquier servidor Jabber como *Broker*. Este servidor es utilizado por los agentes SALSA para la comunicación mediante mensajes XML. Básicamente, un agente SALSA contiene un cliente Jabber y un subsistema que implementa el comportamiento autónomo del agente. Un agente SALSA contiene diferentes componentes: cuenta con un protocolo para su registro en un directorio de agentes; un cliente jabber a través del cual usuarios, agentes representando usuario o servicios interactúan enviando mensajes XML; y finalmente un sistema de autonomía que incluye los componentes de percepción, razonamiento y acción. El módulo de percepción es el encargado de recolectar la información contextual del ambiente a través de sensores o directamente mediante la comunicación con el usuario, otros agentes o servicios a través del cliente de mensajería instantánea. El componente de razonamiento permite determinar la acción que el agente debe tomar. La figura 30 muestra el modelo que el marco de clases SALSA utiliza para la comunicación de agentes.

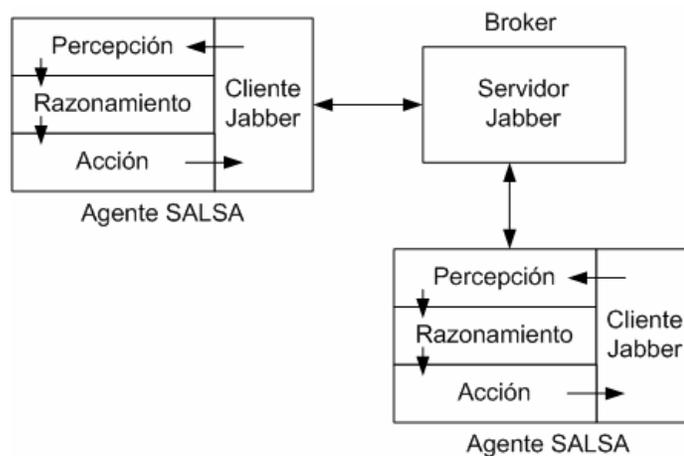


Figura 30. Modelo de comunicación entre agentes SALSA y el servidor Jabber.

SALSA ha sido desarrollado en Java y el trabajo realizado durante esta tesis utiliza como base este marco de clases con el propósito de extenderlo y facilitar el desarrollo de un prototipo de la arquitectura propuesta.

V.3 Arquitectura

Los elementos que componen la arquitectura se muestran en la figura 35 y son descritos a continuación:

Sistema de localización

Como se mencionó en el capítulo IV, en un ambiente médico de Hospital se requiere de la localización de artefactos, equipo médico, paciente y personas en general. De la misma manera, se describió en el capítulo II diferentes sistemas de localización como Active Badge y Active Bat, los cuales utilizan el modelo basado en la red para estimar la localización.

En el mismo capítulo se presentaron también diferentes sistemas comerciales disponibles hoy en día que utilizan el mismo modelo. Radianse, Exavera y Ubisense, por mencionar sólo algunos, son ejemplo de estos sistemas. De manera general, estos sistemas tanto comerciales como proyectos científicos y académicos, permiten la localización de dispositivos que pueden ser asociados a un artefacto o persona y con base en ello estimar la localización. Estos sistemas están basados en el modelo geométrico por lo que utilizan información de localización en formato físico, es decir, numérica en forma de coordenadas que localizan un dispositivo en un plano representando el espacio físico.

No es el propósito de este proyecto de tesis el crear un sistema de localización, sin embargo, la arquitectura propuesta requiere obtener el valor geométrico de la localización, por lo que asume la existencia de uno con las características ya mencionadas.

Asumiendo esto, el **sistema de localización** es la entidad responsable de calcular la localización de objetos y/o personas. Donde, cada objeto y/o persona sujeto a localización es representado por un agente SALSA que es conciente de las coordenadas (x,y) que determinan su localización en el plano geométrico. Tales coordenadas representan la ubicación del agente SALSA en un tiempo dado sobre un plano que representa el equivalente al espacio físico. Esta es la información que varía con el tiempo en función del movimiento de los objetos y/o personas. Cada agente SALSA que representa un objeto y/o persona sujeto a localización es autónomo e independiente de otros agentes. Cada agente SALSA en el **sistema de localización** es cargado y reside en un solo servidor de manera centralizada. En la figura 31 se muestra el modelo empleado para representar entidades sujetas a localización y como estas son representadas por agentes SALSA.

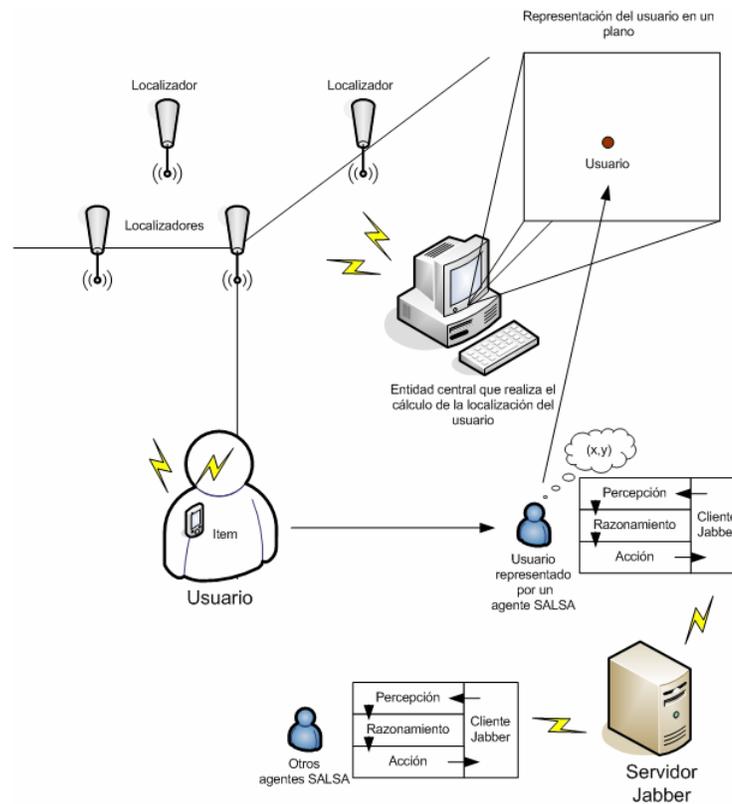


Figura 31. Sistema de localización basado en la red.

Servidor de espacios físicos

De acuerdo con el modelo geométrico, los espacios físicos o áreas de interés, son representados geoméricamente a través de polígonos. Estos tienen un valor semántico para los usuarios, tales como un piso, un cuarto, una sección determinada, etc. Estos polígonos que representan espacios físicos tienden a estar almacenados de manera centralizada en una entidad la cual es responsable o bien de distribuirlos, o bien de manejar las peticiones de otras entidades, con el propósito de transformar coordenadas espaciales a valores semánticos más manejables para el usuario final.

El **servidor de espacios físicos** es precisamente la entidad responsable de realizar esto en la arquitectura propuesta. El **servidor de espacios físicos** es la principal entidad donde descansa la arquitectura y es la que dá de manera indirecta el ámbito de manera automática a cada servicio que se registra. Funciona de manera similar a un servidor DNS transformando coordenadas espaciales a valores semánticos, con sus respectivos límites geométricos de los polígonos que las representa. El **servidor de espacios físicos** (figura 32) es representado por un agente SALSA que es cargado en una computadora diferente que el sistema de localización, y es la principal entidad a ser descubierta por el resto de las entidades del sistema, debido a que sin esta el ámbito de los servicios se pierde.

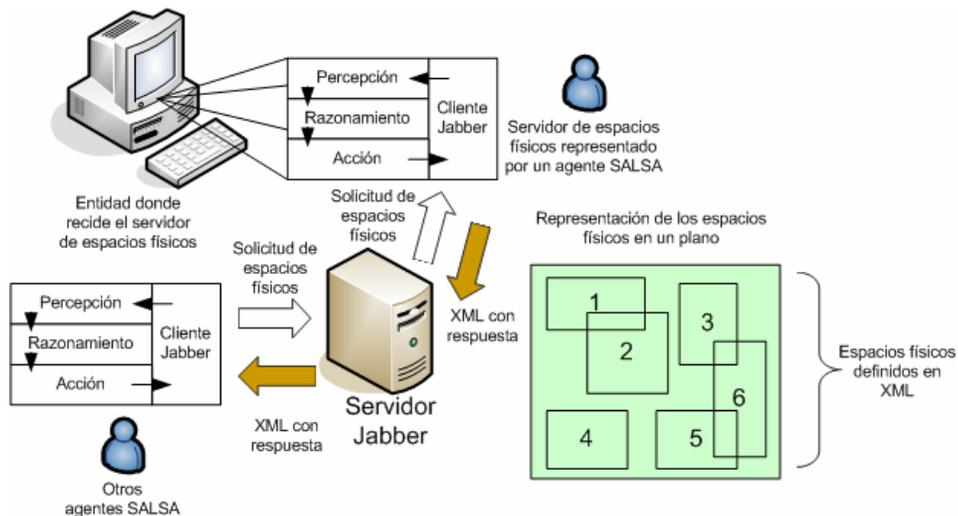


Figura 32. Servidor de espacios físicos.

Generador de políticas

En el capítulo IV se discutió la importancia de ofrecer un control sobre la liberación de la información de localización de usuarios. También se mencionaron los esfuerzos que el grupo Geopriv del IETF ha realizado hasta ahora al respecto. El **generador de políticas** (figura 33) es una entidad que puede o no residir en el mismo lugar que el **sistema de localización**. El propósito de esta entidad es ofrecer una interfaz que permita editar las políticas que controlan cuándo, dónde y quiénes tienen derecho a descubrir servicios. Esta entidad puede también residir en un dispositivo móvil, de manera que permita editar las políticas particularmente para ese dispositivo. Esta entidad puede también funcionar de manera centralizada, permitiendo con esto, editar políticas individuales de un conjunto de servicios.

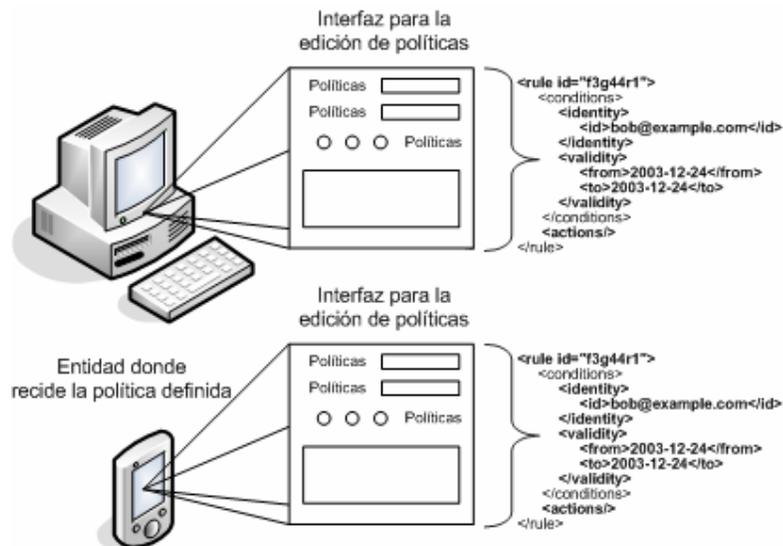


Figura 33. Generador de políticas.

Servidor de localización

El **servidor de localización**, a diferencia del **servidor de espacios físicos**, es una entidad de la cual la arquitectura puede prescindir. Sin embargo, si el **servidor de localización** es agregado, la arquitectura puede responder a nuevas variables las cuales se explicarán mas adelante.

El **servidor de localización** (figura 34) es una entidad representada por un agente SALSA, el cual tiene el propósito de contener la información de la localización de las entidades que así se la proporcionen. Las entidades que deseen dar a conocer su información de localización, se suscriben al **servidor de localización** y una vez validada y aceptada la suscripción, las entidades suscritas de manera periódica envían a este la información de localización. En el proceso de validación, las entidades que envían la información de localización al **servidor de localización**, envían las políticas que permiten restringir las consultas de entidades no autorizadas.

El **servidor de localización** tiene dos componentes auxiliares: **contenedor de políticas** y el **contenedor de localización**. El primero almacena temporalmente las políticas que las entidades le hacen llegar durante el proceso de suscripción. El segundo, permite almacenar temporalmente la información de localización de una entidad en particular y actualizarla conforme la entidad la proporcione.

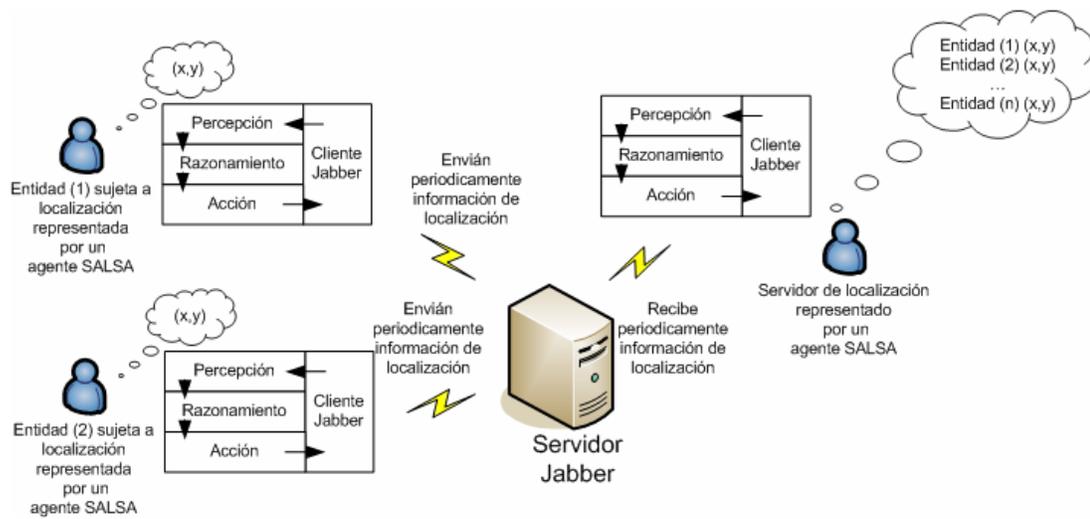


Figura 34. Servidor de localización.

Agentes SALSAs de uso general

Dada las características con las cuales el *middleware* de SALSAs fue creado, un agente de este tipo puede representar servicios, dispositivos o usuarios. Siguiendo esta pauta, cualquier entidad representada por un agente SALSAs pudiera requerir realizar búsquedas de servicios. Un agente SALSAs pudiera residir en una computadora personal de un usuario y realizar una búsqueda, consumir información de localización de otras entidades o tener asignado un ámbito asociado y recibir peticiones de descubrimiento de servicios.

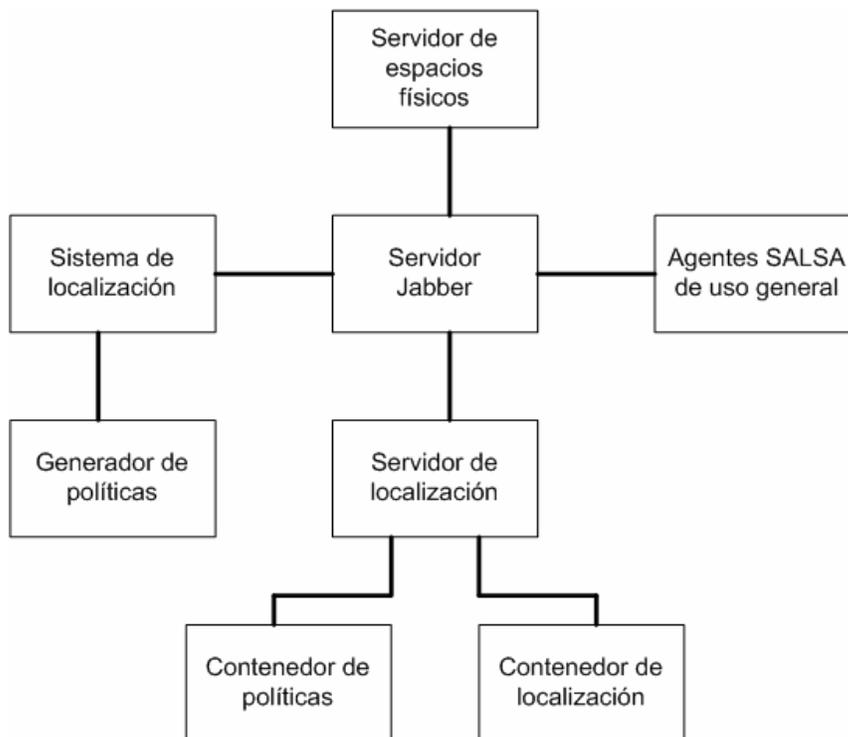


Figura 35. Arquitectura propuesta para el descubrimiento de servicios basados en proximidad.

V.4 Políticas de control para el descubrimiento de servicios

En el capítulo IV se mencionó la importancia de ofrecer un control sobre la liberación de la información de localización de usuarios. También se mencionó los esfuerzos que el grupo Geopriv del IETF ha realizado hasta ahora al respecto y sobre cómo estos esfuerzos pueden trasladarse hacia la manera de restringir el descubrimiento de servicios. Estas políticas están inspiradas principalmente en el RFC 3669 del grupo Geopriv del IETF, así como de los borradores correspondientes de *policy* y *common policy* del mismo grupo.

Una de las principales tareas del grupo Geopriv, es abordar los requerimientos que deben ser cubiertos con respecto a la autorización, integridad y privacidad al liberar la información de localización de un usuario cuando este es susceptible de localización. Requerimientos que han sido plasmados en el RFC 3669 y ahora el grupo Geopriv se ha enfocado en como representar la información de localización y presencia, así como los mecanismos para protegerla. El grupo Geopriv no pretende crear un nuevo formato que represente la localización del usuario y presencia, sino por el contrario pretende la utilización de un formato existente y ya estandarizado con el propósito de enriquecerlo y alcanzar los objetivos propuestos.

El grupo Geopriv ha identificado un conjunto de elementos en el RFC 3693 los cuales intervienen al momento de localizar un dispositivo, ya sea que el proceso de estimar esta localización sea llevada a cabo con base en la red o con base en el dispositivo. Estos elementos pueden ser vistos como una arquitectura similar a la ocupada en la mensajería instantánea o bien como un modelo *Publish/Subscriber*; ambas arquitecturas con similitudes entre sí. El grupo Geopriv argumenta que el concepto de presencia de estas arquitecturas puede ser fácilmente trasladable y extendido como una consecuencia directa a la localización de dispositivos asociados a personas. De hecho, el grupo Geopriv ha considerado el uso de un protocolo estandarizado como SIMPLE y XMPP, debido principalmente a la similitud de los elementos que en su trabajo ha identificado.

El grupo Geopriv en su borrador *Common Policy*, cuyo proceso de revisión expira el 22 de Agosto del 2005, define los mecanismos base para entregar la información de localización incorporada en los mensajes presencia. Nosotros creemos que estos

mecanismos básicos, que permiten un control de acceso a la información de presencia y localización de un usuario, pueden ser extendidos y trasladados de manera sencilla hacia otros dominios de aplicación. Por ende, estos son el punto de interés de esta sección.

Los mecanismos propuestos por el Geopriv definen un documento XML que representa la política asociada a una entidad. Dentro del documento se incorporan todas las reglas que el usuario define. Estas reglas pueden ser una o varias. Cuando una entidad solicita información de localización de un usuario que contiene estas reglas, cada una de ellas es revisada. Si una o varias reglas coinciden entonces es liberada la información, de lo contrario es denegada. Cada una de las reglas contiene a su vez tres secciones: condiciones, acciones y transformaciones.

La sección de condiciones define todas y cada una de las restricciones que deben ser satisfechas por una entidad para que esta tenga acceso a la información que solicita. Cabe mencionar que a pesar de que una entidad satisfaga cada las restricciones impuestas por el usuario, puede no recibir la información de localización completa.

La sección de acciones, es un conjunto de procesos que el usuario solicita a la entidad. Estas acciones no han sido definidas por el Geopriv, y están pensadas para ser usadas a nivel aplicación y no a nivel usuario.

La sección de transformación indica aquellas modificaciones que se deben hacer a la información de localización antes de ser entregada. Por ejemplo, mientras que un usuario puede imponer condiciones a una entidad y esta satisfacerlas por completo, el usuario puede indicar a la regla que reduzca la precisión de su localización, o bien ubicar la

información de localización del usuario en un piso en lugar de detallar en qué cuarto del piso se encuentra.

Estos mecanismos sugeridos por el grupo Geopriv son utilizados en la arquitectura propuesta para el descubrimiento de servicios de esta tesis. Estos han sido adaptados y trasladados de manera sencilla, de modo que cada servicio que es registrado en un ámbito las contiene. Como es de suponer, estas restricciones deben ser satisfechas por una entidad al momento de realizar la búsqueda de servicios en dicho ámbito. Dada la importancia de estos mecanismos se definen a continuación las condiciones y transformaciones. Las acciones no son explicadas en esta tesis debido a que no se han sido definidas por el grupo Geopriv al momento de redactar esta tesis.

V.4.1 Condiciones

La sección de condiciones define una serie de etiquetas, las cuales combinadas permiten diversidad de acceso a la información por parte de una entidad que la solicita. Estas etiquetas son: *identity*, *sphere*, *validity*, *civic-loc-condition*, *geospatial-loc-condition*. Permitiendo restricciones en cuanto a quienes, bajo qué estado, en qué tiempo y en qué lugar tienen acceso a la información de localización del usuario.

La etiqueta *identity* define quienes tienen acceso a la información, por ejemplo el siguiente fragmento XML contiene la etiqueta *id*, la cual indica el ID de la entidad que tiene acceso.

```
<identity>  
  <id>alice@example.com</id>  
  <id>bob@example.com</id>  
</identity>
```

Dentro de la definición de la etiqueta *identity*, se puede englobar aquellas entidades de un dominio determinado. En el siguiente fragmento se muestra la etiqueta *domain* y *except*. Esta última permite cancelar el acceso de entidades dentro del dominio definido en *domain*.

```
<identity>  
  <domain>example.com</domain>  
  <except>joe</except>  
  <except>tony</except>  
  <except>mike</except>  
</identity>
```

De la misma manera la etiqueta *identity* define acceso de manera anónima a través de *anonymous* o bien el acceso a todas las entidades solicitantes con *any-identity*. Las etiquetas definidas dentro de *conditions* incluyen la etiqueta *sphere*. Con ella se indica el estado del usuario de quién se desea conocer su localización. Restringiendo de esta manera el acceso a la información en función del estado del usuario. Dentro de la mensajería instantánea, el estado es la información que generalmente acompaña a la información de presencia, indicando si un usuario se encuentra disponible, ocupado, fuera de su escritorio, etc.

Otra etiqueta dentro de *conditions* es *validity*. Los datos contenidos en ella definen restricciones temporales, definiendo el periodo en fecha y hora de la disponibilidad de la información de localización. A continuación se muestra la definición de la etiqueta *validity*.

```
<validity>
  <from>2003-08-15T10:20:00.000-05:00</from>
  <to>2003-09-15T10:20:00.000-05:00</to>
</validity>
```

Finalmente dentro de las restricciones que pueden ser puestas dentro de la etiqueta *conditions* se encuentran *civic-loc-condition* y *geospatial-loc-condition*. Ambas etiquetas imponen restricciones de lugar. Ambas permiten definir los lugares en que el usuario puede liberar la información de localización. Por un lado *civic-loc-condition* define un lugar en formato civil, es decir, del tipo dirección tal como país, estado, ciudad, colonia, etc. *geospatial-loc-condition* permite definir lugares a través de formas geométricas en un plano espacial, de manera que si las coordenadas geométricas del usuario se encuentran dentro de esta forma, la información es entregada.

V.4.2 Transformaciones

Como se mencionó anteriormente las transformaciones indican aquellas modificaciones que se deben hacer a la información de localización antes de ser entregada. Las transformaciones están definidas por la etiqueta *transformations*. Debido a que la información de localización que es entregada puede estar definida en formato civil o formato geométrico, las transformaciones son hechas en ambos formatos, por ejemplo

<civic-loc-transformation>city</civic-loc-transformation> define que una vez satisfechas las condiciones impuestas por el usuario, al liberar la información de localización se aplica previamente la transformación, en este caso sólo se libera la información civil del usuario indicando en qué ciudad de encuentra. Por otro lado la etiqueta <geospatial-loc-transformation> transforma la información de localización en formato geométrico, aplicando para ello un ajuste en la precisión de los valores, pudiendo ubicar al usuario dentro de un rango en particular.

V.5 Nombrado de servicios

El nombrado de servicios es la manera en que un servicio es descrito en cuanto a lo que ofrece, así como sus características. El grupo SRVLOC del IETF realizó un buen trabajo al respecto, al permitir que SLP pueda buscar a través de un tipo en particular de servicio, aunado a atributos específicos. Atributos que pueden ser definidos de manera arbitraria siguiendo un patrón al momento de definirlos. Consideramos para el propósito de la arquitectura que el esquema propuesto por el IETF es adecuado, por lo que dicho esquema es utilizado para el nombrado de servicios.

SLP utiliza esquemas del tipo URL para describir un servicio llamado Service URL, esquema que son definidos en el RFC 2609. Dicho RFC también describe cómo se definen atributos asociados a un servicio.

Los atributos permiten al usuario o aplicación seleccionar el servicio que mejor se adapta a sus necesidades entre varios servicios del mismo tipo. La información contenida

en una Service URL debe ser suficiente para que un cliente pueda acceder al servicio descubierto. El formato que sigue un Service URL es:

```
service:<service-type>:<site><url-part>
```

Donde: <service-type> define el tipo de servicio, <site> indica la dirección IP, o URL asociado al recurso que ofrece el servicio, <url-part> incluye información de dónde localizar el servicio, así como una lista de atributos que son requeridos para acceder al servicio. En SLP las búsquedas de servicios se realizan indicando el tipo de servicio requerido. A continuación se muestra un ejemplo de la definición de un servicio, así como también de algunos atributos asociados.

```
service:printer//192.168.1.1:http://www.serviceinfo.edu/printer  
[description = impresora laser ppt]  
[location = Enfermeria]  
[color = no]
```

Los atributos definidos, siempre tienen el formato <etiqueta>=<valor>, donde etiqueta es cualquier identificador que puede ser asignado de manera arbitraria y valor indica el valor o descripción de la etiqueta, la cual puede incluir cualquier valor alfanumérico. Si se realiza una búsqueda de un servicio debe proporcionarse un tipo tal y como este fue definido. El ejemplo anterior pudo definirse de la siguiente manera:

service:impresora//192.168.1.1:http://www.serviceinfo.edu/printer

De modo que si se ha de realizar la búsqueda por el tipo “printer” y este ha sido definido como “impresora”, la búsqueda no arrojará resultados. De la misma manera en la búsqueda por atributos debe haber una coincidencia con respecto a las etiquetas a buscar.

A pesar de que SLP puede funcionar con arbitrariedad en la definición del tipo de servicios y atributos, SLP define un conjunto de *Service Templates* los cuales definen de forma concreta tipos de servicios y atributos.

V.6 Descubrimiento del servidor Jabber

Los componentes de la arquitectura propuesta descansan en el paradigma IMPA, particularmente en Jabber. Cada uno de los servicios que son ofrecidos en la red, así como los usuarios son representados por agentes SALSA. Esta plataforma de agentes descansa también en Jabber. Esto significa que cada agente SALSA debe tener un identificador Jabber pero más importante aún, debe configurarse manualmente el servidor al que se conectará. Esto rompe con el esquema de lo que el descubrimiento de servicio automático representa, para solucionar esto se debe de proveer de mecanismos que permitan a los agentes SALSA el descubrimiento del servidor Jabber al que debe conectarse. Consideramos que para este propósito, las diferentes propuestas actuales para el descubrimiento de servicios pueden ofrecer una solución adecuada, e incluso ventajas significativas. Para esto, a continuación se muestran las consideraciones tomadas en cuenta para elegir el protocolo adecuado.

V.6.1 Consideraciones

Como se mencionó en el capítulo III, existen actualmente diferentes propuestas para el descubrimiento de servicios, cada una de ellas ha sido abordada por parte de diversos centros de investigación y empresas, y se han realizado diversas maneras de cómo abordar el diseño y búsqueda de servicios. En cada una de estas existen criterios que determinan las decisiones de diseño del protocolo tomando en consideración las necesidades que pretenda cubrir. Debido a esto, la selección de un protocolo adecuado es importante

Centralizado o punto a punto: Dada la infraestructura centralizada de la arquitectura propuesta consideramos que un protocolo centralizado puede cubrir estas expectativas. A diferencia de un modelo punto a punto, un modelo centralizado permite además la escalabilidad. SLP, Jini, DNS-DS pueden ser usados de manera centralizada.

Costos: Los costos involucrados en la selección de un protocolo pueden ser el uso y disponibilidad de una tecnología en particular, incluyendo el uso de licencias, o prerequisites. Cada uno de los protocolos analizados en el capítulo III son libres de costos, a excepción de Jini el cual requiere de una licencia en el uso de la versión *Enterprise Edition* de Java, no así para la versión *Standard Edition*. Bluetooth por otro lado depende exclusivamente de esta tecnología, por lo que los costos involucrados para dar soporte a esto en una red se incrementan.

Código abierto: A pesar de que los protocolos mencionados en el capítulo III son libres de costo, no significa que sea código abierto o estandarizado. Actualmente UPnP y DNS-SD, están en estado de borrador en el IETF, mientras que SLP ha sido liberado. Por

otro lado, la documentación disponible para el uso e implementación del protocolo es importante.

Implementación disponible: UPnP descansa en la plataforma Windows XP, sin embargo existe soporte para Linux. Jini pertenece a Sun Microsystems y es un proyecto que descansa sobre la plataforma Java, pudiendo ejecutarse teóricamente en cualquier sistema operativo que ofrezca una máquina virtual Java. SLP tiene implementaciones en C y Java, tanto para Linux y Windows. SDP depende directamente de Bluetooth, mientras que el resto de los protocolos pueden utilizar la pila TCP/IP independientemente del medio.

Una importancia significativa para el uso de un protocolo de servicios es el grado de automatización que se puede alcanzar con este. Nosotros consideramos que SLP tiene una ventaja significativa sobre el resto de los protocolos. SLP permite la integración con DHCP, lo cual significa que un dispositivo puede realizar de manera automática una petición a un servidor DHCP y con ello obtener los parámetros de red necesarios para autoconfigurarse y adicionalmente obtener el servidor SLP al cual realizar las consultas. De manera similar, DNS-SD puede ofrecer un escenario similar, sin embargo SLP tiene ventaja significativa sobre este. Por un lado SLP es un estándar ya definido, mientras que DNS-SD aún no lo es y como se mencionó existen dos vertientes al respecto. Por otro lado SLP ofrece un mecanismo rico en la búsqueda de servicios basado en el tipo y atributos que se desean, mientras que DNS-SD no lo permite. Bajo estas premisas la arquitectura propuesta utiliza el protocolo SLP para descubrir el servidor Jabber y permitir la interacción de los agentes SALSA con éste.

V.7 Descripción del funcionamiento de la arquitectura

Una entidad sujeta a localización es representada por un agente SALSA, y la localización de esta es llevada a cabo por el sistema de localización de manera centralizada. De la misma manera, las políticas de acceso para el descubrimiento de servicios son definidas de manera centralizada, al igual que la definición del tipo de servicio que ofrecen. Un agente SALSA en su implementación cuenta con un cliente Jabber mediante el cual establece la comunicación con el servidor al cual está registrado, y con ello permite la comunicación con otros agentes. De esta manera, un agente SALSA cuenta con un Jabber-ID del tipo `identificador@servidor_Jabber` que lo identifica, y a su vez identifica al servicio.

La definición del tipo de servicio que el agente SALSA representa, para el caso de las personas, está dada por el rol que desempeñan. Por lo que una definición del tipo `service:persona:doctor//id_persona@servidor_Jabber` denota una persona sujeta a localización que tiene el rol de doctor, y un Jabber-ID del tipo `id_persona@servidor_Jabber` que lo representa. Cualquier agente SALSA que desee obtener información o interactuar con este servicio deberá comunicarse con este identificador a través del servidor Jabber.

La definición del tipo de servicio para artefactos, está dada de manera similar como `service:artefacto:silla_de_rueda//id_artefacto@servidor_Jabber`, el cual representa un artefacto sujeto a localización con un Jabber-ID del tipo `id_artefactor@servidor_Jabber` que lo representa. La definición del resto de los servicios tales como impresoras, copiadoras, scanners, etc., siguen el mismo formato, sólo que se omite el subtipo de servicio, por lo que

una definición del tipo `service:impresora//id_impresora@servidor_Jabber` define una entidad del tipo impresora.

Mientras que los agentes SALSA que representan a artefactos o personas sujetos a localización, son concientes de las coordenadas (x,y) que representan su localización. Dichas coordenadas cambian regularmente con respecto al tiempo, y por consiguiente de espacios físicos. El resto de los agentes SALSA que representan servicios tales como impresoras, copiadoras, etc., mantienen coordenadas (x,y) de manera estática, las cuales fueron definidas al momento de su instalación. Si estos servicios cambian de lugar físico, las coordenadas (x,y) deben ser reajustadas de manera manual. Esto es así, debido principalmente a que el servidor de espacios físicos se pueden definir espacios a través de formas geométricas, las cuales pueden cambiarse sin afectar el comportamiento de los servicios. Una solución posible al problema de asignar manualmente las coordenadas (x,y) a artefactos estáticos, es colocarle un localizador al igual que aquellos que son de carácter móvil. Sin embargo, esto requiere de un costo adicional.

Todos los servicios además de la definición, tienen asociado un conjunto de atributos que distinguen un servicio de otro. Estos atributos cobran mayor fuerza al tratarse de personas, debido principalmente a que estos distinguen una persona de otra y la identidad del individuo está en juego.

V.7.1 Interacción de los componentes

Cuando un componente de la arquitectura es inicializado, este a través de *multicast* busca un servidor SLP. Una vez localizado el servidor SLP, el componente realiza una consulta con el fin de conocer el servidor Jabber al cual debe conectarse. Una vez que el servidor Jabber es conocido, se inicializa el agente SALSA que representa al componente de la arquitectura y con el cual las entidades del sistema deberán interactuar. Cuando un agente SALSA entra en acción, este es conciente de tres cosas:

- Las coordenadas (x,y) que localizan al agente SALSA, ya sea que estas sean de manera automática o porque fueron asignadas manualmente.
- La definición del servicio que ofrecen, así como los atributos del mismo.
- Y finalmente las políticas para el descubrimiento de servicios definidas previamente.

La primera interacción que hace un agente SALSA es solicitar al servidor de espacios físicos la definición de todos aquellos espacios definidos en él (figura 36).

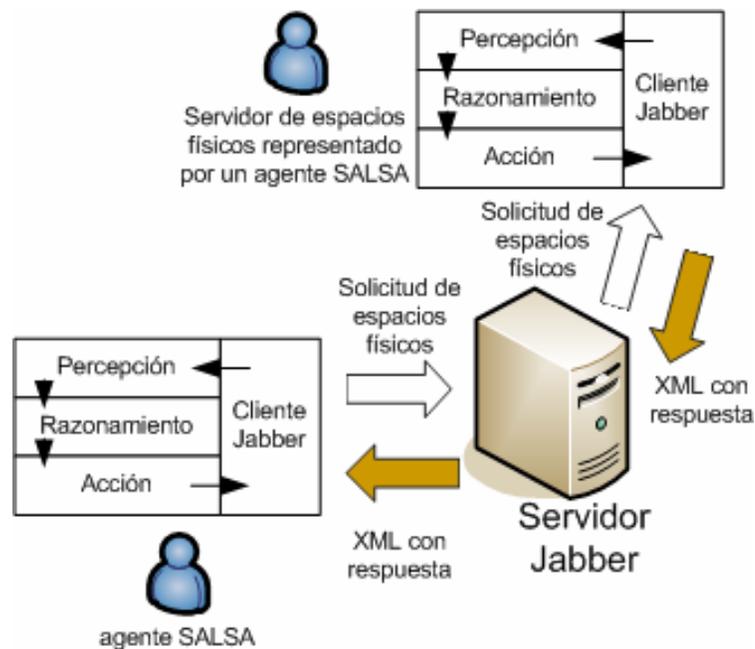


Figura 36 Solicitud de espacios físicos.

Una vez que el agente SALSA contiene las definiciones, este es capaz de determinar a que espacio físico pertenece y asociarse de esta manera a un ámbito en particular. Conforme las coordenadas (x,y) van cambiando con el tiempo, el agente es capaz de detectar estos cambios y trasladarlos a valores semánticos y por consiguiente, ser conciente del ámbito al que pertenece en el transcurso del tiempo. Estos ámbitos definidos en el servidor de espacios físicos tienen asociado un identificador único. Este identificador le permite, además de identificar un área determinada con un ámbito, permite también asociar esta con una sala de conferencia en el servidor Jabber.

Cada vez que un agente SALSA es conciente del ámbito al que pertenece, el agente puede y debe suscribirse a la sala de conferencia asociada. De manera que cada agente SALSA en un mismo ámbito se encuentra igualmente en la misma sala de conferencia. Este

mecanismo permite facilitar la manera en que los servicios son descubiertos, debido principalmente a que el control de los mensajes para tal descubrimiento van dirigidos hacia una sola sala de conferencia y los agentes SALSA en ella, en lugar de hacia todos los servicios en el sistema.

Dos son las principales características de una sala de conferencia que motivan el uso de ellas en este trabajo de tesis. La primera de ellas (figura 37), es que cada vez que una entidad Jabber entra a una sala de conferencia, un mensaje de presencia es enviado hacia el resto de las entidades participantes en la misma conferencia. De igual forma, cuando una entidad Jabber abandona la sala de conferencia, el resto de las entidades son notificadas. De manera que un agente SALSA que se encuentra en una sala de conferencia, es conciente de manera dinámica de cuales entidades participan en todo momento, y sobre todo quiénes han dejado de estarlo. Así, las salas de conferencia permiten garantizar la integridad de los servicios ofrecidos en un ámbito. Asimismo, los mensajes enviados a una sala de conferencia llegan a todos los participantes. Una característica importante en el intercambio de los mensajes de presencia en la sala de conferencia, es que el concepto de lista de contactos (*roster* o *buddy list*) no es necesario, ni tampoco el modelo de suscripción/autorización que esto implica.

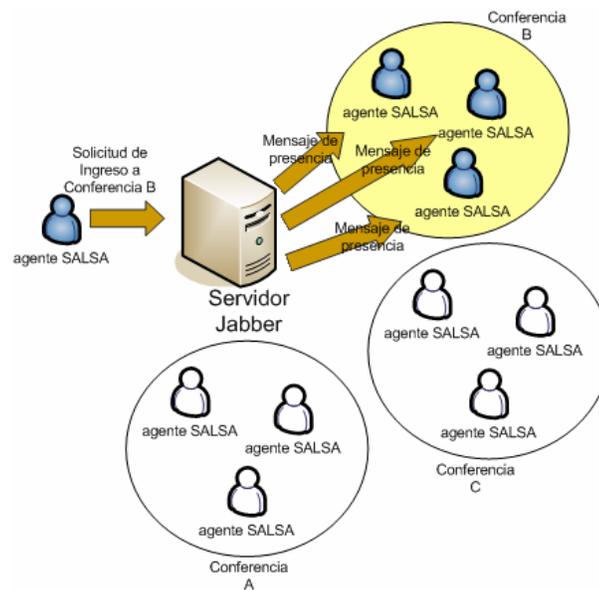


Figura 37. Modelo de mensajes de una conferencia en un servidor Jabber.

La segunda característica de las salas de conferencia en Jabber, es que cada vez que una entidad Jabber entra en ella, debe de hacerlo con un pseudónimo y no con el Jabber-ID originalmente asignado. Esto es, el servidor Jabber permitirá ocultar el Jabber-ID que representa a un agente Salsa, permitiendo el completo anonimato del agente. Este mecanismo facilita la manera en que un agente Salsa que no se desea que sea descubierto, se le puede asociar su Jabber-ID con un servicio en particular. El pseudónimo que los agentes Salsa utilizan al registrarse en una sala de conferencia es generado de manera aleatoria, formando un pseudónimo de diez caracteres alfanuméricos. De manera que cada vez que un agente Salsa cambia de ámbito, el pseudónimo varía, incluso si el agente Salsa sale y vuelve a entrar a un mismo ámbito. El formato del pseudónimo que un agente Salsa adquiere al entrar en una sala de conferencia es:

Identificador_ámbito@conference.servidor_Jabber/pseudónimo

V.7.2 Descubrimiento de servicios

Una vez que un agente SALSA es conciente del ámbito al que pertenece, y de que este es registrado en una sala de conferencia, todos los agentes SALSA en el ámbito dentro de un espacio temporal están listos para ser descubiertos.

El proceso puede llevarse a cabo de dos maneras: proactivamente o de manera reactiva. De manera proactiva, cada vez que un agente SALSA detecta que una nueva entidad Jabber ha entrado en la misma sala de conferencia, este solicita el descubrimiento del servicio asociado a dicha entidad y lo guarda en su cache. Cuando una entidad abandona la misma sala de conferencia el agente SALSA la elimina de su cache.

Por otro lado, la manera reactiva funciona solicitando al servidor Jabber información de que entidades se encuentran en la sala de conferencia. Esta lista está en función de las entidades disponibles en la sala de conferencia en el momento de realizar la petición al servidor. Una vez que se obtiene la lista de estas entidades, el agente SALSA solicita a cada entidad que se descubra en función de los servicios que ofrece. O bien, puede enviar un mensaje directamente a la sala de conferencias solicitando el descubrimiento de servicios, mensaje que llegará a cada una de las entidades participantes, las cuales responderán con el servicio asociado.

Independientemente de que el descubrimiento de servicios se haga de manera proactiva o reactiva, el mecanismo propiamente dicho para el descubrimiento es el mismo. Cada agente SALSA participando en una sala de conferencia tiene asociado una política de descubrimiento. Cuando se realiza una solicitud de descubrimiento de servicios, el agente SALSA que realiza la petición puede hacerlo de dos maneras: anónima o no. De manera

anónima, el agente SALSA incluye en la solicitud de descubrimiento el identificador *anonymous*, de la otra manera el agente SALSA proporciona el Jabber-ID que lo representa.

Cada vez que un agente SALSA recibe una solicitud de descubrimiento, este revisa las reglas de descubrimiento contenidas en la política asignada (figura 38). Si alguna o varias de estas reglas son satisfechas, el agente SALSA responderá con el servicio asociado. De lo contrario, responderá con el servicio *unknown* indicando la incapacidad del agente SALSA solicitante de descubrir este servicio. Estas respuestas son almacenadas en el cache del agente SALSA responsable de la solicitud.

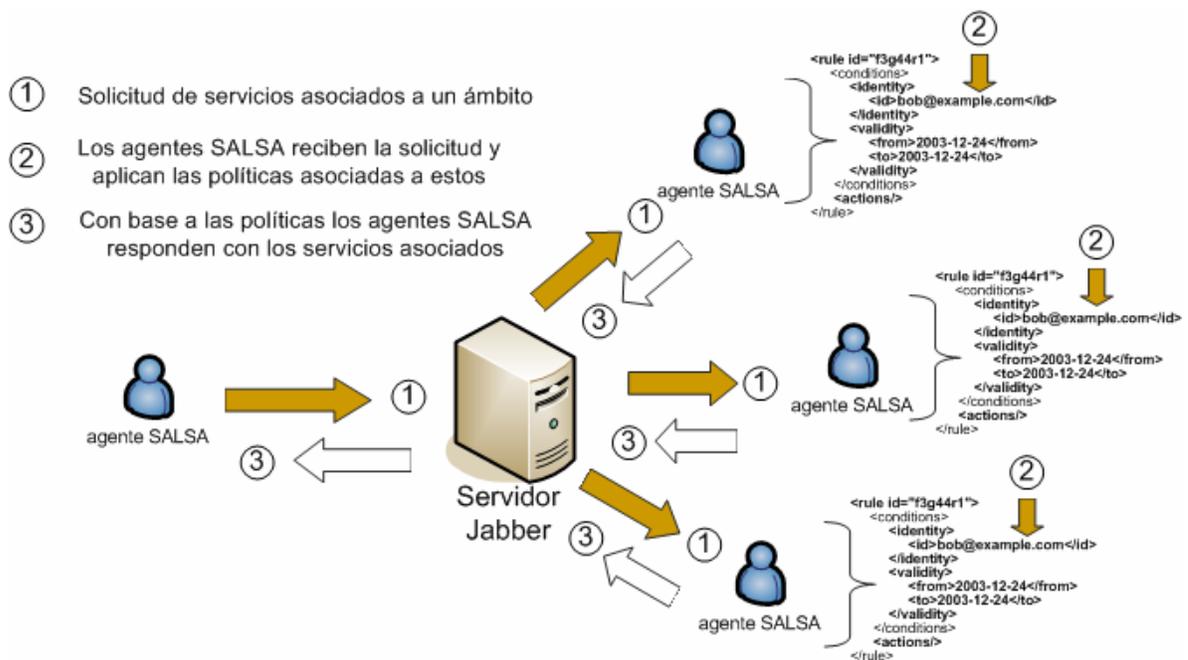


Figura 38. Descubrimiento de servicios sobre un ámbito.

V.7.3 El servidor de localización

Hasta ahora se ha hecho poca referencia al servidor de localización. Como se ha mencionado anteriormente, este elemento de la arquitectura es el responsable de contener la información de la localización de las entidades que se suscriban a él, con el objetivo de dar a conocer esta información a terceras entidades para que la consuman.

Cualquier entidad sujeta a localización que desee dar a conocer su información de localización, se suscribe al Servidor de localización y una vez validada y aceptada la suscripción, la entidad suscrita envía de manera periódica al servidor de localización las coordenadas (x,y) de donde se encuentra. Durante el proceso de suscripción, la entidad que se suscribe envía las políticas de descubrimiento de servicios contenidas en ella, y el servidor de localización las almacena, de la misma manera la entidad envía la descripción del servicio asociado (figura 39).

Con esta información contenida en el servidor de localización de manera centralizada de todas aquellas entidades que se suscriben, la arquitectura es capaz de ofrecer nuevas funcionalidades a la arquitectura. En principio, el servidor de localización puede proveer de la información de localización aplicando las políticas de descubrimiento a aquellas entidades que lo soliciten. Una entidad, puede solicitar la información de localización de cualquier número de entidades, siempre cuando las políticas así lo permitan, la entidad solicitante obtendrá la información. Ahora bien, es posible extender este mecanismo, para realizar consultas de servicios registrados.



Figura 39. Servidor de localización.

V.7.4 Dispositivos asociados a un Agente Salsa sujeto a localización

Un agente Salsa puede representar a un artefacto o persona sujeto a localización, así como también a cualquier usuario, servicio o dispositivo. A pesar de que un agente Salsa que representa una entidad sujeta a localización, tiene un servicio asociado que describe la entidad en cuestión. Una persona sujeta a localización puede o no llevar consigo dispositivos adicionales, tales como PDAs, TabletPC o incluso una computadora portátil, los cuales pueden o no ofrecer servicios. Estos servicios deben ser registrados en el ámbito en que la persona sujeta a localización se encuentra, con el propósito de hacerlos disponibles.

Con esto en mente, se debe contar con un mecanismo mediante el cual asociar un agente Salsa que representa una persona sujeta a localización, con los agentes o agente Salsa que represente los dispositivos y/o servicios que la persona porta. Un mecanismo sencillo para lograr esto es representar cada dispositivo o servicio con el mismo Jabber-ID,

es decir que cada agente SALSA, tanto el que representa a la persona sujeta a localización, como el resto que representa los dispositivos y/o servicios tengan el mismo Jabber-ID. Esto facilita la administración debido a que sólo un Jabber-ID es creado y asociado con una persona.

Para lograr esto, se hace uso de otra de las características del protocolo Jabber, los recursos asociados. Cuando una entidad Jabber se encuentra conectada al servidor al que pertenece, esta tiene asociada un recurso. Este recurso es asignado por el cliente Jabber y tiene el formato siguiente: `identificador@servidor_Jabber/recurso`

Este recurso regularmente es transparente al usuario, debido principalmente a que el usuario hace uso de una sola instancia de la cuenta Jabber y el recurso asociado puede ser omitido. Sin embargo, en otro cliente Jabber o inclusive en el mismo cliente donde inicialmente se inició la cuenta Jabber, puede iniciarse otra instancia de la misma cuenta, con sólo cambiar el recurso asociado. Esto es, en un caso extremo, es posible conectar diferentes instancias de la misma cuenta Jabber de manera simultánea, con el propósito de que cada instancia tenga asociado un recurso diferente.

Esta característica, es la que hace uso la arquitectura propuesta en este trabajo de tesis. En este caso un dispositivo asociado a una persona sujeta a localización, es representado por el mismo Jabber-ID del agente SALSA que representa su localización. Esto no significa que sean el mismo agente, por el contrario cada uno de ellos son autónomos e independientes, cada uno realizando una función diferente. Dos agentes SALSA con el mismo Jabber-ID y recursos asociados diferentes, asociados a una misma persona. El agente SALSA que representa al dispositivo que el usuario porta necesita

cambiar de ámbito, al igual que lo hace el agente SALSA que representa a la persona. Para lograr esto, los agentes que representan dispositivos que la persona porta, solicitan la información de localización directamente al agente que representa la persona. El agente que representa la persona recibe estas peticiones y omite la validación con las políticas de descubrimiento que contiene, sólo valida que la entidad solicitante tenga el mismo Jabber-ID para enviar las coordenadas (x,y) de donde se encuentra. Cada agente SALSA al recibir esta información puede calcular el ámbito al que pertenece solicitando al servidor de espacios físicos los espacios definidos en él y registrarse en el ámbito correspondiente.

Una de las extensiones con que cuenta el servidor Jabber es una especificación que indica la manera en que un cliente Jabber puede ser manipulado de manera remota. Esta especificación es utilizada en la arquitectura para que a través de un dispositivo que la persona porte, pueda cambiar el estado del usuario del agente SALSA que lo representa, por ejemplo “no disponible”, “salí a comer”, etc., afectando el descubrimiento de servicios de acuerdo a la etiqueta *<sphere>* definida en las políticas de descubrimiento.

V.8 Pruebas funcionales

La arquitectura propuesta en este trabajo de tesis basa su funcionamiento en dos componentes clave. El servidor de espacios físicos, encargado de definir el ámbito en que los servicios se registran y el sistema de localización, quién proporciona el valor contextual de la localización utilizando el modelo geométrico de localización. El servidor de espacios físicos ha sido implementado utilizando el marco de clases SALSA desarrollado en el CICESE, de la misma manera el servidor de localización, los mecanismos para el

descubrimiento de servicios y las políticas que restringen este descubrimiento. Sin embargo, el sistema de localización es un sistema del cual se requiere para obtener las coordenadas (x,y) de localización, y el cual no está disponible para evaluarlo *in situ*. Debido a la naturaleza de la arquitectura propuesta, esta pretende ser independiente del sistema de localización utilizado. Por lo que un sistema que provea la localización en formato de coordenadas geométricas teóricamente es suficiente. Por tal motivo y con propósito de probar la funcionalidad de esta arquitectura, se desarrolló un simulador del sistema de localización mediante el cual es posible levantar un número determinado de agentes SALSA y hacerlos concientes de las coordenadas de localización, como si éstas estuvieran en movimiento.

Las pruebas realizadas a la arquitectura propuesta son de carácter funcional, las cuales tienen como propósito encontrar las diferencias entre los requerimientos funcionales y el sistema. Estos requerimientos funcionales, son consecuencia de las consideraciones de diseño expuestas en el capítulo IV. Por lo que los requerimientos funcionales son los siguientes:

- Cada entidad debe ser conciente del espacio físico al que pertenece (ámbito).
- Registrarse en ese ámbito con el fin de hacerse disponible.
- Las búsquedas de servicios solo aplican a los ámbitos que la entidad se registra.
- Cada entidad es responsable de responder a una solicitud de descubrimiento.
- Las entidades responden satisfactoriamente de acuerdo a las políticas de descubrimiento asignadas.

Para la evaluación de estos requerimientos funcionales se utilizó la siguiente configuración:

V.8.1 El sistema de localización

El sistema de localización que fue creado para simular y evaluar la arquitectura propuesta, es un sistema capaz de levantar de manera independiente agentes SALSA. A estos agentes se les asigna un tiempo de vida de manera aleatoria entre un valor de diez y sesenta minutos. De la misma manera se definen tipos de servicios aleatorios de entre cinco predefinidos los cuales incluyen doctor, paciente, enfermera, asistente, artefacto. El sistema de localización utilizando una distribución uniforme asigna de manera aleatoria una coordenada (x,y) calculadas de manera independiente. Utilizando la misma distribución, para cada una de estas coordenadas se varían en valores de cinco unidades a partir del valor actual, con respecto al cálculo aleatorio de un número entre uno y cuatro. Indicando arriba, abajo, derecha e izquierda respectivamente. Estos valores son calculados nuevamente cada segundo. Para la evaluación de la arquitectura se levantaron en el sistema de localización simulado un total de veinte agentes SALSA.

Cada agente SALSA levantado por el sistema de localización simulado funciona de manera autónoma e independiente, y cada una de ellas no son concientes de la existencia de las otras. Cada agente SALSA obtiene los espacios físicos definidos en el servidor de espacios físicos y se registra en los ámbitos correspondientes, como se describió anteriormente. De la misma manera, cada agente SALSA levantado por el sistema de localización simulado, se registra en un servidor de localización y envía a este cada segundo la información de localización.

El sistema de localización simulado (figura 40) es una aplicación creada en Java, mediante la cual es posible visualizar de manera gráfica el movimiento de las entidades a lo largo del tiempo dentro de un plano en dos dimensiones, así como ver los ámbitos en los que se encuentra y con quiénes interactúa.

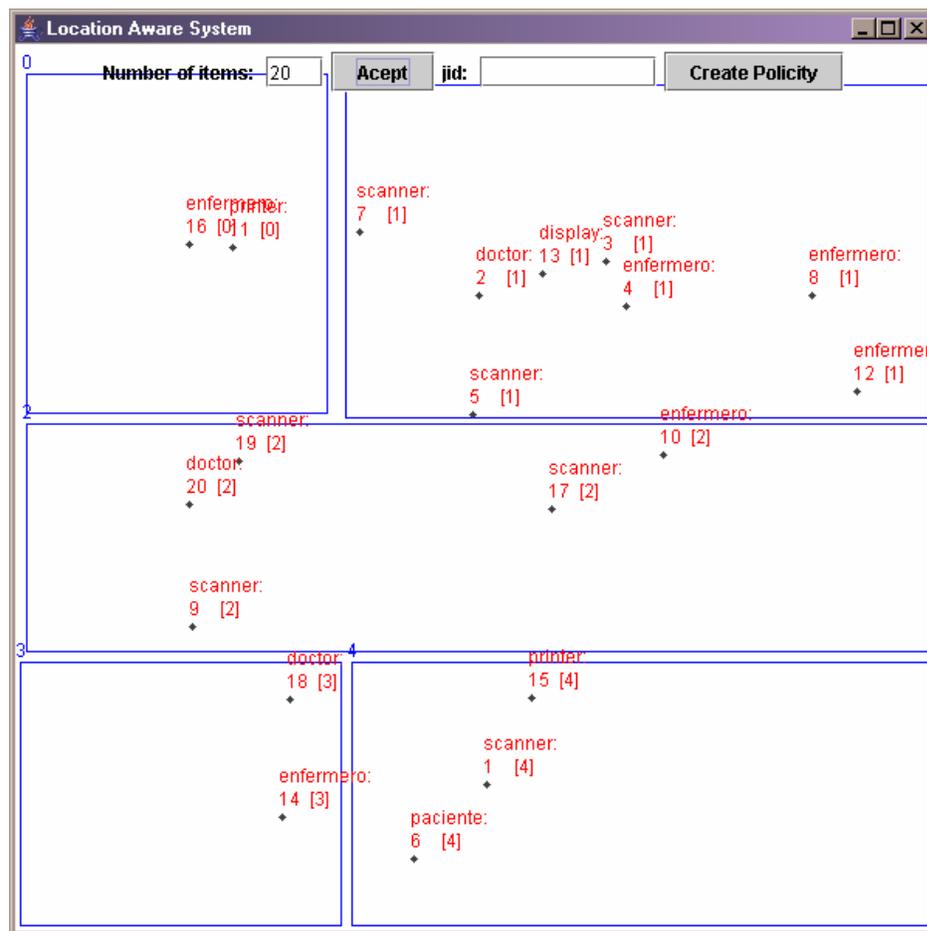


Figura 40. Sistema de localización simulado con veinte agentes SALSA sujetos a localización distribuidos en un plano con cinco espacios físicos definidos. Diez de ellos en movimiento y el resto con comportamiento estático.

V.8.2 El servidor de espacios físicos

Dentro de las características del servidor de espacios físicos utilizado para la evaluación, se definieron un total de cinco espacios físicos (ámbitos) definidos arbitrariamente, los cuales son formas geométricas rectangulares. Para determinar aquellos ámbitos al que un agente SALSA pertenece, debido a las intercepciones y ámbitos contenidos posibles, se utiliza en la implementación actual el algoritmo de árboles R [Guttman, 1984].

V.8.3 Aplicación de evaluación

Para determinar el comportamiento de la arquitectura propuesta, se desarrolló una aplicación asociada a una entidad sujeta a localización. En esta aplicación se refleja el plano representado por el sistema de localización simulado y el movimiento del agente SALSA del sistema de localización simulado a la cual la aplicación se encuentra asociada. La aplicación muestra dicho movimiento, los ámbitos a los que pertenece y los servicios descubiertos según el ámbito.

V.8.4 Plataforma de evaluación

La evaluación del desempeño de la arquitectura propuesta se ejecutó en los siguientes equipos de cómputo:

- El servidor Jabber utilizado fue la versión 2.2 del Jive Messenger³⁰ ejecutado en una computadora Pentium II corriendo Linux RedHat versión 2.4.20-8

³⁰ Jive Messenger, <http://www.jivesoftware.org/messenger/>

- El servidor de espacios de físicos fue desarrollado en Java 2 versión 1.4.2_04 utilizando el marco de clases SALSA.
- El sistema de localización simulado fue desarrollado en Java 2 versión 1.4.2_04 utilizando el marco de clases SALSA y ejecutado en una computadora Pentium IV corriendo Linux RedHat versión 2.4.20-8
- La aplicación para evaluar el desempeño de la arquitectura fue desarrollada en Java 2 versión 1.4.2_04 utilizando el marco de clases SALSA y ejecutada en el mismo equipo de cómputo que el sistema de localización simulado.

V.8.5 Resultados observados

Durante el proceso de evaluación durante el cual se ejecutó el sistema de localización simulado (aproximadamente 10 minutos), se pudo observar que el comportamiento de la arquitectura tuvo un desempeño aceptable. Esto debido principalmente a que el descubrimiento proactivo llevado a cabo por cada una de las entidades participantes arrojó correctamente los servicios registrados. Cada entidad respondió con el servicio asociado, en el ámbito correspondiente y según las políticas definidas. Los retardos observados en que los agentes SALSA reaccionaban al cambio de ámbito, así como el descubrimiento de servicios una vez aplicadas las políticas eran aceptables, ya que estos reaccionaban dentro de un plazo menor de un segundo. Debido al uso del protocolo XMPP exige el uso centralizado de un servidor, el desempeño de este se ve afectado por el equipo de cómputo utilizado.

V.9 Conclusiones

Con base en las consideraciones hechas en el capítulo de la sección anterior, se ha realizado el diseño de una arquitectura que ofrece soporte al descubrimiento de servicios basados en la proximidad física del cliente que lo solicita. En este capítulo se ha presentado precisamente esta arquitectura, así como los requerimientos, diseño y funcionalidad de los mecanismos utilizados en ella. Asimismo, se han explicado cada uno de los componentes participantes y como estos interactúan con el propósito de descubrir servicios dentro de un espacio físico. La arquitectura propuesta adopta el paradigma seguido por la mensajería instantánea descansando sobre XMPP. Se ha explicado también, la participación del grupo Calafia del CICESE en estudios y desarrollos de tecnologías y particularmente la creación del marco de clases SALSA y como este es utilizado para el desarrollo de un prototipo.

En el siguiente y último capítulo de este trabajo, se presenta algunas conclusiones, las principales aportaciones así como el trabajo futuro de este proyecto.

Capítulo VI

Conclusiones, aportaciones y trabajo futuro

VI.1 Conclusiones

A lo largo de este trabajo de tesis se han mostrado diferentes conceptos, mecanismos e ideas aplicables tanto al descubrimiento de servicios, así como a los sistemas concientes de la localización. Estos mismos, han servido de marco teórico formando la base para comprender el trabajo aquí realizado. De la misma manera, a través de la literatura analizada, los casos de estudio realizados por el CICESE, y los desarrollos previos en el área realizados por la institución, han motivado el desarrollo de esta tesis, así como fundamentar las consideraciones de diseño que se plasmaron en el capítulo IV.

Particularmente el modelo seguido por los sistemas LBS actuales, el marco de clases SALSA, y el trabajo del grupo Geopriv del IETF orientaron hacia la utilización del protocolo XMPP para el propósito de esta tesis. Las características del protocolo Jabber y las extensiones propuestas realizadas por la Jabber Software Foundation al protocolo XMPP, así como el marco de clases SALSA facilitaron el diseño e implementación de la arquitectura permitiendo extender este último.

Con base en lo expuesto en este trabajo de tesis consideramos que el objetivo general planteado en el primer capítulo, ha sido alcanzado y la arquitectura propuesta cumple con las consideraciones de diseño propuestas en el capítulo IV.

VI.2 Aportaciones

Considero que las principales aportaciones dejadas por este trabajo de investigación han sido tres:

- Por un lado se extiende el marco de clases SALSA, dotándolo de mecanismos para el descubrimiento de servicios con base en proximidad física, con una arquitectura de la cual depende fuertemente sólo del servidor de espacios físicos y del servidor Jabber al cual los agentes SALSA se conectan.
- El traslado de las políticas propuestas por el grupo Geopriv del IETF hacia los mecanismos para el descubrimiento de servicios. Considero que esta es una de las aportaciones más significativas, al proporcionar un método de restringir la manera en que los servicios son descubiertos.
- Finalmente, a pesar de que la arquitectura propuesta basa su funcionamiento en el cálculo de la localización de artefactos y/o personas centrado en la red. Los mecanismos descritos en este trabajo de tesis, pueden ser trasladados de manera sencilla y prácticamente sin ningún cambio a sistemas de localización basados en el dispositivo.

VI.4 Trabajo futuro

El trabajo realizado en esta tesis, cubre completamente con lo planeado en un principio. Y aunque la implementación realizada de los componentes de la arquitectura es funcional, sigue siendo esta un prototipo y existe mucho trabajo que realizar con respecto al diseño e implementación de la misma. Dentro del trabajo futuro destacan principalmente cuatro puntos:

- La arquitectura actual adolece de mecanismos de seguridad, y aunque estos fueron vislumbrados en el diseño original no fueron abordados, ni implementados. Uno de los mecanismos que se propusieron en el segundo reporte de avance llevado a cabo en esta tesis, fue la integración de llave pública y privada para cada entidad participante. Mediante la cual se podría certificar una entidad participante, garantizando ser la entidad que dice ser. Este mecanismo vislumbrado incluía una entidad central mediante la cual, las entidades depositaban en ella la llave pública, con el propósito de hacerlas disponibles al resto del sistema y con ello validar la identidad. Este mecanismo propuesto aún requiere del adecuado análisis.
- La definición de espacios físicos, adolece principalmente de que las formas geométricas responden a definiciones rectangulares y no está abierta a otro tipo de polígonos. De la misma manera, la definición de espacios físicos puede beneficiarse de la riqueza y poder del lenguaje GML³¹ (*Geography Markup Language*), no sólo para definir espacios físicos, sino también relaciones entre ellos. Sin embargo, el uso GML pudiera ser en elemento de peso para el procesamiento del ámbito. Asimismo, otra opción para la definición de espacios físicos que pudiera ser utilizando SVG³² (*Scalable Vector Graphics*).

³¹ Geography Markup Language, <http://opengis.net/gml/>

³² Scalable Vector Graphics, <http://www.w3.org/TR/SVG/>

- La búsqueda de servicios con base en proximidad física esta actualmente definida bajo el modelo de proximidad basado en ámbito. Si la información geoespacial es definida utilizando GML, las relaciones entre estas definiciones pueden ayudar a mejorar la búsqueda de servicios, permitiendo obtener aquellos servicios cercanos físicamente al cliente que los solicita tomando en cuenta las características físicas del lugar. Por ejemplo, paredes u obstrucciones físicas del lugar para alcanzar el servicio, además de la distancia desde el cliente a los servicios.
- Actualmente existen trabajos sobresalientes con respecto a la indización geoespacial de formas y puntos en el espacio. Algunos de estos trabajos son utilizados para el desarrollo de bases de datos que den soporte a búsquedas geoespaciales, tales como los algoritmos R*-Tree [Beckmann et al., 1990] y los K vecinos más cercanos [Roussopoulos et al., 1995], entre otros. Aunque el trabajo actual hace uso de árboles R [Guttman, 1984] para localizar aquellos espacios físicos en que un agente SALSA se encuentra, estos no son explotados al máximo, debido a que con este tipo de algoritmo es posible obtener intersecciones de objetos, y que objetos se encuentran contenidos dentro de un área, entre otros. Consideramos que un trabajo futuro puede ir en el rumbo de estos algoritmos, al utilizarlos y con ellos seleccionar un conjunto de servicios.

Referencias

- [Austein y Saperia, 1994] Austein, R. y Saperia, J. 1994. DNS Server MIB Extensions. RFC 1611, Internet Engineering Task Force (IETF).
- [Azondekon et al., 2003] Azondekon, V., Barbeau, M., Liscano, R. 2003. Indoor Ad Hoc Proximity-Location Sensing for Service Provider Selection. *Telecommunication Systems*. 22(1-4): 95-108 p.
- [Bahl et al., 2000] Bahl P. y Padmanabhan, V.N., 2000. RADAR: An In-Building RF-Based User Location and Tracking System. *IEEE INFOCOM*. 2:775-784 p.
- [Balakrishnan et al., 1995] Balakrishnan, H., Seshan, S., Amir, E., y Katz, R. 1995. Improving TCP/IP Performance over Wireless Networks, *ACM Conference on Mobile Communications and Networking*. 14-18 p.
- [Barkhuus et al., 2003] Barkhuus, L., y Anind D. 2003. Location-Based Services for Mobile Telephony: a study of users' privacy concerns. *INTERACT 2003*, 9th IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction.
- [Beckmann et al., 1990] Beckmann, N., Kriegel, H.P., Schneider, R., y Seeger, B. 1990. The R*-tree: An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangles. *ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*. 322-331 p.
- [Bellotti y Bly, 1996] Bellotti, V., y S. Bly. 1996. Walking Away from the Desktop Computer: Distributed Collaboration and Mobility in a Product Design Team. In *Proceedings of CSCW*, ACM Press. 209-218 p.

- [Bettstetter, 2000] Bettstetter, C., y C. Renner, 2000. A Comparison of Service Discovery Protocols and Implementation of the Service Location Protocol. , Sixth EUNICE Open European Summer School.
- [Carroll, 1995] Carroll, J. 1995. Scenario-Based Design. John Wiley & Sons, London. 1-18 p.
- [Carrol, 2000] Carrol, J. 2000. Making Use: Scenario-Based Design of Human-Computer Interactions. The MIT Press; Cambridge, Massachusetts; London England.
- [Chen et al., 2002] Chen, M., Cheng, F., y Gudavalli, R. 2002. Precision and Accuracy in an Indoor Localization System, Berkeley University, CS294-1/2 Course Project.
- [Chen y Kotz, 2000] Chen, G. y Kotz, D. 2000. A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research. Dartmouth Computer Science Technical Report TR2000-381. 381 p.
- [Cheshire, 2003] Cheshire, S. 2003. DNS-Based Service Discovery. Internet Engineering Task Force (IETF), Draft.
- [Chin et al., 1997] Chin G., Beth, M. y Carroll, J. 1997. Participatory Analysis: Shared Development of Requirements from Scenarios. In Proceedings of CHI'97, ACM Press. 162-169 p.
- [Choonhwa y Sumi, 2002] Choonhwa, L., y Sumi, H. 2002. Protocols For Service Discovery In Dynamic And Mobile Networks. International Journal of Computer Research. 11(1): 34-37 p.

- [Cooper y Postel, 1993] Cooper, A., y Postel, J. 1993. The US Domain. RFC 1386, Internet Engineering Task Force (IETF).
- [Coulouris et al., 2001] Coulouris, Dollimore, y Kindberg. 2001. Distributed Systems Concepts and Designs. Addison Wesley, third edition, 2001. 356 p.
- [Dahlbom y Ljungberg, 1998] Dahlbom, B. y Ljungberg, F. 1998. Mobile informatics. Scandinavian Journal of information Systems. 10(1-2): 227-234 p.
- [Dey y Abowd, 2000] Dey, A. y Abowd, G. 2000. Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. Workshop on the what, who, where, when and how of context-awareness at CHI.
- [Dey y Abowd, 2001] Dey, A. y Abowd, G. 2001. A Conceptual Framework and Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications. Human-Computer Interaction.
- [Dix et al., 2002] Dix, A., Rodden, T., Davies, N., Trevor, J., Friday, A., y Palfreyman, K. 2002. Exploiting space and location as a design framework for interactive mobile systems. ACM Transactions on Computer Human Interaction, 7(3):285-321 p.
- [Dix, 2000] Dix A. 2000. "Exploiting Space and Location as a Design Framework for Interactive Mobile Systems". ACM Transactions on Computer-Human Interactions. 285-321 p.
- [Droms, 1997] Droms, R. 1997. Dynamic Host Configuration Protocol. RFC 1541, Internet Engineering Task Force (IETF).

- [Fukuju et al., 2003] Fukuju, Y., Minami, M., Morikawa, H., y Aoyama, T. 2003. DOLPHIN: An Autonomous Indoor Positioning System in Ubiquitous Computing Environment. IEEE Workshop on Software Technologies For Future Embedded Systems. 53-56 p.
- [Glass, 2000] Glass, S. 2000. Mobile IP Authentication, Authorization, and Accounting Requirements. RFC 2977, Internet Engineering Task Force (IETF).
- [Goland, 1999] Goland, Y., Cai, T., Leach, P., y Gu, Y. 1999. Simple Service Discovery Protocol, Version 1.0. Internet Engineering Task Force (IETF), Draft.
- [Golden y Richard, 2000] Golden, E., y Richard G. 2000. Service Advertisement and Discovery: Enabling Universal Device Cooperation. IEEE Internet Computing 4(5): 18-26 p.
- [Gong, 2001] Gong, L. 2001. JXTA: A Network Programming Environment. IEEE Internet Computing. 5(3):88-95 p.
- [González Castaño y García Reinoso, 2003] González Castaño, F.J. y García Reinoso, J. 2003. Survivable Bluetooth Location Networks. IEEE International Conference on Communications. 2:1014-1018 p.
- [Guttman, 1984] Guttman, A. 1984. R-trees: A dynamic index structure for spatial searching. ACM SIGMOD Conference on Management of Data, 47-57 p.
- [Guttman et al., 1998] Guttman, E., Perkins, C., Veizades, J. y M. Day. 1998. Service Location Protocol, Version 2, RFC 2608, Internet Engineering Task Force (IETF).

- [Guttman et al., 1999] Guttman, E, Perkins, C., y Kempf, J. 1999. Service Templates and Service: Schemes. RFC 2609, Internet Engineering Task Force (IETF).
- [Guttman y Perkins, 1999] Guttman, E., y Perkins, C. 1999. DHCP Options for Service Location Protocol, RFC 2610, Internet Engineering Task Force (IETF).
- [Hamdi et al., 2002] Hamdi, M., Capkun, S., y Hubaux, J.P. 2002. GPS-free Positioning in Mobile Ad Hoc Networks. *Cluster Computing*. 5(2):157-167 p.
- [Harter et al., 2002] Harter, A., Hopper, A., Steggles, P., Ward, A., y Webster, P. 2002. The Anatomy of a Context-Aware Application. *Wireless Networks*. 8(2-3):187-197 p.
- [Helal, 2002] Helal, S. 2002. Standards for Service Discovery and Delivery. *IEEE Pervasive Computing*. 1(3): 95-100 p.
- [Hightower et al., 2002] Hightower, J., Boriello, G., y Want, R. 2002. SpotON: An Indoor 3D Location Sensing Technology based on RF Signal Strength. Technical Report 2000-02-02. University of Washington. 4 p.
- [Hightower, 2003] Hightower, J. 2003. From Position to Place. Proceedings of the Workshop on Location Aware Computing, Ubicomp.
- [Hodes et al., 1997] Hodes, T., Katz, R., Servan-Schreiber, E. y Rowe, L. 1997. Composable ad-hoc Mobile Services for Universal Interaction. In Third ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing. 1-12 p.
- [Ikonen y Rentto, 2002] Ikonen, V. y Rentto, K. 2002. Scenario Evaluations for Ubiquitous Computing—Stories Come True?. Workshop on User-Centered Evaluation of Ubiquitous Computing Applications, Ubicomp. 32-40 p.

- [Johansen, 1999] Johansen, T. 1999. Jini Architectural Overview. White Paper Sun Microsystem.
- [Kempf y Guttman, 1999] Kempf, J. y Guttman, E. 1999. An API for Service Location. RFC 2614, Internet Engineering Task Force (IETF).
- [Lionel et al., 2004] Lionel M., Yunhao, L., Yiu, C., y Abhishek P. 2004. LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID, *Wireless Networks*. 10(6):701-710 p.
- [Microsoft, 2000] Microsoft Corporation, Universal Plug and Play Device Architecture Reference Specification, Version 1.0. Technical report. Microsoft Corporation.
- [Mikko, 2004] Mikko, M. 2004. Bluetooth Specification v1.1. SDP Bluetooth SIG.
- [Miller y Pascoe, 2000] Miller, B., y Pascoe, R. 2000. Salutation service discovery in pervasive computing environments. Technical report, IBM White Paper.
- [Muñoz et al., 2003] Muñoz, M., Rodriguez, M., Favela, J., Gonzalez, V.M., y Martinez-Garcia, A.I. 2003. Context-aware mobile communication in hospitals. *IEEE Computer*. 36(8):60-67 p.
- [Nissanka et al., 2000] Nissanka B. Priyantha, Anit Chakraborty, y Hari Balakrishnan. 2000. The Cricket Location-Support System. Sixth annual international conference on Mobile computing and networking, ACM Press. 32-43 p.
- [Privat y Thibaud, 2003] Privat, G., y Thibaud, F. 2003. An infrastructure template for scalable location-based services. *Proceedings of SOC*. 15(17):214-217 p.

- [Rice, 2002] Rice, K. 2002. Nurse Tracking Systems: Do the Benefits to Nurse Managers Outweigh Risks to Nurses' Privacy?: Writing for the CON Position. *MCN, American Journal of Maternal Child Nursing*. 73 p.
- [Rodríguez y Favela, 2003] Rodríguez, M., y Favela, J. 2003. Autonomous Agents to Support Interoperability and Physical Integration in Pervasive Environments. *Atlantic Web Intelligence Conference, AWIC 2003, Springer-Verlag*. 278-287 p.
- [Roussopoulos et al., 1995] Roussopoulos, N., Kelley, F., y Vincent F. 1995. Nearest Neighbour Queries, *ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*. 71-79 p.
- [Rui et al., 2003] Rui, J., Moreira Rodrigues, A., y Davies, N. 2003. The AROUND architecture for dynamic location-based services. *Mobile Networks and applications*. 8(4): 377-387 p.
- [Santana, 2005] Santana, P., Castro, L.A., Preciado, A., Gonzalez, V.M., Rodríguez, M. D. y Favela, J. 2005. Preliminary Evaluation of Ubicomp in Real Working Scenarios. *2nd Workshop on Multi-User and Ubiquitous User Interfaces (MU3I)*.
- [Savvides et al., 2001] Savvides, A., Han, C.C., y Strivastava, M.B. 2001. Dynamic fine-grained localization in ad-hoc networks of sensors. *Seventh Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*. 166-179 p.
- [Schilit et al., 1994] Schilit, B., Adams, N., y Want, R. 1994. Context-aware computing applications. *IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*. 85-90 p.

[Want et al., 1992] Want, R., Hopper, A., Falcao, V. y Gibbons, J. 1992. The Active Badge Location System. ACM Transactions on Information Systems. 10(1):91-102 p.

[Weiser, 1991] Weiser, M. 1991. The computer for the twenty-first century. Scientific American. 265(3): 94-104 p.

[Weiser, 1993] Weiser, M. 1993. Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing. Communications of the ACM. 36(7): 75-85 p.

Direcciones de interés

- Internet Engineering Task Force, <http://www.ietf.org/>
- Service Location Protocol, <http://www.ietf.org/html.charters/OLD/svrloc-charter.html>
- National Institute of Standards and Technology, <http://www.nist.gov/>
- Federal Communications Commission, <http://www.fcc.gov/>
- Infrared Data Association, <http://www.irda.org/>
- Bluetooth Special Interest Group, <http://www.bluetooth.com/about/>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers, <http://www.ieee.org/>
- Oxygen Project, <http://oxygen.lcs.mit.edu/>
- Radianse, <http://www.radianse.com/>
- Exavera, <http://www.exavera.com/>

- Ubisense, <http://www.ubisense.net/>
- AeroScout, <http://www.aeroscout.com/>
- Ekahau, <http://www.ekahau.com/>
- PanGo, <http://www.pangonetworks.com/>
- Salutation Consortium, <http://www.salutation.org/>
- JXTA v2.0, http://www.jxta.org/project/www/white_papers.html
- Open Services Gateway Initiative, <http://www.osgi.org>
- Geopriv, <http://www.ietf.org/html.charters/geopriv-charter.html>
- Extensible Messaging and Presence Protocol, <http://www.xmpp.org/>
- SIMPLE, <http://www.ietf.org/html.charters/simple-charter.html>
- Jabber, <http://www.jabber.org/>
- Jabber Software Foundation, <http://www.jabber.org/jsf/>
- Jabber Enhancement Proposals, <http://www.jabber.org/jeps/>
- Servidores Jabber, <http://www.jabber.org/software/servers.shtml>
- Service Discovery, <http://www.jabber.org/jeps/jep-0030.html>
- Multi-User Chat, <http://www.jabber.org/jeps/jep-0045.html>
- User Geolocation, <http://www.jabber.org/jeps/jep-0080.html>
- Remote Controlling Clients, <http://www.jabber.org/jeps/jep-0146.html>
- Jive Messenger, <http://www.jivesoftware.org/messenger/>

- Geography Markup Language, <http://opengis.net/gml/>
- Scalable Vector Graphics, <http://www.w3.org/TR/SVG/>