

**PROTOCOLO PARA EL DESCUBRIMIENTO E
INTERACCIÓN DE SERVICIOS UBICUOS EN UN
AMBIENTE MÓVIL**



Monografía

**Ricardo Andrés Fajardo Figueroa
Víctor Fabián Miramá Pérez**

Director
Ing. Francisco Orlando Martines

Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telemática
Línea de Investigación en Servicios Avanzados de
Telecomunicaciones

Popayán, Abril de 2008

Contenido

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. SERVICIOS UBICUOS	4
1.1. DEFINICIÓN	4
1.2. CONCEPTOS BASICOS	5
1.2.1. Protocolo.....	5
1.2.2. Contexto del Usuario	5
1.2.3. Usuario.....	6
1.2.4. Entorno	6
1.2.5. Dispositivo.....	6
1.2.6. Contexto Predictivo.....	7
1.2.7. Tipos de Contexto.....	8
1.2.8. Movilidad.....	8
1.2.9. Flexibilidad del Servicio.....	9
1.3. CARACTERÍSTICAS	11
1.3.1. De los servicios.....	11
1.3.2. De los dispositivos	11
1.3.3. Del entorno	11
1.4. COMPARACIÓN	12
1.4.1. Ventajas	12
1.4.2. Limitaciones.....	13
1.4.3. Resumen.....	14
1.5. TECNOLOGÍAS A FINES	15
1.5.1. Bluetooth.....	15
1.5.2. WiFi.....	15
1.5.3. RFID (Radio Frequency Identification).....	16
1.5.4. NFC (Near Field Communication).....	17
1.5.5. Otras	17
2. PROTOCOLOS DE DESCUBRIMIENTO E INTERACCIÓN DE SERVICIOS	18
2.1. JINI.....	18
2.1.1. Conceptos Básicos	19
2.1.2. Arquitectura Jini	20
2.1.3. Protocolos de Jini.....	21
2.1.4. Funcionamiento	22
2.1.5. Aportes para el Proyecto.....	23
2.2. PROTOCOLO DE LOCALIZACIÓN DE SERVICIOS (SLP)	24
2.2.1. Funcionamiento	24
2.2.2. Aportes para el Proyecto.....	26
2.3. UNIVERSAL PLUG AND PLAY (UPNP) [36]	26

2.3.1.	Arquitectura.....	26
2.3.2.	Protocolos de UPnP.....	27
2.3.3.	Funcionamiento	28
2.3.4.	Aportes para el Proyecto.....	30
2.4.	PROTOCOLO DE DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS (SDP).....	30
2.4.1.	Funcionamiento	30
2.4.2.	Aportes para el Proyecto.....	31
2.5.	SALUTATION.....	32
2.5.1.	Arquitectura.....	32
2.5.2.	Aportes para el Proyecto.....	33
2.6.	KONARK.....	33
2.6.1.	Arquitectura.....	34
2.6.2.	Aportes para el Proyecto.....	35
3.	PROTOCOLO DE DESCUBRIMIENTO E INTERACCIÓN DE SERVICIOS UBICUOS.....	36
3.1.	INTRODUCCIÓN	36
3.2.	MODELO DE SUMO	37
3.2.1.	Entidades.....	37
3.2.2.	Operaciones.....	38
3.3.	PILA DE PROTOCOLOS	39
3.3.1.	Capas	39
3.3.2.	Protocolos.....	40
3.4.	FUNCIONAMIENTO	42
3.4.1.	Registro.....	42
3.4.2.	Buscar Dispositivos.....	44
3.4.3.	Solicitar Contexto.....	46
3.4.4.	Solicitar Descubrimiento de Servicios.....	49
3.4.5.	Buscar Servicios	51
3.4.6.	Anunciar Usuario	53
3.4.7.	Ofrecer Servicio	55
3.4.8.	Solicitar Servicio	57
3.5.	IMPLEMENTACIÓN.....	59
3.5.1.	Casos de Uso	59
3.5.2.	Actores.....	60
3.5.3.	Descripción	60
3.5.4.	Realización de casos de Uso Esenciales.....	62
3.5.5.	Diagrama de Clases	72
3.5.6.	Diagrama de Paquetes	74
4.	PILOTOS DE VALIDACIÓN DEL PROTOCOLO	77
4.1.	CICLO DE VIDA DEL SERVICIO UBICUO.....	77
4.2.	VISTA MODULAR DE LOS PILOTOS	78
4.2.1.	Servidor.....	78
4.2.2.	Móvil	79
4.3.	DESCRIPCIÓN DE SUMOB	79
4.3.1.	Casos de Uso	79
4.3.2.	Actores.....	80
4.3.3.	Descripción de Casos de Uso para SUMOB.....	80

4.3.4.	Realización de casos de Uso Esenciales.....	82
4.3.5.	Pruebas y Resultados.....	93
4.4.	DESCRIPCIÓN DE SUMOW	96
4.4.1.	Casos de Uso	97
4.4.2.	Actores.....	97
4.4.3.	Descripción de Casos de Uso para SUMOW.....	98
4.4.4.	Realización de casos de Uso Esenciales.....	99
4.4.5.	Pruebas y Resultados.....	105
4.5.	COMPARACIÓN DE LOS PILOTOS	108
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	110
5.1.	CONCLUSIONES	110
5.2.	RECOMENDACIONES.....	112
5.3.	TRABAJOS FUTUROS.....	112
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	113

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1-1. Elementos que componen el contexto	5
Figura 1-2. Ciclo de la información de un contexto con memoria	7
Figura 1-3. Comunicación móvil	9
Figura 1-4. Computación móvil.....	9
Figura 1-5. Ciclo de ofrecimiento de un servicio ubicuo	10
Figura 2-1. Proceso de descubrimiento de Jini	22
Figura 2-2. Proceso de ensamble de Servicios	22
Figura 2-3. Proceso de búsqueda de servicios	23
Figura 2-4. Utilización del servicio	23
Figura 2-5. Configuración Básica de SLP.....	25
Figura 2-6. Configuración SLP para redes simples	25
Figura 2-7. Protocolo utilizados en UPnP.....	28
Figura 2-8. Funcionamiento de UPnP, durante el descubrimiento	29
Figura 2-9. Funcionamiento de UPnP, durante el control/visualización	29
Figura 2-10. Interacción en un sistema SDP	31
Figura 2-11. Arquitectura.....	32
Figura 2-12. Arquitectura de descubrimiento de servicios konark	34
Figura 2-13. Arquitectura de entrega de servicios konark	35
Figura 3-1. Modelo del Protocolo SUMO	37
Figura 3-2. Pila de protocolos SUMO	40
Figura 3-3. Mensajes de SUMO	42
Figura 3-4. Registro.....	42
Figura 3-5. Diagrama de Estados - Registro	43
Figura 3-6. Mensaje de Registro	43
Figura 3-7. Respuesta al mensaje Registro	44
Figura 3-8. Búsqueda de Dispositivos.....	44
Figura 3-9. Diagrama de Estados - Búsqueda de Dispositivos	45
Figura 3-10. Mensaje para la Búsqueda de Dispositivo WiFi	45
Figura 3-11. Mensaje para la Búsqueda de Dispositivos Bluetooth	46
Figura 3-12. Respuesta a la Búsqueda de Dispositivo	46
Figura 3-13. Solicitud de Contexto	47
Figura 3-14. Diagrama de Estados - Solicitud de Contexto.....	47
Figura 3-15. Mensaje de Solicitud de Contexto WiFi.....	48
Figura 3-16. Mensaje de Solicitud de Contexto Bluetooth.....	48
Figura 3-17. Respuesta al mensaje de Solicitud de Contexto	49
Figura 3-18. Solicitud de Descubrimiento de Servicios	49
Figura 3-19. Diagrama de Estados - Solicitud de Descubrimiento de Servicios....	50
Figura 3-20. Mensaje para Solicitud de descubrimiento – WiFi.....	50

Figura 3-21. Mensaje para Solicitud de Descubrimiento de Servicios – Bluetooth	51
Figura 3-22. Respuesta al mensaje de Solicitud de descubrimiento de Servicios.	51
Figura 3-23. Búsqueda de Servicios	52
Figura 3-24. Diagrama de Estados - Búsqueda de Servicios	52
Figura 3-25. Mensaje para la Búsqueda de Servicios	52
Figura 3-26. Respuesta para el mensaje de Búsqueda de Servicios	53
Figura 3-27. Anunciar Usuario.....	53
Figura 3-28. Diagrama de Estados – Anunciar Usuario	54
Figura 3-29. Mensaje Anunciar Usuario	54
Figura 3-30. Respuesta al mensaje de Anuncio de Usuario.....	54
Figura 3-31. Ofrecimiento de Servicios	55
Figura 3-32. Mensaje para Ofrecer Servicio.....	55
Figura 3-33. Mensaje para Ofrecer Servicio.....	56
Figura 3-34. Mensaje de Confirmación.....	56
Figura 3-35. Solicitar Servicios.....	57
Figura 3-36. Diagrama de Estados - Solicitar Servicios	57
Figura 3-37. Mensaje de Solicitud de Servicio	58
Figura 3-38. Mensaje de Respuesta a la Solicitud de Servicio.....	58
Figura 3-39. Mensaje de Solicitud de Servicio	58
Figura 3-40. Respuesta al mensaje de Solicitud de Servicios.....	59
Figura 3-41. Diagrama de casos de uso de alto nivel del protocolo SUMO	59
Figura 3-42. Explorar – Diagrama de Clases - Análisis.....	63
Figura 3-43. Explorar – Diagrama de Secuencia - Análisis	63
Figura 3-44. Solicitar Contexto – Diagrama de Clases – Análisis	64
Figura 3-45. Solicitar Contexto – Diagrama de Secuencia – Análisis.....	64
Figura 3-46. Descubrir Servicios - Diagrama de Clases - Análisis	65
Figura 3-47. Descubrir Servicios - Diagrama de Secuencia – Análisis.....	66
Figura 3-48. Enviar Servicios – Diagrama de Clases - Análisis.....	67
Figura 3-49. Enviar Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis	67
Figura 3-50. Atender <i>Push</i> – Diagrama de Clases	68
Figura 3-51. Atender <i>Push</i> – Diagrama de Secuencia	69
Figura 3-52. Solicitar Descubrimiento de Servicios – Diagrama de Clases - Análisis	70
Figura 3-53. Solicitar Descubrimiento de Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis.....	70
Figura 3-54. Solicitar Servicios – Diagrama de Clases – Análisis	71
Figura 3-55. Solicitar Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis	71
Figura 3-56. Especificación técnica de SUMO-S.....	72
Figura 3-57. Especificación técnica de SUMO-M.....	73
Figura 3-58. Diagrama de Paquetes SUMO-M.....	74
Figura 3-59. Diagrama de Paquetes SUMO-S	75
Figura 4-1. Ciclo de vida.....	77
Figura 4-2. Arquitectura del SUMO	78
Figura 4-3. Diagrama de Casos de Uso SUMOB	79
Figura 4-4. BT_Explorar – Diagrama de Clases - Análisis	83
Figura 4-5. BT_Solicitar Contexto – Diagrama de Clases - Análisis.....	84
Figura 4-6. BT_Enviar Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis	86

Figura 4-7. BT_Atender Push – Diagrama de Secuencia – Análisis	87
Figura 4-8. BT_Solicitar Descubrimiento de Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis.....	88
Figura 4-9. BT_Solicitar Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis.....	89
Figura 4-10. Desplegar Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis.....	90
Figura 4-11. Configurar Contexto – Diagrama de Secuencia – Análisis.....	91
Figura 4-12. Descubrir Servicios - Diagrama de Clases - Análisis	92
Figura 4-13. Descubrir Servicios - Diagrama de Secuencia – Análisis.....	93
Figura 4-14. Entorno de pruebas.....	93
Figura 4-15. Consumo de Memoria.....	94
Figura 4-16. Tiempos de Respuesta en Emulación.....	95
Figura 4-17. Tiempos de Respuesta Reales	95
Figura 4-18. Tamaño de Mensajes Bytes.....	96
Figura 4-19. Diagrama de Casos de Uso SUMOW	97
Figura 4-20. WF_Solicitar Conexto - Diagrama de Secuencia – Análisis.....	101
Figura 4-21. WF_Enviar Servicios – Diagrama de Secuencia.....	102
Figura 4-22. WF_Solicitar Descubrimiento de Servicios – Diagrama de Secuencia	104
Figura 4-23. WF_Solicitar Servicios – Diagrama de Secuencia	105
Figura 4-24. Entorno de pruebas WiFi.....	106
Figura 4-25. Consumo Memoria.....	106
Figura 4-26. Tamaño Mensajes SOAP.....	107
Figura 4-27. Tiempos de Respuesta en Emulación.....	107
Figura 4-28. Tiempos de Respuesta Reales	108

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1-1. Resumen comparativo - Servicios Tradicionales-Servicios Ubicuos	14
Tabla 4-1. Tabla comparativo pilotos de validación.....	109

Lista de Anexos.

- Anexo A: ESPECIFICACIÓN DE SUMO
- Anexo B: ESPECIFICACIÓN PILOTO BLUETOOTH
- Anexo C: ESPECIFICACIÓN PILOTO WIFI

INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual las tecnologías forman parte de la cotidianidad de las personas. Las redes de telecomunicaciones y sus servicios no son la excepción, esto se debe a que las tecnologías de la información aplicadas a los servicios de telecomunicaciones, facilitan las actividades diarias y ofrecen un nuevo espacio para el entretenimiento [1].

Desde su creación, los servicios de telecomunicaciones se orientaron a satisfacer las necesidades de comunicación de los usuarios, cubriendo las generales y comunes de la mayor cantidad de usuarios, dejando de lado otros sectores de menor impacto o con otro tipo de requisitos. Posteriormente, los Proveedores de Servicios de Aplicación (ASP, Application Service Providers), iniciaron la personalización de los servicios, tratando de acoplarse a los requisitos de los clientes, ofreciendo planes personalizados para diferentes sectores del mercado. En la actualidad los proveedores de servicios, están interesados en capturar y retener la atención de la mayor cantidad de clientes, para esto realizan diferenciación de usuarios y servicios, generando perfiles de usuario que favorezcan al ofrecimiento de servicios individuales, sin más restricciones que las impuestas por la red [2] [3].

Una de las tendencias que está marcando el paso del progreso tecnológico es el acceso a servicios desde cualquier sitio, en cualquier tiempo y sin necesidad de **interacción permanente cliente-dispositivo**, de tal manera que un usuario acceda a un servicio sin necesidad de solicitarlo; basta con conocer sus preferencias, para ofrecerle un servicio en el sitio, en el instante adecuado y en cualquier dispositivo [4], generando la tendencia conocida como Servicios Ubicuos.

Otra pauta que marca esta ola es la estandarización de los dispositivos y los métodos de interacción cliente-servicio, buscando tener acceso a los servicios desde cualquier dispositivo que tenga acceso a una red de información y por lo tanto que esté en capacidad de ofrecerlos de forma transparente al usuario. Un claro ejemplo es la navegación en Internet desde diferentes dispositivos portátiles o electrodomésticos comunes en el hogar [2] [5]. Estas tendencias y la posibilidad de aumentar sus ingresos económicos, generan en los proveedores un interés en la prestación de servicios ubicuos.

Para la prestación de servicios ubicuos se requiere integrar tres fases básicas que son: el descubrimiento de servicios, la autenticación de usuarios y la interacción entre el usuario y dichos servicios. Sin embargo, no existe actualmente un

protocolo que integre las fases mencionadas. En los primeros acercamientos a los servicios ubicuos, los proyectos que anteceden a este trabajo de grado, crearon arquitecturas, *frameworks*¹ y herramientas de generación de servicios utilizando el contexto de los usuarios de manera general, sin profundizar en la personalización de los servicios y la seguridad [2] [5] [6]. Además carecen de aplicación del concepto de transparencia en el ofrecimiento de servicios, debido a que se mantiene un amplio margen de interacción cliente-dispositivo. Sin olvidar el progreso que se ha logrado, es preciso continuar en esa línea y avanzar en el fortalecimiento de los servicios ubicuos, incluso mejorar la forma de llegar a los usuarios sin agregar nuevos dispositivos a su cotidianeidad, sino por el contrario dotar de nuevas características a los existentes [2] [5].

Lo anterior demuestra que en la actualidad se realizan varias investigaciones y pruebas en todo el mundo, pero de manera aislada, sin aportar a la estandarización de los servicios ubicuos haciendo evidente la necesidad de crear un protocolo que aporte al desarrollo de servicios ubicuos. Por lo tanto la pregunta de investigación que resuelve este trabajo de grado es: ¿Cuál es el mecanismo idóneo para facilitar el descubrimiento e interacción de servicios ubicuos en un ambiente móvil? En este orden de ideas, el proyecto generó un protocolo que facilita el descubrimiento y la interacción de servicios ubicuos en un ambiente móvil, y que además se validó en el entorno Colombiano.

En el desarrollo del trabajo se realizaron algunas modificaciones en relación a lo planteado en el anteproyecto. Inicialmente se planteó para el primer capítulo el nombre de *Introducción*, sin embargo este nombre no llena las expectativas de lo que se quiere presentar, por esta razón se cambió por *Servicios Ubicuos*, refiriéndose a la temática central que enmarca el proyecto y que debe ser definido para la correcta comprensión del mismo. La introducción se dejó como una sección de aproximación al contenido de la monografía.

La monografía está estructurada como se describe a continuación, el primer capítulo, “Servicios Ubicuos”, define la base del proyecto, sus ventajas, las tecnologías que lo soportan.

La base para la construcción del protocolo son los protocolos de descubrimiento e interacción existentes, en consecuencia el segundo capítulo, “Protocolos de Descubrimiento e Interacción de Servicios”, contiene la descripción, análisis y aportes de dichos protocolos a la construcción del protocolo de descubrimiento e interacción de servicios ubicuos en un ambiente móvil dentro de este trabajo de grado.

La construcción del protocolo de descubrimiento e interacción de servicios ubicuos, se describe en el tercer capítulo, “Protocolo de Descubrimiento e Interacción de Servicios Ubicuos”, donde se explican los conceptos básicos, se

¹ Framework: es una estructura de soporte definida, la cual incluye programas o librerías, que ayudan a desarrollar a partir de esta, otros proyectos o estructuras.

realiza la descripción del protocolo y su implementación, aclarando que es una primera versión, sujeta a modificaciones, mejoras y trabajos futuros.

En el cuarto capítulo, “Piloto de Validación del Protocolo”, se describe la construcción del piloto de servicios ubicuos, creado para la validación del protocolo generado, además se detallan las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.

Finalmente, en el capítulo quinto se presentan las conclusiones obtenidas con el desarrollo del proyecto y se realizan recomendaciones aplicables a trabajos futuros.

Como complemento del documento se presentan los anexos, que sirvieron como soporte para la elaboración del proyecto. El anexo A, presenta la descripción completa desde los puntos de vista: diseño e implementación del protocolo definido. Los Anexos B y C, contienen las descripciones de análisis, diseño e implementación de los pilotos Bluetooth y WiFi respectivamente.

1. SERVICIOS UBICUOS

1.1. DEFINICIÓN

El mundo de las tecnologías está ingresando a una etapa de convergencia y proliferación de comunicaciones inalámbricas, los usuarios piden más y mejores servicios para satisfacer sus necesidades y aprovechar la potencialidad de sus dispositivos [6]. Esta etapa y las nuevas expectativas de los clientes, en cuanto a servicios, incentivaron la creación de un nuevo concepto: “Computación Ubicua” o “Computación Invisible”, definido por Mark Weiser como “Computación incrustada en el ambiente, disponible en todas partes para ayudar al usuario en la culminación de sus tareas” [2] [6]. En otras definiciones, autores como Choonhwa Lee y Sumi Helal, hacen referencia a la presencia e interacción, casi imperceptible de la computación para la prestación de servicios [7], para el caso de los servicios se trata del ofrecimiento de estos sin la interacción permanente con el usuario.

En comparación con los típicos servicios ofrecidos por Internet o las redes móviles, los servicios ubicuos se caracterizan por estar basados en las condiciones que rodean a un usuario y por brindarse de forma automática, es decir, sin que el usuario haga la petición o solicitud de los mismos. Estos servicios son desplegados en arquitecturas de red ubicua [7]. Estas redes permiten su implementación en ambientes inteligentes que son conocidos como *Context-aware* (basados en contexto)² [8]; en los cuales, las personas están rodeadas de interfaces inteligentes³ soportadas por computadores y tecnologías de red, adheridas a objetos utilizados diariamente, como muebles, ropa, vehículos y otros.

Las redes ubicuas describen la convergencia e interconexión de dispositivos de cómputo, algunos con interfaces de usuario avanzadas y otros con simples sensores y detectores, dentro de una red de comunicaciones que está conformada por tramos cableados e inalámbricos. Por lo tanto, la interconexión en estas redes puede ser de dos tipos, fija a móvil y móvil a móvil. La primera se asemeja a la actual red celular, donde un cliente móvil interactúa con una estación base, y la

² *Context-Aware*: su traducción literal es “conciente del contexto”, hace referencia a servicios que modifican su comportamiento aprovechando el contexto del usuario implicado como consumidor del servicio.

³ *Interfaz Inteligente*: Interfaz capas de adaptarse a las preferencias de cada usuario, con el objetivo de hacer buen uso del entorno, de los canales de comunicación y de los elementos dispuestos en esos entornos.

segunda puede ser un arreglo de clientes móviles que trabajan juntos actuando cada uno como un repetidor, formando de esta manera una malla [9].

1.2. CONCEPTOS BASICOS

Los servicios ubicuos involucran diferentes conceptos, que son el eje central de su creación, tales como protocolo, el contexto de usuario, la movilidad del mismo y la flexibilidad del servicio, los cuales se presentan a continuación.

1.2.1. Protocolo

Es un conjunto de normas y procedimientos útiles para la transmisión de datos, el cual contiene las reglas, la sintaxis, la semántica y permite la sincronización de la comunicación entre las entidades que interactúan.

1.2.2. Contexto del Usuario

Es el concepto más importante para los servicios ubicuos, porque hace referencia al ambiente o entorno del usuario y a las circunstancias de las cuales depende el ofrecimiento del servicio. El contexto es la base de los servicios puesto que de él depende la capacidad de movilidad que se brinda, sin el no se puede identificar al cliente, sus requerimientos y su posible ubicación [10] [11].

El contexto de los servicios ubicuos esta conformado por varios elementos. La figura 1-1 muestra diferentes condiciones y componentes que aportan a la definición del contexto [12] [13]

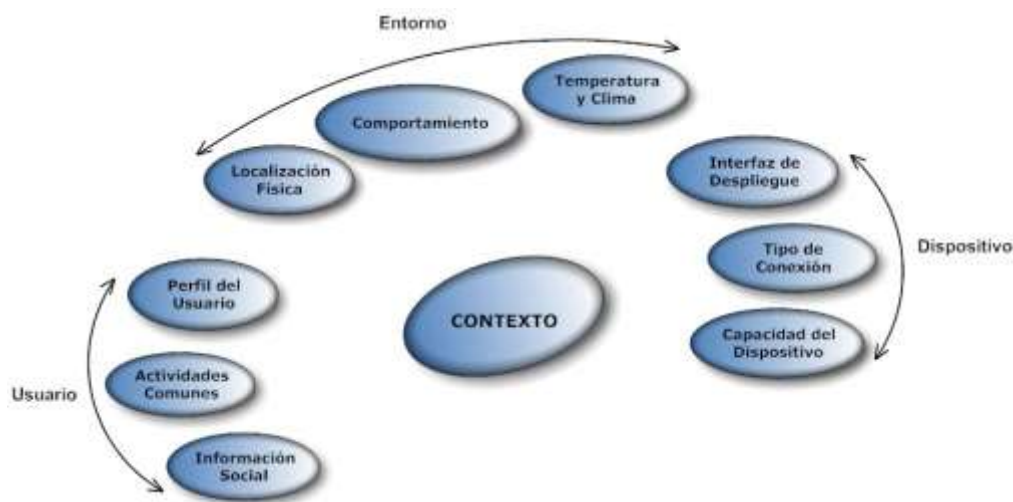


Figura 1-1. Elementos que componen el contexto

1.2.3. Usuario

Este componente se puede observar en la figura 1-1, el cual aporta a la construcción del contexto de un usuario, conformado por los siguientes campos:

Información social: representa los datos relacionados con las actividades sociales del usuario, podría ser su agenda de actividades y su relación con otros individuos.

Actividades Comunes: información configurada inicialmente por el usuario, que puede ser actualizada y modificada por el sistema. Tiene en cuenta los cambios en el comportamiento del usuario, conservando un registro que puede ayudar a generar servicios intuitivos que optimicen el ofrecimiento del servicio.

Perfil del usuario: requisito básico para iniciar el ofrecimiento de servicios personalizados, contiene las características que pueden describir a un individuo, sus gustos y preferencias, es una información que puede ser modificada únicamente por el usuario.

1.2.4. Entorno

El componente del entorno mostrado en la figura 1-1, esta compuesto por los siguientes campos:

Localización física: información sobre el sitio específico donde se encuentra el usuario o desde donde pretende acceder a un servicio, puede utilizarse para escoger la interfaz de despliegue del servicio, informar acerca de otros sitios que pueden ser de interés para el usuario e incluso el correcto comportamiento en un determinado sitio.

Comportamiento: información recogida por el sistema, que registra las actividades habituales del usuario para organizar y optimizar la ejecución de sus tareas.

Temperatura y clima: la información sobre la temperatura de un sitio o el clima puede generar el ofrecimiento de servicios que alerten u ofrezcan alternativas de solución a un determinado inconveniente relacionado con estos parámetros, como rutas de viaje, compras, etc.

1.2.5. Dispositivo

El tercer componente, que complementa el contexto de un usuario es el dispositivo que utiliza para acceder a los servicios, los cuales se especifican a continuación:

Interfaz de despliegue: cuando un servicio esta disponible para el acceso desde diferentes dispositivos, es necesario conocer las características de su interfaz para de esta forma adecuar la manera y forma de despliegue del servicio.

Tipo de conexión: para optimizar el ofrecimiento de servicios es necesario conocer las posibilidades tecnológicas de conexión del dispositivo de usuario, para determinar el método más eficiente de acceso y transmisión.

Capacidad del dispositivo: es un importante factor para la correcta adecuación y ofrecimiento del servicio, evitando problemas de capacidad de almacenamiento e incompatibilidad entre las aplicaciones y el dispositivo.

1.2.6. Contexto Predictivo

Los servicios basados en contexto pretenden ser intuitivos, analizando la información de contextos pasados y actualizándola con las actividades cotidianas del usuario, la definición del contexto debe seguir un ciclo como el de la figura 1-2, donde el contexto de un servicio depende del contexto previo, podría considerarse como memoria de contexto.



Figura 1-2. Ciclo de la información de un contexto con memoria

En la generación del contexto (figura1-2), se cuenta con redes sensoriales encargadas de recoger la información del comportamiento del usuario, para procesarla seleccionando los datos relevantes y analizándola para generar una nueva información que defina un nuevo contexto de usuario.

El contexto de un servicio es muy importante para que los servicios ubicuos estén involucrados fuertemente con las actividades de las personas, sin embargo su presencia debe ser imperceptible, generando una intervención inconsciente de la computación en la vida de las personas. En este proyecto el contexto del usuario esta definido por el perfil del usuario, la tecnología y características del dispositivo. Se deja para trabajos futuros el estudio de los servicios predictivos.

1.2.7. Tipos de Contexto

Retomando los tres grupos mostrados en la figura 1-1, se define distintos contextos que pueden ser organizados de la siguiente manera:

- Conocimiento del usuario: perfil del usuario, definido con anticipación o por el análisis de su comportamiento con el objetivo de proporcionar al sistema parámetros para la búsqueda de servicios.
- Conocimiento de ubicación: conocer la localización del usuario es importante, para ofrecer servicios que puedan agilizar sus tareas, además, la interfaz de despliegue del servicio puede depender de la ubicación espacial de este.
- Conocimiento del comportamiento: conocer cual fue el comportamiento del usuario en algún sitio o circunstancia, ayuda a ofrecer un servicio adecuado, cuando este se encuentre nuevamente en ese sitio o bajo circunstancias similares.
- Conocimiento de dispositivo: las características del dispositivo son importantes para determinar los parámetros de calidad o el tipo de servicios que se puede ofrecer al usuario.

En la definición del contexto de un usuario se combina la información que proviene de los grupos mencionados, por ejemplo, un servicio se ofrece dependiendo de la ubicación del usuario y su perfil, o podría depender del clima y la ubicación del usuario, etc [13]. Entre los primeros servicios basados en contexto se encuentra el desarrollado por los laboratorios NTT (Nippon Telegraph and Telephone) en Japón, quienes mediante una mascota electrónica ofrecían productos seleccionados por comparación con las preferencias del usuario [14].

1.2.8. Movilidad

En el entorno de los servicios ubicuos el concepto de movilidad toma diferentes sentidos, que dependen del punto desde donde se observe el sistema. Para el usuario, la movilidad puede definirse como la capacidad que tiene para desplazarse de un lugar a otro durante el acceso y la prestación del servicio, desde este punto de vista se debe tener en cuenta el comportamiento de una red de comunicaciones móviles en la cual se establece una zona de cobertura, asegurando un buen ofrecimiento del servicio (figura 1-3) [15] [16].

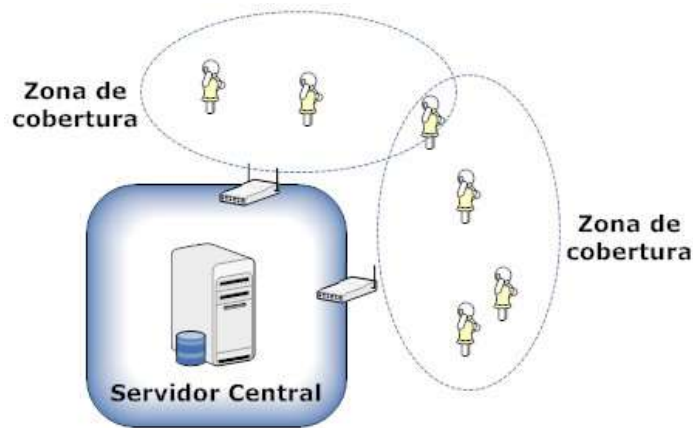


Figura 1-3. Comunicación móvil

Para el sistema, la movilidad se puede tomar como el movimiento que existe dentro de su comportamiento, también en la ejecución de tareas, moviendo código y procesos de un dispositivo a otro. En otros términos, implementando un sistema de computación móvil (figura 1-4) [15].



Figura 1-4. Computación móvil

Los servicios ubicuos extienden los alcances de una red o un sistema de comunicaciones móviles, a una red que optimice el ofrecimiento de servicios moviendo código, expandiendo la gama de servicios y penetrando más en las actividades de las personas pero de manera transparente.

En este proyecto se aplica la movilidad del usuario, utilizando tecnologías de acceso inalámbrico como bluetooth y Wifi aproximándose a un sistema de comunicaciones ubicuas [16] [17]. El transporte de código no es necesario para la implementación del protocolo SUMO (Servicios Ubicuos Móviles), debido a que no se trabaja con redes GSM (Global System for Mobile communications) o de comunicación celular.

1.2.9. Flexibilidad del Servicio

Los servicios ubicuos ofrecidos, tienen que adaptarse al tipo de red y concebirse con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas, adecuándose al

entorno dinámico de la tecnología [18]. Deben tener un nivel de abstracción del entorno, de tal manera que sean capaces de:

- Interpretar la información contextual de un individuo.
- Modificar su comportamiento o configuración, de acuerdo a la abstracción realizada.
- Utilizar de manera adecuada y eficiente la tecnología incorporada en los dispositivos del usuario.
- Facilitar su utilización e involucrarse fuertemente en las actividades del usuario, pero ofrecer el servicio de manera agradable y altamente imperceptible.

La ejecución combinada de las actividades mencionadas, proporciona o asegura un servicio flexible y adecuado para la prestación de servicios ubicuos, de tal manera que se puede definir un ciclo para la personalización del mismo, en el instante de su ofrecimiento (figura 1-5), además tiene que estar en capacidad de utilizar los conceptos básicos mencionados en las secciones anteriores [19].

La figura 1-5, muestra la personalización de un servicio, para la cual se tiene en cuenta, el perfil definido por el usuario, la ubicación, el tipo de acceso, la tecnología y la información necesaria para crear un servicio que se adecue a las preferencias y requisitos establecidos por el usuario y el análisis de su comportamiento.



Figura 1-5. Ciclo de ofrecimiento de un servicio ubicuo

1.3. CARACTERÍSTICAS

1.3.1. De los servicios

Los servicios ubicuos deben estar en capacidad de ser ofrecidos de manera personalizada, sus parámetros de configuración deben ser variables para poder adaptarse a las preferencias del usuario y condiciones físicas, con el objetivo de agilizar sus tareas cotidianas. Un servicio puede ser una entidad que provee cierta información, desempeña una función específica o controla algún recurso de otra entidad y que puede ser implementada como un elemento *software*, *hardware* o una combinación de estos [20]

Para este proyecto el servicio ofrecido es un servicio básico que depende del perfil configurado por el usuario, la tecnología presente en su dispositivo móvil y las características del mismo, no siendo necesaria una red sensorial para definir su contexto, el servicio es escogido por comparación entre las preferencias y la descripción de servicios y la detección de la tecnología empleada.

1.3.2. De los dispositivos

Los servicios ubicuos están orientados a dispositivos de gama media y alta, que deben poseer características para el ofrecimiento de estos, sin embargo, cada servicio tendrá sus requerimientos específicos para que el servicio sea ofrecido correctamente [18], para este proyecto los dispositivos deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Tener instalado el protocolo SUMO.
- Tener previamente almacenado el perfil del Usuario.
- Tener embebida en sus características la tecnología bluetooth o WiFi.
- Soporte para el acceso a Servicios Web.
- Tener instalado el API JSR82, que permite la utilización de bluetooth.
- Tener instalado el API JSR172 – JAX RPC, para la implementación del servicio utilizando WiFi.

1.3.3. Del entorno

En un entorno para ofrecimiento de servicios ubicuos, es necesario tener una red sensorial que esté en capacidad de recolectar la información necesaria para la definición del contexto del usuario, además una infraestructura que posibilite el ofrecimiento de los servicios de manera optima.

El entorno ubicuo se caracteriza por su alta heterogeneidad en los dispositivos que utiliza el usuario como en los componentes de la red o sistema ubicuo, esto se

debe a que para muchos servicios se necesita muchos dispositivos [18] [20]. Para el ofrecimiento de servicios el entorno del proyecto debe tener estas características:

- Dispositivo de exploración del entorno, que esté en continua búsqueda de dispositivos que tengan instalado el protocolo SUMO.
- Tener por lo menos un dispositivo en la zona de cobertura con las características necesarias para el ofrecimiento de servicios ubicuos.

Por otro lado el entorno para el que fue definido el proyecto, es un entorno comercial, cuyo servicio básico es el ofrecimiento de servicios o artículos, que concuerden con el perfil definido por el usuario, en el instante de iniciar la aplicación.

1.4. COMPARACIÓN

1.4.1. Ventajas

1.4.1.1 Para los Usuarios

La principal ventaja que perciben los consumidores de servicios ubicuos, es tener acceso a servicios personalizados, que se ajusten a sus necesidades y que se encuentren disponibles en cualquier sitio y en el dispositivo que crean conveniente, lo cual agiliza y facilita sus actividades diarias. Además el usuario no necesita efectuar configuraciones permanentes, ni previa instrucción sobre la utilización del servicio, una vez este se ha instalado y puesto en marcha, proporcionará autónomamente soluciones a las necesidades del usuario [18] - [20].

La penetración de la tecnología en las actividades del usuario es transparente, facilitando la planeación y organización de estas, generando servicios que permitan al usuario concentrarse en sus actividades más importantes y dejar a sus dispositivos las actividades que puedan retardar o entorpecer su labor [18] - [20].

El acceso desde cualquier sitio y dispositivo, la libertad de moverse sin preocuparse por perder el servicio y la posibilidad de configurarlo, es un gran atractivo para usuarios exigentes, aquellos que necesitan realizar diferentes tareas simultáneamente con la mayor simplicidad posible y mejor aún, que se ejecuten sin supervisión permanente [18] - [20].

Con una red ubicua, el usuario puede viajar sin preocuparse por haber dejado trabajos pendientes o sin la información necesaria, porque los servicios ubicuos

están en capacidad de ofrecer soluciones para este tipo de inconvenientes y para ofrecer asistencia en cualquier instante que lo necesite. Un claro ejemplo es el servicio de entretenimiento ofrecido por Novoplay [2], que ofrece el acceso a juegos, chats, mensajería y otras aplicaciones, desde cualquier dispositivo que tenga acceso a Internet.

1.4.1.2 Para los Proveedores

Las ventajas para los desarrolladores, creadores, y comercializadores de servicios ubicuos, se reflejan en el incremento de su base de usuarios y en la satisfacción de estos, lo que incentiva el consumo y la ampliación del número de consumidores suscritos al sistema, situación que redundará en beneficios económicos, además, la auto-configuración de los servicios simplifica el arduo trabajo de satisfacer al cliente y disminuye la cantidad de quejas por el inconformismo de este [18] - [20].

Los servicios permiten a los proveedores crear servicios específicos enfocados a un mercado concreto, que tengan la posibilidad de ser configurados por los usuarios, de esta manera obtener estadísticas sobre los servicios preferidos y enfocar de mejor manera sus líneas de productos [18] - [20].

La recolección de información por parte del proveedor de servicios, ayuda a generar servicios con la confianza de aceptación por parte del usuario, disminuyendo el porcentaje de fracaso de un servicio ubicuo [18] - [20].

1.4.1.3 Para los Operadores

Las ventajas generadas en los proveedores de servicios generan en los Operadores la oportunidad de atraer nuevos usuarios atraídos por esta nueva gama de servicios, incrementando sus ingresos económicos y su consolidación en un determinado territorio y mercado.

1.4.2. Limitaciones

En la actualidad los servicios ubicuos están limitados por la baja cantidad de dispositivos idóneos para su ofrecimiento. Además, no existen protocolos estándar que faciliten su ofrecimiento y acceso [18] - [20].

En el entorno Colombiano la principal limitación, es la cultura tecnológica de la población, no obstante, los servicios móviles ocuparon un gran espacio de la cotidianidad de las personas, para el tercer trimestre del año 2007. Según el ministerio de comunicaciones [21], existen 26'581.300 usuarios en categoría prepago y 5'149.422 en categoría pospago, para un total de 31'730.722

consumidores de servicios de telefonía móvil, que representa un poco mas del 50% de la población total del país, demostrando la aceptación tecnológica en la población Colombiana, sin tener en cuenta la posibilidad de usuarios con múltiples dispositivos.

Otra limitación de los servicios ubicuos es la cobertura proporcionada por las tecnologías inalámbricas. Sin embargo, se puede crear una red que soporte el ofrecimiento de estos a más usuarios en una zona de mayor cobertura.

1.4.3. Resumen

Características	Servicios Móviles Tradicionales	Servicios Móviles Ubicuos
Disponibilidad en cualquier instante.	√	√
Disponibilidad en cualquier lugar.	Restringida	√
Soporte a la movilidad del usuario.	√	√
Personalización de los servicios.	Restringida	√
Flexibilidad.	Restringida	√
Transparencia para el usuario.	X	√
Intuitivos.	X	√
Funcionamiento en dispositivos gama baja.	√	X
Funcionamiento en dispositivos gama media y alta.	√	√
Robusto	√	√
Corto tiempo de respuesta.	√	√
Confiabilidad	√	√
Seguridad	√	√
Facilidad de uso	√	√
Ofrecimiento basado en el contexto del usuario.	X	√
Parámetros variables	X	√
Aprende del comportamiento del usuario.	X	√

Tabla 1-1. Resumen comparativo - Servicios Tradicionales-Servicios Ubicuos

1.5. TECNOLOGÍAS A FINES

1.5.1. Bluetooth

Es un estándar global de comunicación inalámbrica, que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos, mediante un enlace por radiofrecuencia, que ofrece una cobertura de 10 hasta 100 metros, utilizando repetidores. Tiene como objetivos principales, facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos, ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales [22].

Su importancia en el proyecto es aportar movilidad al usuario y facilitar el proceso de descubrimiento de dispositivos y servicios, además es una tecnología altamente difundida en el entorno Colombiano, lo cual permite que el protocolo creado pueda ser aplicado en dispositivos de gama media que son más asequibles que los de alta, esto puede facilitar el ingreso del protocolo en el mercado de la telefonía celular y los servicios móviles [22].

En el desarrollo del proyecto esta tecnología desempeñó dos funciones principales, la primera fue aportar en la construcción del protocolo SUMO, mediante la creación de un servicio ubicuo básico y la segunda, fue probar el desempeño del protocolo creado, a través del ofrecimiento de un servicio que implemente el protocolo definido. En las aplicaciones mencionadas, bluetooth trabaja en un entorno comercial, en el cual se busca dispositivos que implementen esta tecnología y el protocolo creado, para ofrecer servicios que se ajusten a sus características y preferencias [22].

Con su utilización, se brindó un grado de seguridad al sistema, debido a que esta tecnología aporta tres niveles de seguridad que pueden ser aplicados, para proporcionar mayor confianza en el servicio, en el capítulo 4 se describe de manera detallada su utilización para la creación y prueba del protocolo de descubrimiento e interacción de servicios ubicuos [22].

1.5.2. WiFi

Wifi es un estándar aceptado por la IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) para redes inalámbricas, su nombre es abreviatura de *Wireless Fidelity* y se conoce también como tecnología 802.11, definición de la que se desprenden varias clasificaciones que estandarizan la conexión para diferentes características de un sistema inalámbrico, como extensión de cobertura y velocidad de funcionamiento, con WiFi se alcanza una cobertura de 150 metros sin necesidad de repetidores y una velocidad de 11 a 54Mb/seg [23].

WiFi aportó a la construcción del protocolo mediante un piloto de un servicio similar al implementado con bluetooth, para abstraer los procesos comunes entre los pilotos creados con cada tecnología, ayudando a definir la estructura del protocolo. Para las pruebas del proyecto fue importante utilizar WiFi para demostrar la versatilidad tecnológica del protocolo SUMO [23].

La utilización de WiFi en el proyecto es importante porque complementa los alcances del protocolo definido, permitiendo que la zona de cobertura se incremente, proporcionando al usuario mayor libertad y al sistema mejor estabilidad, generando un protocolo escalable y acorde a la continua evolución de las tecnologías, además permite crear mejores servicios, con calidad y eficiencia, debido a sus avanzadas características. En la sección 4 se podrá ver con más detalle la utilización de WiFi en el proyecto [23].

1.5.3. RFID (Radio Frequency Identification)

Es una tecnología de almacenamiento y recuperación de datos remotos por radio frecuencia, que utiliza dispositivos denominados etiquetas RFID. Estas se caracterizan por sus pequeñas dimensiones, facilitando su adhesión a elementos, prendas, personas y animales, generando varias aplicaciones: comerciales, en seguridad, identificación y control [24] [25].

En la actualidad se han desarrollado aplicaciones, que permiten identificar parámetros como las características de los objetos, perfiles personales, solicitud de información y control de procesos. Dichas aplicaciones han creado un sistema conformado por etiquetas, lectores, estaciones de programación, lectores de circulación, equipamiento de organización e inventarios, que interactúan para comunicar los requerimientos de la aplicación (por ejemplo; precio, tipo de prenda, perfil de usuario, nombre de mascota, entre otros). Las características de esta tecnología evitan la constante interacción con el usuario, y permiten una interacción autónoma con los dispositivos que soportan un servicio, además está pensada para ofrecer libertad de movimiento al usuario, un parámetro importante para el ofrecimiento de servicios ubicuos [24] [25].

Esta tecnología, podría ser aplicada al proyecto, en trabajos futuros, gracias a sus características de movilidad, portabilidad y acogida en el mercado actual, lo que constituye una alternativa prometedora para la creación del piloto de pruebas. Puede ser utilizada como alternativa para el pago por la prestación de servicios, guardando la información bancaria del usuario para comunicarse directamente con el sistema y el usuario no tenga la necesidad de cargar dinero en efectivo para mayor comodidad, agilidad y seguridad [24] [25].

1.5.4. NFC (Near Field Communication)

Es un estándar basado en la conectividad inalámbrica de corto alcance, que utiliza la inducción de campo para habilitar la comunicación entre dos dispositivos electrónicos que estén próximos. Esta tecnología es ampliamente utilizada en dispositivos móviles para servicios de pagos. En comparación con RFID, ofrece mayor seguridad debido al limitado rango de acción para las transacciones, aproximadamente 4cms (como máximo) [26].

NFC hace parte de las tecnologías que soportan los ofrecimientos de servicios ubicuos debido a las facilidades en la experiencia del usuario, realizando transacciones automáticamente con solo acercar el dispositivo a un terminal de pago NFC. Esta característica se puede aprovechar para complementar el trabajo realizado en este proyecto, definiendo un sistema de pago de servicios ágil, confiable y seguro [26].

1.5.5. Otras

Para el ofrecimiento de servicios ubicuos también se pueden utilizar tecnologías emergentes como WiMAX y/o HSDPA, que por su cobertura y compatibilidad pueden ofrecer características que faciliten la cobertura de una gran cantidad de usuarios con la utilización de pocos recursos.

De igual manera es posible crear servicios con características de ubicuidad con las tecnologías actuales de telefonía móvil y fija, así como sobre Internet [2].

2. PROTOCOLOS DE DESCUBRIMIENTO E INTERACCIÓN DE SERVICIOS

2.1. JINI

Protocolo basado en la idea de grupos federativos⁴ de usuarios, que comparten, ofrecen y utilizan recursos y servicios sobre una red. Creado en los laboratorios Sun Microsystems, gracias al proyecto de investigación en sistemas distribuidos, realizado por Jim Waldo⁵ y Ken Arnold⁶ [27].

Jini surge como una extensión de Java para la integración de sistemas distribuidos, permitiendo que la computación distribuida haga parte de la nueva era de los sistemas [28]. Aporta a las redes mecanismos para la construcción, búsqueda y comunicación de servicios en un sistema distribuido, con el objetivo de mejorar el dinamismo, reflejándolo en la capacidad de agregar y quitar usuarios y servicios de manera flexible de un grupo de trabajo o la red [29]. Además, proporciona al usuario acceso fácil a los recursos en cualquier parte de ella.

Está conformado por tres partes fundamentales, la primera de ellas es un sistema de componentes que provee una infraestructura para servicios federativos en un sistema distribuido, la segunda es un modelo de programación que soporta y estimula la construcción de servicios distribuidos confiables, y la tercera es el conjunto de servicios que pueden formar parte de un sistema federativo Jini y que ofrecen funcionalidades para otros miembros de la federación [29] [30].

La fortaleza de este protocolo radica en la utilización de Java, que permite simplificar la construcción de servicios, aprovechando su potencial para que el código y los datos se transporten de una máquina a otra de forma segura, identificando en todo momento las clases y los objetos que se ejecutan sobre una máquina virtual aunque no se hayan creado en la misma [30] [31].

Durante la implementación de Jini sus creadores asumieron que los dispositivos tenían las características necesarias para soportar el protocolo, pero aquellos

⁴ Federación: Para Jini se considera como un conjunto de servicios almacenados y disponibles para una comunidad computacional.

⁵ Jim Waldo: Ingeniero de Sun Microsystems, investigador del proyecto Neuromance, de la programación orientada a objetos y la computación distribuida.

⁶ Ken Arnold: Ingeniero de Sun Microsystems, Experto en el diseño orientado a objetos y su puesta en práctica.

dispositivos que no las poseen, se pueden conectar a la red, por medio de un servidor *proxy*⁷.

2.1.1. Conceptos Básicos

Servicio: se considera como una entidad que puede ser utilizada por una persona, programa, dispositivo u otro servicio, para realizar una tarea. Es el fundamento que le da sentido a los sistemas distribuidos. El sistema Jini consiste en servicios que pueden ser coleccionados o agrupados, para desempeñar una tarea en particular y se concibe como un conjunto de servicios que se activan y desactivan de forma dinámica dentro de la federación. Se suministran mecanismos para crear, buscar, comunicar y utilizar los servicios de la comunidad [29 - 32].

Servicio de Búsqueda: es el punto de arranque del sistema, en otras palabras, el punto de contacto entre los usuarios (personas, dispositivos o servicios) y el sistema. Su función es mantener información actualizada acerca de los servicios disponibles en la red, los objetos *proxy* que permiten conocer su funcionamiento y los atributos que lo definen. Los servicios se registran mediante dos protocolos llamados Descubrimiento y Ensamble, descritos posteriormente [29 - 32].

Invocación de Métodos Remotos (RMI): se utiliza para la comunicación entre servicios y gracias a sus mecanismos de búsqueda, ejecución y recolección de objetos, se puede invocar un objeto java desde otro objeto o clase remota que se encuentre en la red, característica que fortalece el dinamismo de Jini [29 - 32].

Seguridad: el modelo de seguridad de Jini se basa en una entidad principal y una lista de control de acceso que actúa de la siguiente manera: el servicio es accedido por alguna entidad (principal), la cual se refiere a un usuario en particular, posteriormente el servicio puede solicitar acceso a otros servicios, basado en la identificación del objeto lo implementa, el acceso dependerá de lista de control de acceso asociada con el objeto [29 - 32].

Arrendamiento: la prestación de servicios se realiza por arrendamiento del servicio durante un intervalo de tiempo, este se establece mediante la negociación entre el usuario y el proveedor del servicio, como parte del protocolo del servicio. Esta es una medida de seguridad para liberar un servicio cuando deje de estar disponible, ya sea porque no se puede localizar o por una falla ocurrida en el sistema proveedor [29 - 32].

Los servicios pueden ser renovados cuando se desee prolongar su tiempo de utilización, de lo contrario serán deshabilitados. El arrendamiento tiene dos tipos de asignación, su responsabilidad puede recaer sobre el servicio de búsqueda o dejar indefinidamente el servicio a disposición del usuario. Además se clasifica

⁷ Proxy: programa intermediario que actúa como servidor y cliente para realizar demandas en representación de otros clientes.

como: exclusivo, cuando el servicio es asignado a un solo usuario, y no exclusivo, cuando es otorgado a varios. Algunos sistemas pueden agregar otro tipo de concesión de servicio, todo depende del grupo de trabajo que lo utilice [29 - 32].

Eventos: son los acontecimientos o acciones que ocurren en la red, en un sistema distribuido es inevitable hablar de eventos, debido a que las aplicaciones deben reaccionar a las acciones realizadas, a los cambios y el comportamiento de los usuarios [29 - 32].

2.1.2. Arquitectura Jini

La arquitectura de Jini se divide en tres partes: Infraestructura, Modelo de Programación y Servicios. La infraestructura es el sistema de componentes que permite la construcción del sistema federativo Jini, mientras que los servicios están contenidos en la federación y el modelo de programación es el sistema de interfaces que permite la creación de servicios confiables [29] [31].

Infraestructura: define las bases mínimas de la tecnología Jini, contiene un sistema de seguridad distribuido integrado con RMI, extendiendo el modelo de seguridad de la plataforma Java para sistemas distribuidos. Especifica un par de protocolos de descubrimiento y ensamble que permiten a los servicios descubrir, anunciar, y ser parte de servicios proporcionados a otros miembros de una federación. Además, incluye un servicio de búsqueda que funciona como un depósito de servicios u objetos java [29] [32].

Modelo de Programación [29] [32]: es el encargado de transportar código a través del sistema y se soporta en la infraestructura del nivel inferior (RMI). Define una serie de interfaces que forman una extensión del modelo de programación distribuida de Java, esas interfaces son las siguientes:

Interfaz de arrendamiento: utilizada para la asignación y liberación de un servicio o recurso de la red, a través de un modelo basado en el tiempo, el cual, puede ser renovado o no, dependiendo de las necesidades y características de la comunidad.

Interfaz de evento y notificación: fue concebida como una extensión del modelo de eventos utilizado por los JavaBeans⁸ para ambientes distribuidos, que habilita la comunicación entre servicios Jini. Debido a esto los eventos tienen una respuesta de terceros objetos, teniendo en cuenta los posibles retrasos en las notificaciones distribuidas.

Interfaz de transacción: utilizada para permitir que las entidades cooperen de tal manera que los cambios realizados a un grupo, ocurran en todas o en

⁸ JavaBeans: Modelo de componentes creado por Sun Microsystems para la construcción de aplicaciones en Java.

ninguna, además ofrece un protocolo orientado a objetos que posibilita la coordinación de los cambios de estado de las aplicaciones Jini.

Servicios: la infraestructura y el modelo de programación están contruidos para ofrecerlos y encontrarlos. Los servicios utilizan la infraestructura para llamar a otros, descubrirlos y anunciar su presencia a usuarios de la comunidad. Se construyen utilizando Java y poseen unas interfaces que definen las operaciones que pueden solicitar otros servicios. Su tipo es quien determina las interfaces que lo componen y la configuración de los métodos que pueden utilizarse para accederlo [29] [31] [32].

2.1.3. Protocolos de Jini

Protocolo de Descubrimiento: encargado de permitir a los usuarios acceder al servicio de búsqueda del sistema Jini cuando se registra o solicita un servicio, cuando el servicio se ha localizado se da paso al siguiente protocolo (protocolo de ensamble). Para el descubrimiento de servicios, se han definido tres tipos de protocolos de descubrimiento que dependen de las necesidades de estos [29 - 31].

Protocolo de solicitud multicast: basado en UDP (User Datagram Protocol), utilizado por los clientes para encontrar un servicio de búsqueda en la red.

Protocolo de anuncio multicast: otorga al servicio de búsqueda un rol activo en el anuncio de su presencia cuando entra en la red.

Protocolo de descubrimiento unicast: se utiliza cuando el nombre del servicio de búsqueda es conocido por el usuario.

Protocolo de ensamble: cuando el usuario ha localizado al servicio de búsqueda por medio de algún protocolo de descubrimiento, utiliza el protocolo de ensamble, para registrar y agregar los servicios que ofrece, los cuales son representados por objetos java que contienen sus respectivos atributos y métodos. Una vez terminado este proceso los servicios estarán disponibles para toda la comunidad [29 - 31].

Protocolo de búsqueda: cuando el objeto del servicio está registrado en el servicio de búsqueda, el usuario utiliza este protocolo para acceder al servicio, cuando localiza el servicio, el objeto es descargado por el usuario final o cliente, accediendo a todos sus atributos y métodos [29 - 31].

2.1.4. Funcionamiento

A continuación se describe la interacción de un sistema Jini para el ofrecimiento de servicios.

1. El SP (Service provider) localiza al servicio de búsqueda para registrar los servicios que ofrece, utilizando una solicitud multicasting de descubrimiento, como se muestra en la figura 2-1.

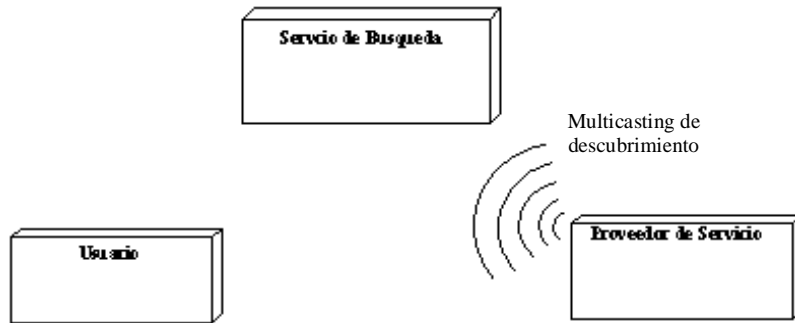


Figura 2-1. Proceso de descubrimiento de Jini

2. Cuando el servicio de búsqueda es localizado (figura 2-2), el SP entabla una comunicación para registrar y cargar en el servicio de búsqueda los objetos de los servicios que ofrece.

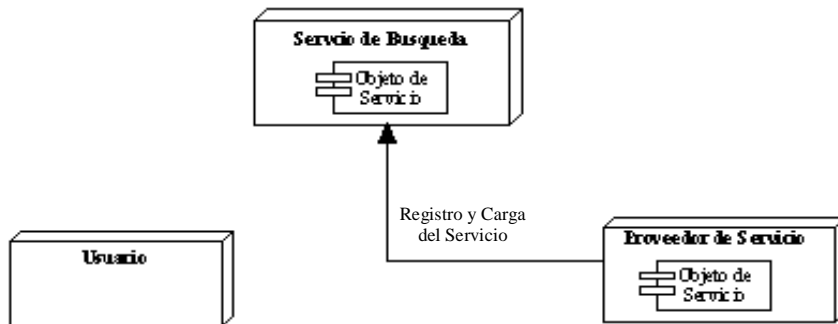


Figura 2-2. Proceso de ensamble de Servicios

3. Ahora los servicios están disponibles para los usuarios, de tal manera que cuando un usuario necesite acceso a alguno, busca en el servicio de búsqueda la localización del servicio, como se muestra en la figura 2-3.

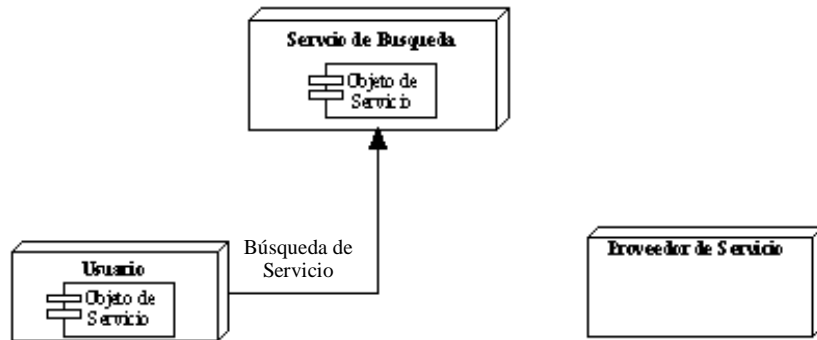


Figura 2-3. Proceso de búsqueda de servicios

- Una vez localizado el servicio, el usuario puede invocar y utilizar directamente los atributos y métodos del mismo (Figura 2-4).

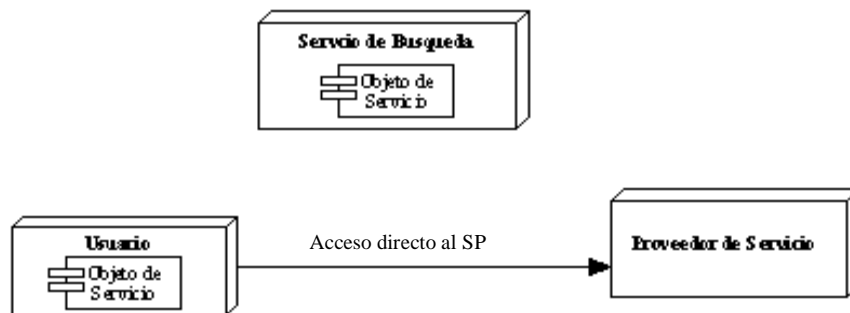


Figura 2-4. Utilización del servicio

2.1.5. Aportes para el Proyecto

Jini es un protocolo robusto para soportar la conexión automática de dispositivos que aporta el concepto de servicio de búsqueda, incluido en el proyecto; un punto central para la búsqueda tanto de usuarios como de servicios.

Por otro lado, en la descripción de Jini, es importante resaltar la definición de las entidades que interactúan durante la ejecución de sus procesos, las cuales fueron adecuadas al entorno del proyecto y sirvieron como base para establecer el comportamiento y los requerimientos del mismo.

De igual manera se tuvo en cuenta la generación de eventos para identificar los diferentes acontecimientos que se presentan a lo largo de la ejecución del protocolo dentro de un servicio, y finalmente, el desarrollo de aplicaciones estándar, es decir, brindando al protocolo desarrollado, un grado de flexibilidad que le permita funcionar en cualquier dispositivo móvil, utilizando herramientas y un lenguaje de programación altamente difundidos (Java).

2.2. PROTOCOLO DE LOCALIZACIÓN DE SERVICIOS (SLP)

Es un protocolo cuya primer versión se aprobó en Junio de 1997 y la segunda en 1999, creado por el grupo de trabajo sobre SLP de la IETF (Internet Engineering Task Force), con el objetivo de simplificar el descubrimiento de recursos y servicios en un ambiente IP, además se concibió con la intención de crear un protocolo descentralizado, ligero y escalable [32] [34].

Es un protocolo que ofrece un registro de servicios y una localización dinámica de dispositivos, es decir, que los elementos entran y salen de la red en cualquier instante, que trabaja sin intervención administrativa, es decir sin un supervisor permanente de la red, define tres elementos básicos para el procesamiento de la información:

Agente de Usuario (AU): entidad encargada de transmitir las solicitudes del usuario.

Agente de Servicio (AS): anuncia la localización y las características de un determinado servicio.

Agente Director (AD): almacena la localización y las características de los servicios, para responder a las solicitudes del AU.

2.2.1. Funcionamiento

En SLP existen dos tipos de configuración de la red. La básica se muestra en la figura 2-5, donde la interacción inicia cuando el AS informa al AD acerca del servicio que pondrá a disposición de los usuarios, enviando la URL (Uniform Resource Locator) y las características de este en un mensaje de registro (*SrvReg*). Posteriormente, cuando un usuario desee utilizar este servicio, enviará un mensaje de solicitud al AD (*SrvRqst*), este a su vez busca el servicio en su base de datos, si la comparación arroja resultados favorables, responde con un mensaje que especifica al usuario la ubicación del servicio (*SrvRply*), es decir envía la URL del servicio. Cuando un AS desea retirar el servicio envía un mensaje de anulación de registro (*SrvDereg*).

Cuando la dirección del AD no se encuentra disponible para ningún agente, el descubrimiento se realiza de forma dinámica por parte del AU y el AS, enviando un mensaje multicast, especificando el servicio deseado a la dirección de multicasting del grupo SLP (239.255.255.253), y al puerto 427. Los agentes directores existentes recibirán este mensaje y responderán con un mensaje unicast *ADAdvert*, del cual se puede extraer su dirección. Los AD pueden advertir su presencia enviando *ADAdverts* no solicitados, a esta forma se le conoce como descubrimiento pasivo y el tercer método es el descubrimiento estático, mediante DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol).

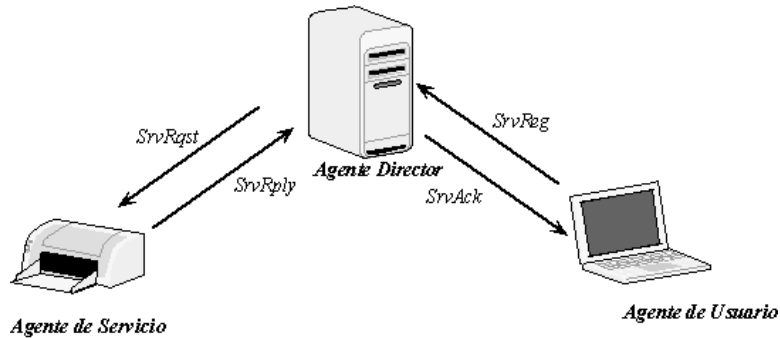


Figura 2-5. Configuración Básica de SLP

La segunda configuración de SLP es utilizada para redes pequeñas en donde no es necesaria la intervención de un AD, de tal forma que el flujo de mensajes se realiza directamente entre el AU y el AS, como se muestra en la figura 2-6. Los AU descubren servicios de manera dinámica de igual forma a como se descubre un AD en la configuración básica, el AU envía su solicitud a la dirección multicast del grupo SLP, y algún AS que soporte este servicio responderá, aquellos que no lo soporten ignorarán el mensaje.

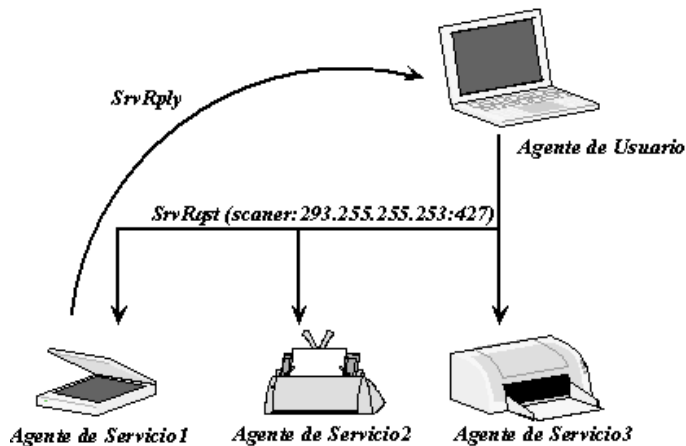


Figura 2-6. Configuración SLP para redes simples

Debido a que SLP trabaja en la comunicación o colaboración entre redes, incluyendo redes externas a una red local, provee mecanismos que se encargan de la seguridad en la red para la correcta y confiable participación de los recursos. En la segunda versión de SLP se crearon métodos de autenticación que soportan los problemas que puede generar [34] [35]:

Autenticación utilizando firmas digitales: Se basa en una llave pública cifrada, que permite garantizar que la información recibida ha sido transmitida por un AU o un AS confiable, los Agentes deben incluir en el mensaje una firma digital que se calcula con el contenido del mensaje, que puede ser URL, listas de atributos y mensajes de anuncio de presencia.

El nivel de confianza entre el AD y el AS, se establece por el administrador de la red, quien instala los servicios y genera las llaves públicas y privadas. Por otro lado para evitar que un AU se comunice con un AD falso, es necesario proveer al AU con la llave pública de manera segura, para que pueda rechazar mensajes con llaves incorrectas.

Autenticación de bloque: La firma digital se introduce en una que contiene la firma de autenticación y otras características necesarias para la autenticación de los agentes, en este bloque está contenida la descripción del algoritmo utilizado para calcular la firma, el tiempo de vida de la autenticación, los parámetros de la llave y el algoritmo y la firma digital, estos elementos brindan a los agentes más criterios para certificar la seguridad de SLP.

2.2.2. Aportes para el Proyecto

Como se mencionó en 2.1.5 la definición de entidades es importante para la construcción del protocolo desarrollado. SDP define roles específicos que facilitan su construcción y explicación, demostrando la importancia de aplicar la definición de entidades.

Por otra parte es un protocolo que aporta conceptos de certificación, que aunque no es el objetivo principal de este proyecto, es importante tenerlos presente para trabajos futuros.

2.3. UNIVERSAL PLUG AND PLAY (UPNP) [36]

Permite a diferentes dispositivos conectados ente sí, intercambiar información de manera sencilla y transparente para el usuario final, independiente del fabricante y sistema operativo.

Ha sido ampliamente utilizado en escenarios comunes como el hogar, el entretenimiento, aparatos de cocina, monitoreo, entre otros. Introduce gran facilidad para la conformación de redes, habilitando la configuración y control de dispositivos, incluyendo dispositivos de trabajo de red y de servicio, así como impresoras, compuertas de Internet y dispositivos eléctricos. Los elementos de una red que implemente UPnP tienen la capacidad de unirse dinámicamente a esta, obtener una dirección IP, transportar sus capacidades y aprender a cerca de la presencia y las capacidades de otros dispositivos, todo automáticamente.

2.3.1. Arquitectura

UPnP está conformado por tres bloques fundamentales: dispositivos, servicios y control, los cuales se describen a continuación.

Bloque de dispositivos: Un elemento de un sistema UPnP, se considera como un contenedor de servicios y dispositivos jerarquizados. Diferentes categorías de unidades UPnP se asocian con otros sistemas generando varios grupos de trabajo que estandarizarán el conjunto de servicios que proporcionará un componente de la red. Toda esta información y las características del elemento de red, son almacenadas en un archivo XML (eXtensible Markup Language) de descripción.

Bloque de servicios: Un servicio se considera la unidad más pequeña de un sistema UPnP, la cual expone sus acciones y modela su estado gracias a variables del sistema, esta información está contenida en el documento de descripción de dispositivo mencionado con anterioridad.

En un dispositivo UPnP, un servicio está constituido por una tabla de estados, un servidor de control y un servidor de eventos. La tabla de estados modela el estado del servicio y sus actualizaciones, por su parte el servidor de control recibe acciones de solicitud, las ejecuta, actualiza la tabla de estado y devuelve respuestas. El servidor de eventos informa, en cualquier momento, los cambios del servicio a quienes estén interesados.

Bloque de control: El controlador de la red UPnP es capaz de manejar el descubrimiento y el control de elementos de red. Cuando se ha realizado el descubrimiento de un dispositivo, el controlador puede recuperar su descripción y conseguir la lista de los servicios asociados, recuperar los atributos de ciertos servicios en los que este interesado, invocar acciones para controlarlo y suscribirse al servidor de eventos; para recibir la notificación de algún cambio de estado.

2.3.2. Protocolos de UPnP

UPnP establece una pila de protocolos estandarizados (Figura 2-7), para asegurar la compatibilidad entre diferentes aplicaciones.

Se han definido protocolos de alto nivel que soportan la ejecución de UPnP, tres niveles de trabajo donde se generan las diferentes plantillas para la descripción de dispositivos y servicios específicos, seguido se introduce un vendedor en esta plantilla, junto con la información del dispositivo o servicio, nombre del dispositivo, modelo, nombre del fabricante y la URL para la descripción del servicio.

Estos datos son encapsulados en un protocolo específico de UPnP definido en la arquitectura de dispositivos, posteriormente la información necesaria es insertada en todos los mensajes utilizando los protocolos SSDP (Simple Service Discovery Protocol), GENA (Generic Event Notification Architecture) y SOAP (Simple Object Access Protocol), entregados por medio de HTTP (HyperText Transport Protocol), HTTPU (HTTP Multicast sobre UDP) o HTTPMU (HTTP unicast sobre UDP).

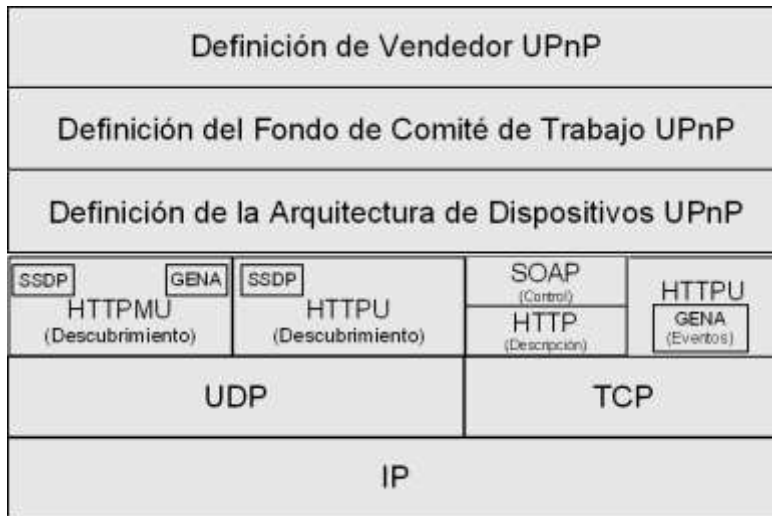


Figura 2-7. Protocolo utilizados en UPnP

SSDP [37]: define como los servicios de red pueden ser descubiertos, se construyó sobre HTTPU, HTTPMU y define métodos para que un punto de control localice los recursos de interés en la red, y para que un dispositivo anuncie su disponibilidad.

GENA [38]: definida para proporcionar la capacidad de enviar y recibir notificaciones que usan HTTP sobre TCP/IP y UDP multicast. También incluye los conceptos de suscriptores y emisores de notificaciones para soportar eventos.

SOAP [39]: define el empleo XML y HTTP para ejecutar llamadas de procedimiento remoto, aprovechando la infraestructura existente de Internet, puede trabajar con eficacia ante la presencia de un firewall⁹ y/o proxy.

HTTP, HTTPU y HTTPMU [40]: todos los aspectos de UPnP son construidos tomando como referencia a HTTP o sus variantes, definidas para entregar mensajes sobre UDP/IP en vez de TCP/IP. Los formatos de mensaje básicos usados según estos protocolos se adhieren con HTTP y se requieren para comunicaciones multicast o cuando la entrega de mensaje no requiere un elevado nivel de fiabilidad.

2.3.3. Funcionamiento

El funcionamiento de UPnP se muestra en las figuras 2-8 y 2-9, cuya descripción se realiza a continuación:

⁹ Firewall: equipo de hardware o software utilizado en las redes para prevenir algunos tipos de comunicaciones prohibidos por las políticas de red.

1. Descubrimiento: un dispositivo que ingrese o se agregue a la red, anuncia sus servicios al punto de control, de igual manera un punto de control se agrega y está habilitado para buscar un dispositivo.
2. Descripción: con el objetivo de conocer mejor un dispositivo, el punto de control debe recuperar la descripción del dispositivo a partir de la URL provista por el dispositivo en el mensaje de descubrimiento.
3. Control: cuando el punto de control obtiene la descripción del dispositivo, debe recuperar las descripciones de los servicios que este contiene. Si desea controlar al dispositivo, envía una petición de acción al servicio que posee. En respuesta a este mensaje el servicio puede retornar algún valor de acción específica.
4. Acontecimiento: la descripción del servicio incluye una lista de las acciones a las cuales responde el servicio y una lista de variables que modelan el estado del servicio en tiempo de ejecución, el servicio publica actualizaciones cuando estas variables cambian y un punto de control puede suscribirse para recibir esta información. El mensaje de evento correspondiente puede contener más de una variable de estado y su valor actual.
5. Presentación: si un dispositivo tiene una URL para su presentación, entonces el punto de control puede recuperar una página desde esa URL, cargarla en un navegador y dependiendo de las capacidades de la pagina, permite al usuario controlar el dispositivo y/o visualizar su estado.

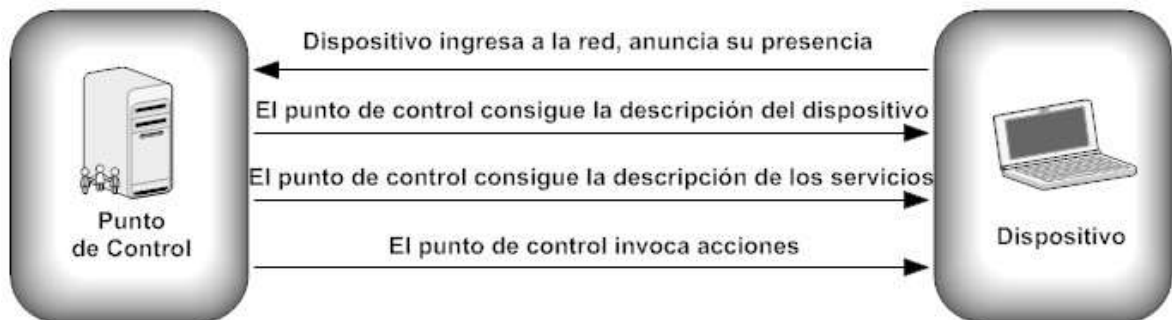


Figura 2-8. Funcionamiento de UPnP, durante el descubrimiento



Figura 2-9. Funcionamiento de UPnP, durante el control/visualización

2.3.4. Aportes para el Proyecto

Como en los anteriores protocolos, UPnP define tres elementos principales que conforman su sistema, no obstante su característica más relevante es el controlador central, que se adoptó en el proyecto como una entidad principal encargada de administrar los procesos de descubrimiento e interacción de servicios.

Otra de las características utilizadas en el protocolo desarrollado, es la recuperación de la descripción de servicios.

2.4. PROTOCOLO DE DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS (SDP)

El Protocolo de Descubrimiento de Servicio permite a dispositivos de red, aplicaciones y servicios, buscar y encontrar otros dispositivos de red complementarios, aplicaciones y servicios, para completar tareas específicas [41].

Define cómo una aplicación cliente ejecuta una serie de acciones para descubrir servicios disponibles en un servidor y las características del mismo. Este protocolo especifica la forma en que un cliente busca un servicio de acuerdo a unos atributos específicos, sin la necesidad de conocer los servicios que están disponibles en el servidor, igualmente SDP provee medios para el descubrimiento de nuevos servicios poniendo su estado en disponible, cuando un cliente entra en la zona de cobertura de un servidor, además identifica cuando un servicio no está disponible [41].

2.4.1. Funcionamiento

SDP es un protocolo simple que no tiene muchas exigencias en cuanto al transporte, utiliza un modelo de Solicitud/Respuesta, como se muestra en la figura 2-10, donde cada transacción está constituida por una solicitud y una respuesta PDU (Unidad de Datos de Protocolo), sin embargo las solicitudes pueden ser retrazadas y las respuestas pueden verse alteradas o retornadas en desorden. Cada SDP PDU contiene una cabecera, seguida de unos parámetros específicos. Generalmente, a cada solicitud PDU, corresponde una respuesta, pero cuando una solicitud esta alterada, es decir no tiene el formato adecuado, el servidor responde con un mensaje de error.

Para el protocolo SDP un servicio es cualquier entidad que provee información, desempeña una acción o controla un recurso en nombre de otra, esta entidad puede ser implementada como *software*, *hardware* o una combinación de los dos.

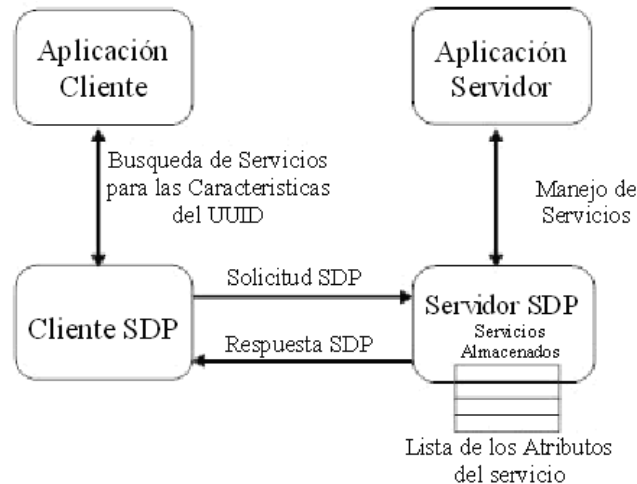


Figura 2-10. Interacción en un sistema SDP

La información acerca de un servicio se almacena en un contenedor de atributos, un servidor SDP, la definición de los atributos es común a todos los servicios, sin embargo los proveedores pueden definir atributos especiales en campos reservados si lo creen conveniente.

Cada servicio es una instancia de una clase de servicio cuya definición depende de los atributos almacenados en el registro, de tal manera que para cada servicio se asigna un UUID (Universally Unique Identifier), garantizando que sea único en tiempo y espacio.

En cuanto al descubrimiento de servicios, SDP permite a un dispositivo descubrir que servicios ofrece otro, investigando el entorno en busca de estos. El proceso de búsqueda de servicios, le permite al usuario obtener un registro de un servicio en particular, dependiendo de los atributos contenidos en el mismo, pero la búsqueda de servicios basados en atributos arbitrarios no está contemplada en SDP, es decir se busca solo los contenidos en los UUID. La búsqueda utiliza navegación basada en esquemas de atributos llamados *BrowseGroupList* que contienen una lista de UUID, cada identificador está asociado a un grupo de atributos para asociar el servicio al proceso de navegación.

2.4.2. Aportes para el Proyecto

El protocolo SDP aporta al proyecto el concepto de búsqueda de dispositivos, que es importante para identificar los clientes a quienes se pretende ofrecer un servicio. De igual manera la búsqueda de servicios basada en atributos o parámetros es otra característica que se retoma para la definición y búsqueda del tipo de servicios soportados por el protocolo desarrollado.

2.5. SALUTATION

Es una especificación abierta desarrollada por el Consorcio Salutation, que provee configuración espontánea de redes. Creada con el ánimo de resolver problemas de descubrimiento y utilización de servicios en un sistema compuesto por una gran cantidad de dispositivos, en un ambiente de alta conectividad y movilidad, permitiendo a las aplicaciones, servicios y dispositivos buscar otras aplicaciones, servicios o dispositivos de una capacidad particular, además, solicitar y establecer una sesión ínteroperable para utilizar sus capacidades [42].

2.5.1. Arquitectura

Salutation define la arquitectura mostrada en la figura 2-11, compuesta por clientes, un servidor y un SLM (Salutation Manager) que especifica una interfaz para la comunicación de diferentes entidades llamadas Gestores de Transporte, encargadas de registrar los servicios.

Además desarrolla otras interfaces llamadas Unidades Funcionales, que contienen las características de cada dispositivo y deben registrarse con el SLM, de tal manera que si un cliente requiere un servicio, lo solicita a éste, para que verifique si lo tiene registrado y puede proporcionarlo o es necesario buscar en otros SLM [42] [43].

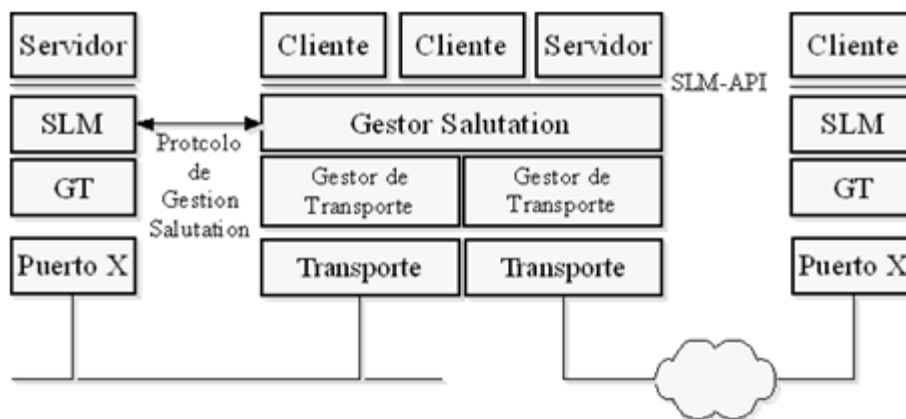


Figura 2-11. Arquitectura

Salutation Manager: el gestor salutation funciona como un agente de servicio para aplicaciones, dispositivos y servicios, que se conocen como entidades de red, permite además, el descubrimiento y utilización de funcionalidades entre entidades de red. Para desempeñar su función, debe comunicarse con otros SLM mediante Protocolo de Gestión Salutation, además proporciona una interfaz de transporte independiente llamada SLM-API (SLM-Application Program Interface), para servidores y clientes.

SLM representa el servicio de búsqueda de este protocolo y un elemento importante que puede organizarse de manera jerárquica o en un arreglo de cooperación para el soporte de todos los servicios disponibles. Sin embargo, el modelo expuesto por el Consorcio Salutation puede aplicarse sin un director, donde los clientes y servicios pueden encontrarse mutuamente utilizando mensajes locales, configurando un sistema que funcione correctamente para redes pequeñas [43].

Servidor: cualquier entidad de red puede considerarse un proveedor de servicios o servidor, y debe registrar toda su funcionalidad o capacidades con el SLM.

Cliente: una entidad conectada a la red, puede ser también un usuario de servicios, al cual se le denomina Cliente, el cual descubre los servicios y los solicita al SLM.

Gestor de transporte: el SLM esta ligado a un protocolo de transporte específico a través del gestor de transporte que es único para su tipo.

2.5.2. Aportes para el Proyecto

Este protocolo presenta una clara ventaja frente a los protocolos mencionados, debido a su independencia del protocolo de transporte, característica fundamental en el protocolo desarrollado. En esta primera etapa del protocolo, se ofrece soporte para bluetooth y WiFi, dejando abierta la implementación para otro tipo de tecnologías inalámbricas.

2.6. KONARK

Es un *middleware*¹⁰ diseñado para el descubrimiento y envío de servicios en una red inalámbrica en configuración ad-hoc de multi-saltos, soporta dentro de sus mecanismos de descubrimiento los modos de *Push*¹¹ y *Pull*¹², con almacenamiento en todos los dispositivos [44] [45].

Para el anuncio y descubrimiento de servicios Konark utiliza mensajes *multicast*, permitiendo además la entrega de estos, ejecutando un servidor HTTP liviano en cada dispositivo, que debe poseer un registro de servicio donde almacena las características de sus propios servicios y los que proporcionan otros. La

¹⁰ Middleware: es un software que sirve de intermediario entre dos aplicaciones, con el fin de que éstas intercambien información.

¹¹ Push: es un método que permite enviar información a un dispositivo móvil sin que el usuario realice una petición.

¹² Pull: es un método de envío de información a un dispositivo móvil mediante solicitud del usuario.

descripción de los servicios se hace con XML basado en WSDL (Web Services Description Language) [44] [45].

2.6.1. Arquitectura

En la arquitectura de descubrimiento definida por konark, mostrada en la figura 2-12, cada dispositivo actúa como cliente y como servidor simultáneamente, para obtener esta dualidad y alcanzar el objetivo de descubrimiento y entrega de servicios, se definen varios componentes [44] [45]:

Aplicación konark: elemento que facilita la interacción humana para iniciar, anunciar, descubrir y utilizar servicios.

Gestor SDP y Registro: Estos elementos trabajan juntos para mantener objetos de servicio y su información correspondiente.

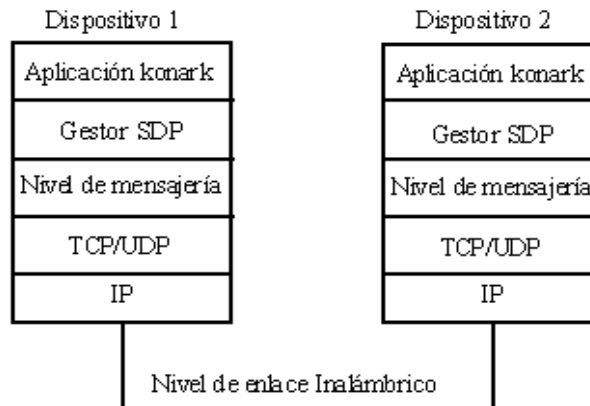


Figura 2-12. Arquitectura de descubrimiento de servicios konark

Para el descubrimiento de servicios, el gestor SDP, es el elemento principal que descubre los servicios requeridos en una aplicación, además registra y anuncia los servicios locales en el dispositivo. En esta arquitectura el gestor SDP y el nivel de mensajería interactúan para recibir los mensajes de descubrimiento y anuncio de servicio.

Para la entrega de servicios se definió la arquitectura mostrada en la figura 2-13, donde la acción principal es la comunicación entre la aplicación del cliente y el pequeño servidor HTTP. Cuando un servicio es descubierto, el conocimiento acerca de este, por parte del cliente, es muy limitado. El cliente recibe información básica como el nombre del servicio, la dirección del proveedor, el tipo de servicio y el tiempo de disponibilidad, información con la cual el cliente puede solicitar más información y completar el proceso de recepción del servicio solicitado.

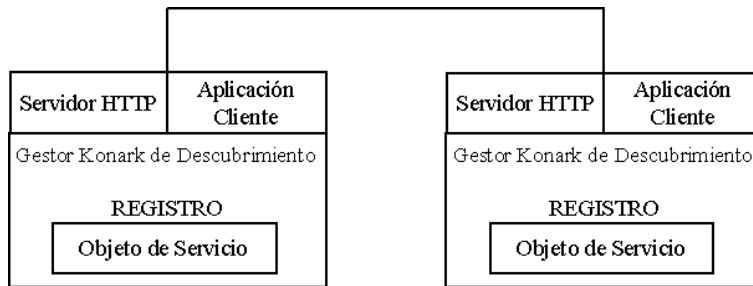


Figura 2-13. Arquitectura de entrega de servicios konark

2.6.2. Aportes para el Proyecto

La combinación de los modos *push* y *pull* es una manera de ofrecer servicios ubicuos, brindando la capacidad al usuario de solicitarlos y de recibirlos, sin embargo en el proyecto se implementó únicamente, el método *push* que facilita el ofrecimiento imperceptible de servicios, disminuyendo las interacciones con el usuario.

3. PROTOCOLO DE DESCUBRIMIENTO E INTERACCIÓN DE SERVICIOS UBICUOS

3.1. INTRODUCCIÓN

Los protocolos estudiados en la sección 2 funcionan correctamente para los servicios y entornos para los cuales fueron creados; sin embargo, para la prestación de servicios ubicuos en un entorno context-aware, no dan soporte para realizar procesos de descubrimiento e interacción, además se debe tener en cuenta que no todos soportan la implementación en redes inalámbricas, característica fundamental para los sistemas ubicuos. Es por eso que existe la necesidad de crear un protocolo que permita la búsqueda y ofrecimiento de servicios ubicuos móviles, teniendo en cuenta que éste debe ser totalmente transparente para el usuario, independiente de la tecnología de transporte y basado en el contexto. Este protocolo debe estar soportado en las tecnologías de comunicaciones inalámbricas de fácil acceso en el entorno Colombiano como WiFi y Bluetooth, las cuales están al alcance de los usuarios gracias a la evolución de los dispositivos móviles.

En este capítulo se detalla el protocolo de descubrimiento e interacción de servicios ubicuos móviles SUMO desarrollado en este trabajo de grado. En la sección 3.2 se presenta el modelo definido para SUMO, teniendo en cuenta las entidades y operaciones relacionadas con el, en 3.3 se describe la pila de protocolos establecida para SUMO, describiendo detalladamente las capas y los protocolos contenidos en ellas, para posteriormente describir el funcionamiento y la implementación de SUMO, en las secciones 3.4 y 3.5 respectivamente.

3.2. MODELO DE SUMO

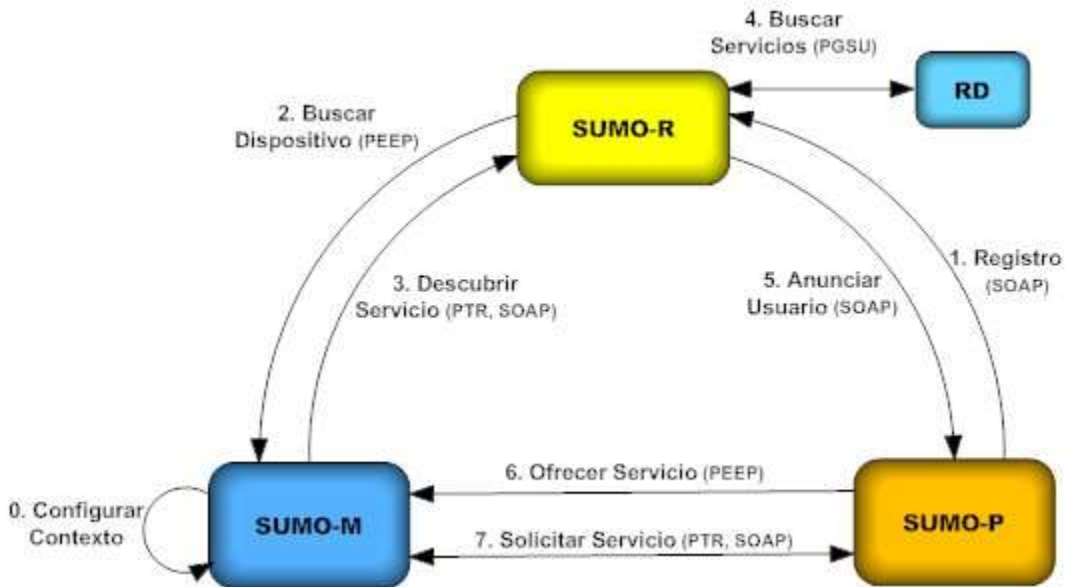


Figura 3-1. Modelo del Protocolo SUMO

La figura 3-1 presenta el modelo del protocolo SUMO, con sus cuatro entidades: SUMO-R (Registro), SUMO-P (Proveedor), SUMO-M (Móvil) y RD (Repositorio de Descripciones).

3.2.1. Entidades

SUMO-R: los proveedores registran los descriptores de servicio en esta entidad, que serán comparados con la información de contexto de los usuarios descubiertos, para permitir la comunicación e interacción entre proveedor y usuario.

SUMO-P: desde una perspectiva arquitectónica es quien permite la interacción usuario-servicio, pues es en esta entidad donde se ejecutan las funcionalidades de los servicios. Además es quien realiza el registro de la descripción del servicio en SUMO-R, y desde el punto de vista comercial, representa al propietario del servicio.

SUMO-M: desde una perspectiva arquitectónica, es quien permite descubrir los servicios, intercambiar el contexto del usuario con SUMO-R y permitir al usuario interactuar con los servicios que ofrece SUMO-P, y desde un punto de vista comercial, representa al usuario de los servicios.

RD: entidad en la cual residen los documentos que describen los servicios proporcionados por los proveedores.

3.2.2. Operaciones

Como se muestra en la figura 3-1, las entidades interactúan entre sí, realizando una serie de operaciones que permiten el descubrimiento y la interacción de servicios ubicuo en ambientes móviles.

- Configurar Contexto: esta operación es muy importante, se ejecuta previamente a las demás operaciones y comprende todas las acciones que el usuario debe realizar para establecer el contexto del servicio ubicuo, inicialmente se han considerado: las preferencias de los servicios deseados y sus datos personales.
- Registro: es el proceso mediante el cual SUMO-P registra toda la información necesaria en SUMO-R para que se pueda hacer el descubrimiento de servicios comparando la información del servicio con la del contexto de usuario.
- Buscar Dispositivo: debido a la movilidad de los usuarios y dispositivos, es necesario su búsqueda en el área de cobertura con el fin de saber su localización, identificarlos dentro de la red e iniciar el proceso de descubrimiento e interacción de servicios.
- Descubrir Servicio: operación que se realiza cada vez que un dispositivo nuevo es descubierto, en la cual SUMO-M envía el contexto del usuario a SUMO-R, solicitando la búsqueda de los servicios que satisfacen en mayor medida las necesidades del usuario, generando como respuesta por parte de SUMO-R, un identificador de sesión utilizado para llevar a cabo la operación *Solicitar Servicio*.
- Buscar Servicios: cada vez que SUMO-R recibe un perfil de usuario, éste inicia la búsqueda de servicios en RD con el objetivo de encontrar los servicios que más se acerquen a las necesidades del usuario.
- Anunciar Usuario: es el proceso mediante el cual SUMO-R comunica a SUMO-P la identificación del usuario(s) que ha descubierto y desea utilizar sus servicios.
- Ofrecer Servicios: cuando el proveedor del servicio (PS) conoce el dispositivo que requiere de sus servicios, esto una vez se realiza la operación *Anunciar Usuario*, envía una notificación al SUMO-M correspondiente, para alertar e indicar que el descubrimiento de servicios se ha realizado con éxito.
- Solicitar Servicio: es la operación final y permite la interacción entre SUMO-R y SUMO-P intercambiando información acerca del servicio descubierto.

- Utilizar Servicio: no aparece en la figura 3-1 pero hace referencia a las acciones que existen entre el móvil y el PS cuando se ejecutan las funcionalidades del servicio, las cuales son propias de cada uno.

Los diferentes protocolos que transportan los mensajes; los cuales se utilizan en la ejecución de las operaciones de la figura 3-1, son detallados en las secciones 3.3.2 y 3.4.

3.3. PILA DE PROTOCOLOS

La construcción del protocolo SUMO se realizó tomando como referencia el modelo OSI [46] y es por eso que esta hecho en capas permitiendo una comunicación vertical, por medio de servicios, y horizontal, por medio de protocolos. La figura 3-2 muestra las capas con sus respectivos protocolos.

3.3.1. Capas

Aplicación: es la capa superior del protocolo donde residen los perfiles de los usuarios y la descripción de los servicios que registran los SP en SUMO-R. Además permite realizar la interacción servicio-usuario, una vez terminado el proceso de descubrimiento.

Sesión: controla los procesos de descubrimiento e interacción, además hace la búsqueda de los servicios en el RD teniendo como base los contextos de los usuarios. Proporciona a la capa de Aplicación los medios para que el contexto de usuario y los servicios sean descubiertos.

Mensajería: construye los mensajes que permiten realizar los procesos de descubrimiento e interacción de los servicios ubicuos, a partir de las solicitudes que realiza la capa de Sesión.

Transporte: ofrece a la capa de Mensajería los mecanismos para transportar mensajes entre las entidades. Además permite que SUMO sea independiente de la capa Física ya que define protocolos para cada una de las tecnologías de comunicación inalámbrica, permitiendo el descubrimiento y la interacción de servicios.

Física: es la encargada de las conexiones físicas entre las entidades SUMO-R ↔ SUMO-M y SUMO-P ↔ SUMO-M. Las cuales son inalámbricas y pueden ser de dos tipos, Bluetooth (IEEE 802.15) y WiFi (IEEE 802.11). Además sirve para establecer los enlaces por los cuales la capa de Transporte envía los mensajes.

La utilización de estas dos tecnologías en la capa se debe al objetivo de proporcionar la posibilidad a la mayoría de dispositivos móviles, que existen hoy en día en el mercado, de utilizar el protocolo.

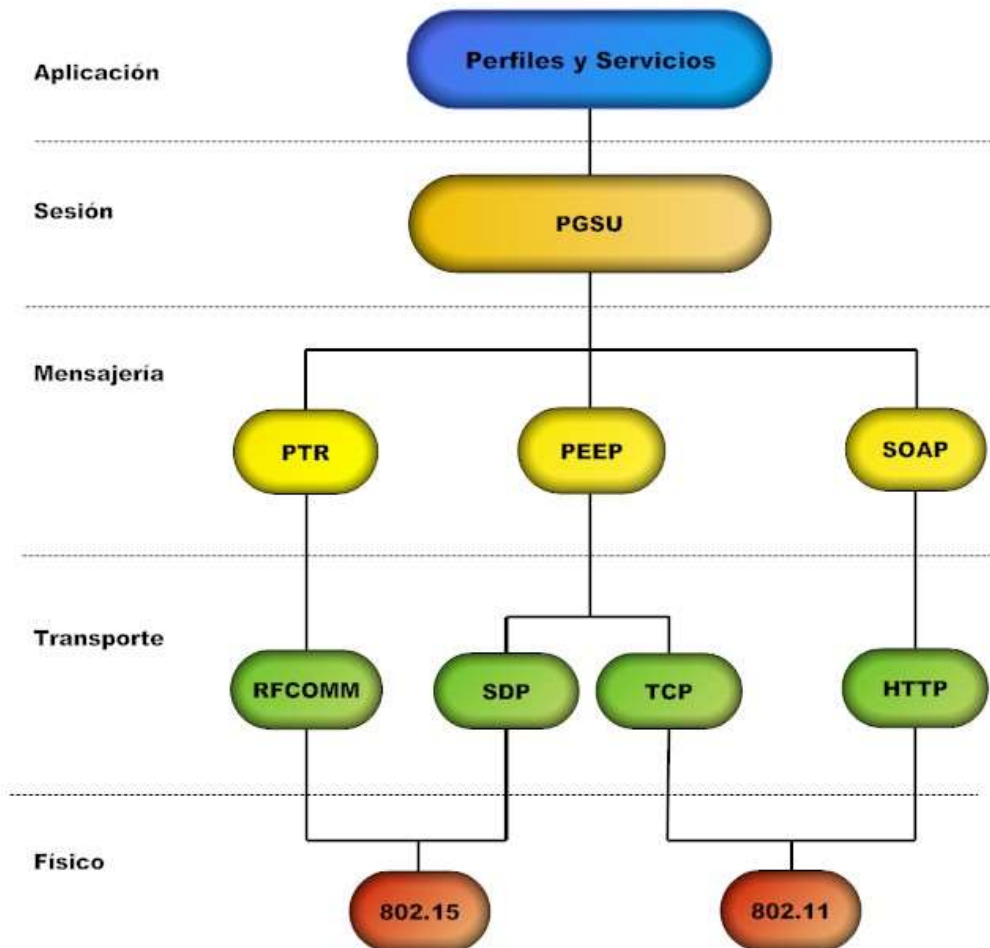


Figura 3-2. Pila de protocolos SUMO

3.3.2. Protocolos

En esta sección se describe el uso de los protocolos utilizados en cada capa del protocolo SUMO.

Sesión:

PGSU – Protocolo de Gestión de Servicios Ubicuos, controla todas las operaciones que permiten el descubrimiento e interacción de servicios ubicuos. Así como también la comparación de los servicios que están registrados en el RD utilizando el contexto de los usuarios.

Mensajería:

PTR – Protocolo TransReceptor construye los mensajes que son intercambiados entre las entidades, cuando éstas utilizan una conexión bluetooth para realizar las operaciones *Descubrir Servicio* y *Solicitar Servicio*. Este protocolo utiliza a su vez a RFCOMM en la capa de transporte para llevar los mensajes de una entidad a otra.

PEEP – Protocolo Explorador de dispositivos y Emisor de mensajes *Push*, permite realizar las operaciones *Buscar Dispositivo* y *Ofrecer Servicio*, utilizando los protocolos de transporte SDP y TCP, dependiendo de las características del dispositivo móvil (ver sección 1.3.2).

SOAP – Simple Object Access Protocol es un protocolo utilizado para el intercambio de información estructurada en forma descentralizada en un entorno distribuido [47]. Facilitando el intercambio de mensajes haciendo uso del modelo de Llamada a Procedimiento Remoto (RPC - Remote Procedure Call) el cual permite realizar las operaciones, *Descubrir Servicio* y *Solicitar Servicio* cuando las entidades utilizan una conexión WiFi.

Transporte:

RFCOMM: es una implementación del estándar ETSI TS 07.10 junto con unas adaptaciones específicas de Bluetooth [48], el cual simula una conexión de puerto serial RS 232 proporcionando un flujo de datos transparente entre los dispositivos, permitiendo el envío y recepción de datos o mensajes entre las entidades de SUMO. Dentro de la pila de protocolos del protocolo SUMO, se utiliza para transportar mensajes PTR mediante una conexión bluetooth.

SDP - Service Discovery Protocol: define cómo una aplicación cliente puede descubrir servicios disponibles en un servidor [49]. Proporciona los medios para el descubrimiento de nuevos servicios cuando el cliente entra en el área de cobertura de un servidor con tecnología Bluetooth. Es utilizado por el protocolo PEEP, cuando la entidad SUMO-R hace la exploración de dispositivos en busca de entidades SUMO-M, en una red Bluetooth.

TCP - Transmission Control Protocol: está pensado para proporcionar un servicio fiable de comunicación entre procesos, en un entorno con múltiples redes. Y para ser un protocolo 'Pc' a 'Pc' de uso común en redes múltiples [50]. Al igual que SDP este protocolo es utilizado por PEEP cuando la entidad SUMO-R hace la exploración de dispositivos en busca de entidades SUMO-M, pero en una red WiFi.

HTTP - Hypertext Transfer Protocol: según el [RFC2616](#) este protocolo es del nivel de aplicación para distribuir y colaborar entre sistemas de información de hipertexto [49]. Dentro de la pila SUMO, se lo utiliza para el transporte de

mensajes SOAP entre las entidades, y mediante la implementación de *Web Services* a través de una conexión inalámbrica WiFi [51].

Física:

IEEE 802.15 [52]: es el estándar en el cual esta soportada la tecnología inalámbrica Bluetooth y utilizado cuando el dispositivo descubierto tiene soporte de este tipo de comunicación.

IEEE 802.11 [53]: es el estándar en el cual esta soportada la tecnología inalámbrica WiFi y utilizado cuando el dispositivo descubierto tiene soporte de comunicación mediante WLAN (Wireless LAN).

3.4. FUNCIONAMIENTO

En esta sección se describe el funcionamiento del protocolo, de acuerdo con los mensajes enviados entre las entidades descritas en el apartado 3.2.1. Cada mensaje enviado tiene la estructura mostrada por la figura 3-3. Donde la cabecera, denotada en color amarillo, contiene el tipo de mensaje y los parámetros importantes para su transporte. El campo de color azul representa la información relevante del mensaje.



Figura 3-3. Mensajes de SUMO

3.4.1. Registro

Es la forma en que los PS registran los servicios que pondrán a disponibilidad del usuario. Los mensajes intercambiados entre las entidades se muestran en la figura 3-4.

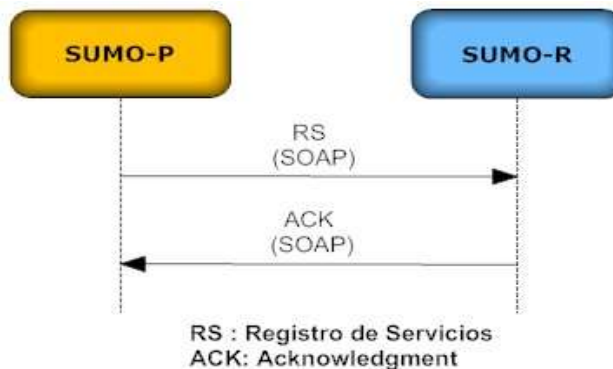


Figura 3-4. Registro

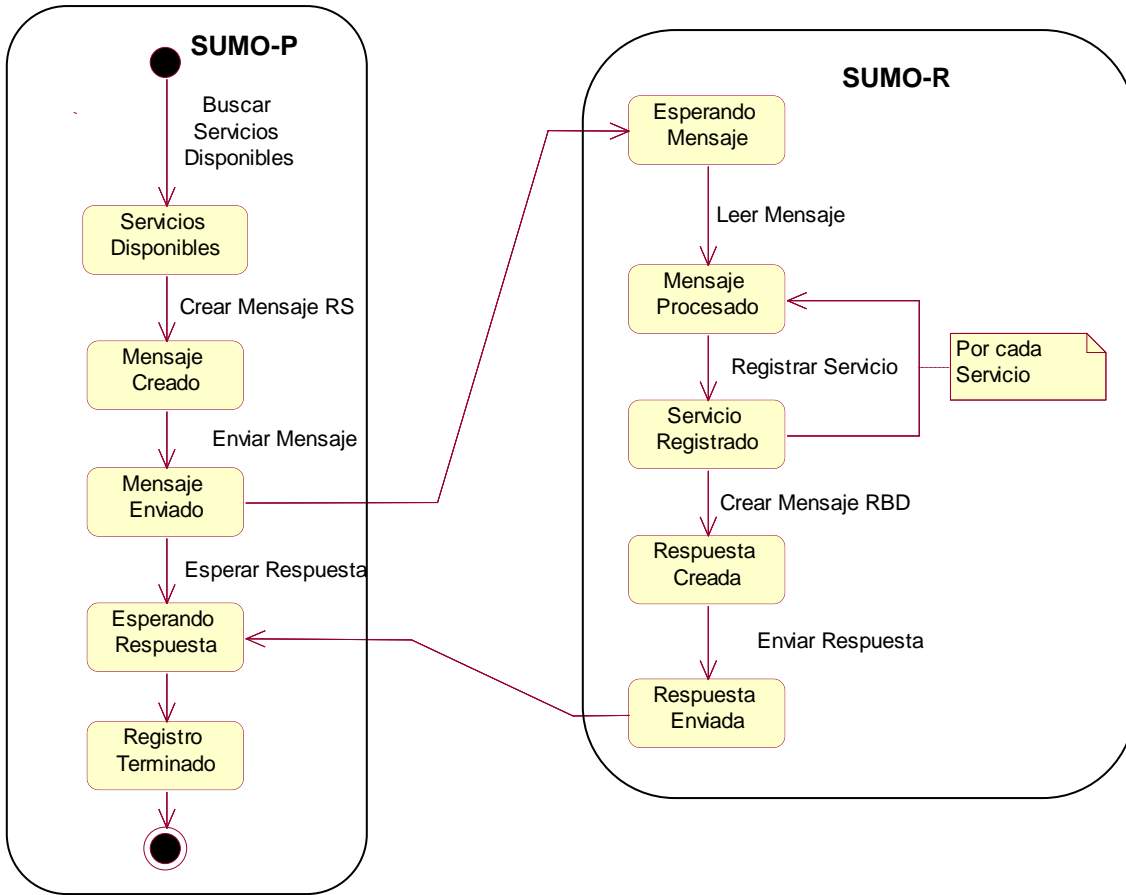


Figura 3-5. Diagrama de Estados - Registro

La figura 3-6 muestra la estructura del mensaje RS.

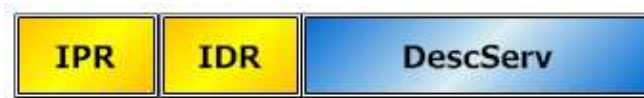


Figura 3-6. Mensaje de Registro

IPR: dirección IP de SUMO-R.

IDR: identificación de SUMO-R.

DescServ: contiene la información necesaria de cada servicio disponible en SUMO-P, para hacer la comparación con el contexto de usuario.

La respuesta de SUMO-R es una confirmación del registro del servicio (figura 3-7).



Figura 3-7. Respuesta al mensaje Registro

ACK: identificación del mensaje de confirmación.

Mensaje: envió de la palabra clave de registro de servicio, “ok”.

3.4.2. Buscar Dispositivos

El protocolo SUMO, inicia realizando una búsqueda de dispositivos que se encuentren en la zona de cobertura y tengan instalado el protocolo SUMO. Para esto se intercambian mensajes entre las entidades SUMO-R y SUMO-M, como lo muestra la figura 3-8.

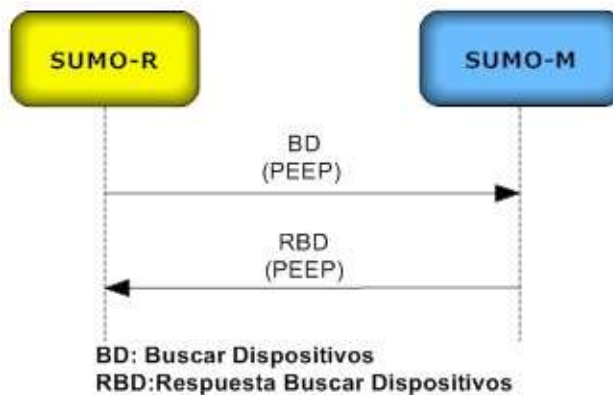


Figura 3-8. Búsqueda de Dispositivos

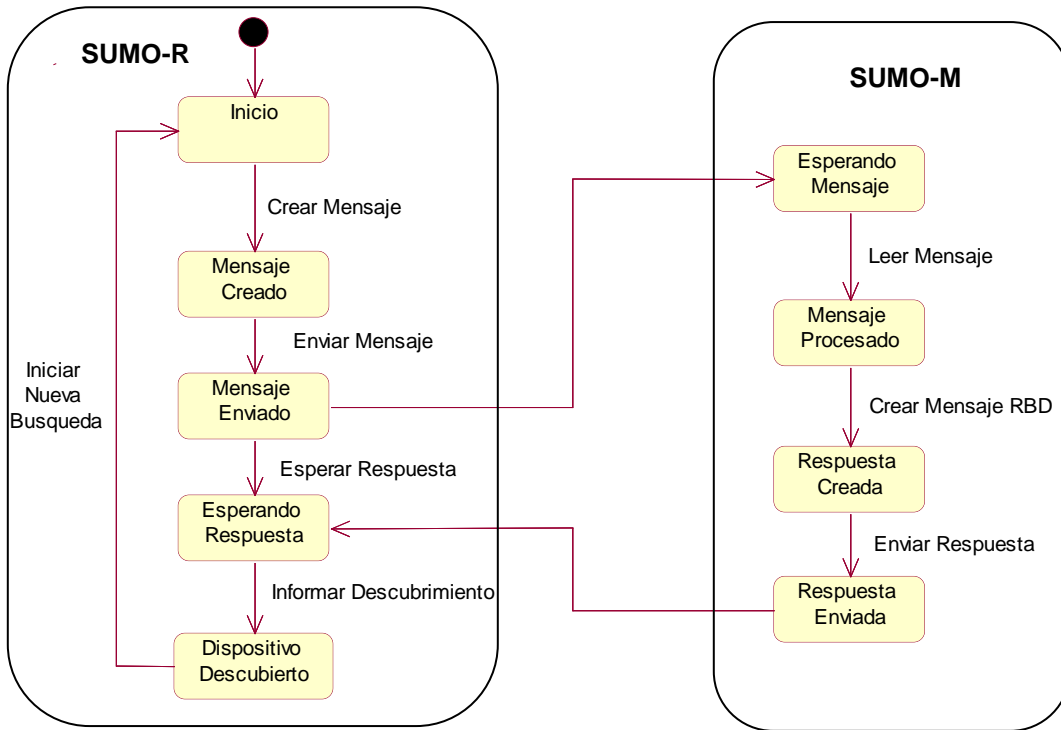


Figura 3-9. Diagrama de Estados - Búsqueda de Dispositivos

WiFi:

Para el descubrimiento de dispositivos utilizando la tecnología WiFi se envía un mensaje ICMP de solicitud de eco [54], el cual se muestra en la figura 3-10.

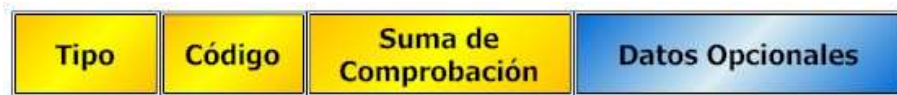


Figura 3-10. Mensaje para la Búsqueda de Dispositivo WiFi

Tipo - este campo contiene la identificación del tipo de mensaje, En la definición de ICMP, se establece como el dígito 8.

Código - este campo se fija en 0.

Suma de Comprobación: contiene la suma del contenido del mensaje para verificar que el mensaje llegue a su destino correctamente.

Datos Opcionales - Para este mensaje este campo no contiene información.

El dispositivo descubierta responde con un mensaje ICMP de solicitud de eco el cual contiene la misma estructura del mensaje de solicitud de eco, solo presenta un cambio en el campo "Tipo", el cual tendrá el valor 0.

BLUETOOTH:

Para el descubrimiento de dispositivos bluetooth, se utiliza un mensaje GIAC de solicitud de eco, que contiene los campos mostrados en la figura 3-11.



Figura 3-11. Mensaje para la Búsqueda de Dispositivos Bluetooth

BD: identifica el tipo de mensaje, en este caso, un mensaje de Búsqueda de Dispositivos.

Información: especifica que el mensaje va dirigido a los dispositivos de tipo GIAC, que tengan instalado el protocolo SUMO.

Los dispositivos de tipo GIAC que estén habilitados para ser descubiertos, responden con un mensaje de confirmación que contiene la información necesaria para establecer una comunicación bluetooth (figura 3-12).



Figura 3-12. Respuesta a la Búsqueda de Dispositivo

RBD: Respuesta a la Búsqueda de Dispositivo, identifica el tipo de mensaje.

Parámetros: contiene el nombre y dirección del dispositivo descubierto.

3.4.3. Solicitar Contexto

Cuando un dispositivo ha sido descubierto se procede con la solicitud del contexto del usuario, estableciendo la conexión necesaria para su envío, el servidor solicita el contexto al dispositivo, mediante el intercambio de mensajes, como lo muestra la figura 3-13.

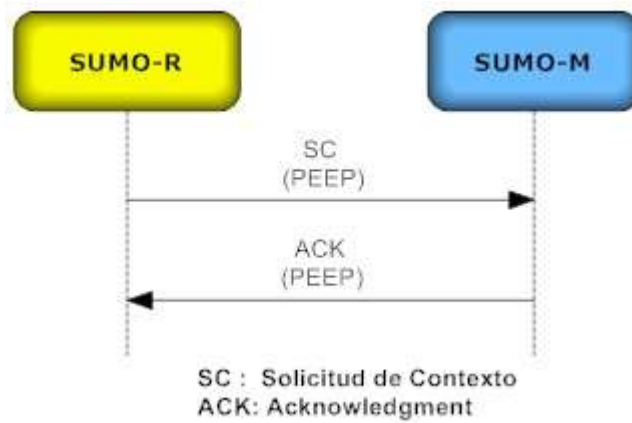


Figura 3-13. Solicitud de Contexto

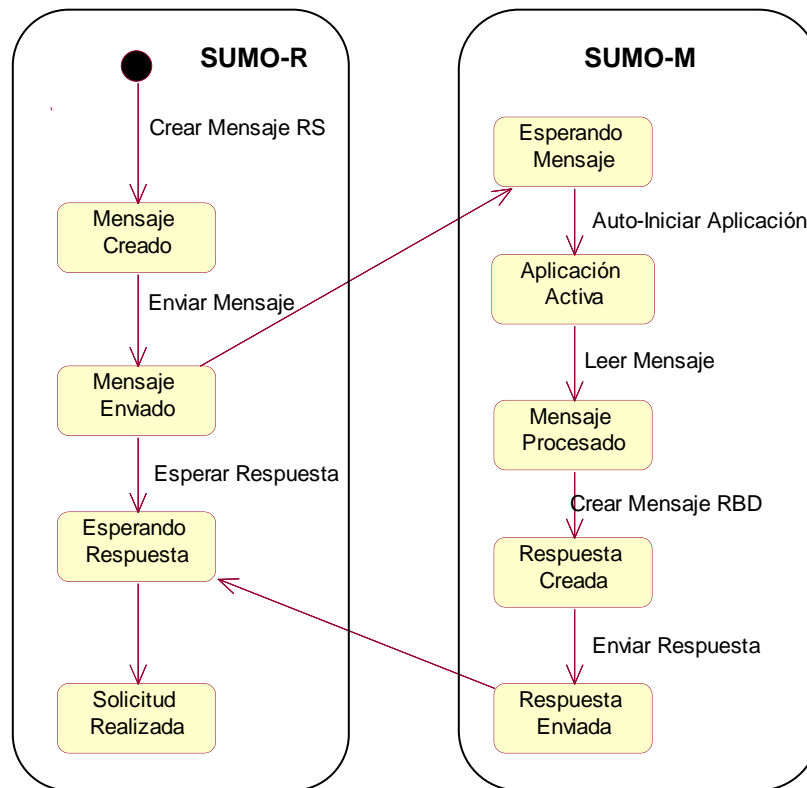


Figura 3-14. Diagrama de Estados - Solicitud de Contexto

WiFi:

Para solicitar el contexto de usuario a un dispositivo WiFi, se transmite el mensaje SC que tiene los siguientes campos (figura 3-15).



Figura 3-15. Mensaje de Solicitud de Contexto WiFi

IPO: contiene la dirección IP del dispositivo al que va dirigido el mensaje.

IPD: contiene la dirección IP del servidor que hace la solicitud.

Puerto: puerto de escucha del dispositivo remoto.

Bandera de Acción: indica al dispositivo que el servidor quiere establecer una conexión para el envío del contexto, el valor de la bandera es 1.

La respuesta desde el móvil contiene los campos de del mensaje mostrado en la figura 3-15, y su contenido es:

IPO: contiene la dirección IP del dispositivo que responde a la solicitud.

IPD: contiene la dirección IP del servidor que hizo la solicitud.

Puerto: puerto de escucha del dispositivo remoto, común para las dos entidades.

Bandera de Acción: respuesta afirmativa del dispositivo e indicación del establecimiento de la conexión, el valor de la bandera es 0.

BLUETOOTH:

Para solicitar contexto a un dispositivo bluetooth, SUMO-R utiliza el mensaje SC de la figura 3-16.



Figura 3-16. Mensaje de Solicitud de Contexto Bluetooth

DMAC: Dirección MAC (Media Access Control) del dispositivo descubierto, ha quien va dirigido el mensaje.

PU: Protocolo Utilizado, Identificación del protocolo de comunicación utilizado, para este caso bluetooth.

IS: Identificador de Servicio, que identifica la conexión establecida entre SUMO-R y SUMO-M.

Mensaje: contiene el mensaje enviado al móvil, que en este caso es “send profile”.

La respuesta del móvil es una confirmación de recepción del mensaje y establecimiento de la conexión, para envío del contexto (figura 3-17).



Figura 3-17. Respuesta al mensaje de Solicitud de Contexto

ACK: identificación del mensaje de confirmación.

Mensaje: envió de la palabra clave de establecimiento de conexión, “ok”.

3.4.4. Solicitar Descubrimiento de Servicios

Después de enviar la respuesta de confirmación de solicitud de contexto, SUMO-M realiza una petición de descubrimiento de servicios, enviando el mensaje SDS como lo muestra la figura 3-18.

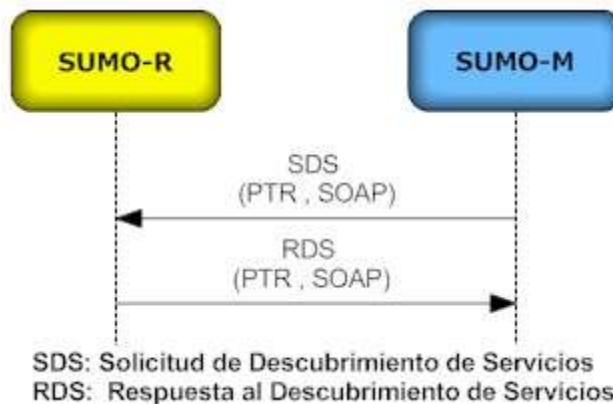


Figura 3-18. Solicitud de Descubrimiento de Servicios

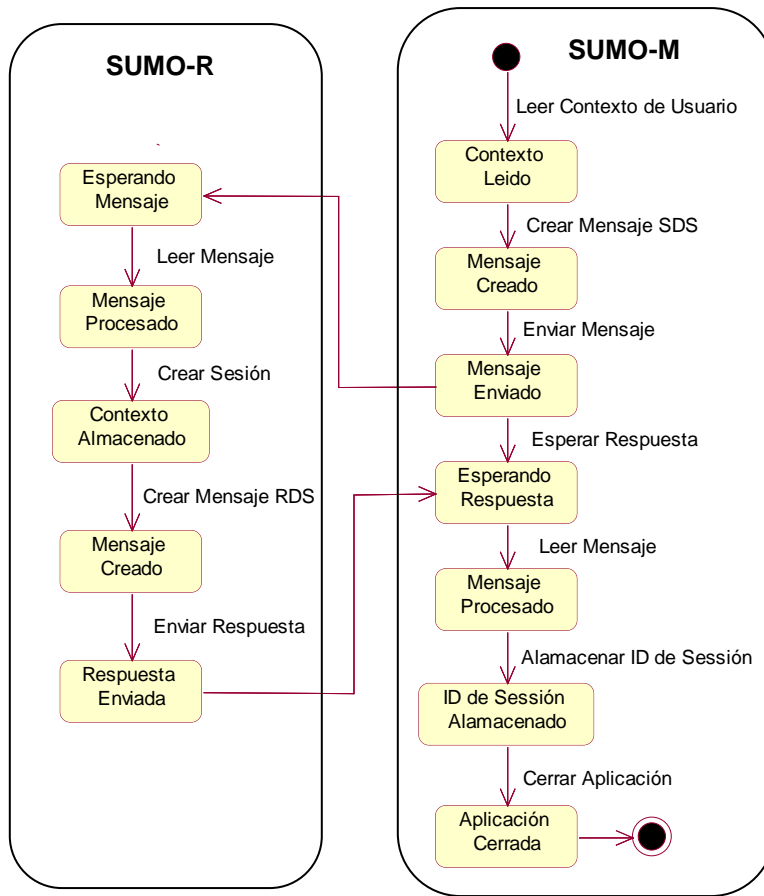


Figura 3-19. Diagrama de Estados - Solicitud de Descubrimiento de Servicios

WiFi:

SUMO-M WiFi realiza la solicitud de servicios mediante el mensaje SDS que esta estructurado como lo muestra la figura 3-20.



Figura 3-20. Mensaje para Solicitud de descubrimiento – WiFi

DS: identificación del mensaje de Descubrimiento de Servicios.

IP: dirección IP de SUMO-R.

El campo de Información de contexto esta conformado por:

DP: contiene los Datos Personales del usuario, identificado mediante su dispositivo móvil.

Preferencias: contiene la descripción de los gustos y servicios preferidos del usuario.

BLUETOOTH:

SUMO-M envía el mensaje SDS con la estructura de la figura 3-21, para solicitar que le sean descubiertos servicios basados en su contexto.



Figura 3-21. Mensaje para Solicitud de Descubrimiento de Servicios – Bluetooth

DS: identificación del mensaje de Descubrimiento de Servicios.

DMAC: Dirección MAC de SUMO-R.

El campo de Información de Contexto tiene los siguientes campos:

DP: contiene los Datos Personales del usuario, identificado mediante su dispositivo móvil.

Preferencias: contiene la descripción de los gustos y servicios preferidos del usuario.

SUMO-R envía como respuesta el mensaje de la figura 3-18, tanto para dispositivos que se conecten mediante WiFi, como para los que se comuniquen utilizando bluetooth.



Figura 3-22. Respuesta al mensaje de Solicitud de descubrimiento de Servicios

RDS: identificación del mensaje de Respuesta a Descubrimiento de Servicios.

ISESION: Identificador de sesión, utilizado para referenciar los servicios descubiertos para un determinado usuario.

3.4.5. Buscar Servicios

Para la búsqueda de servicios, SUMO-R envía un mensaje al RD de servicios para que se realice la comparación entre los servicios registrados y el contexto del usuario (figura 3-23).

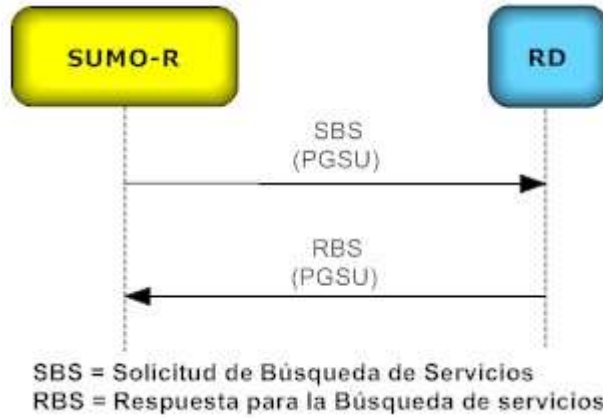


Figura 3-23. Búsqueda de Servicios

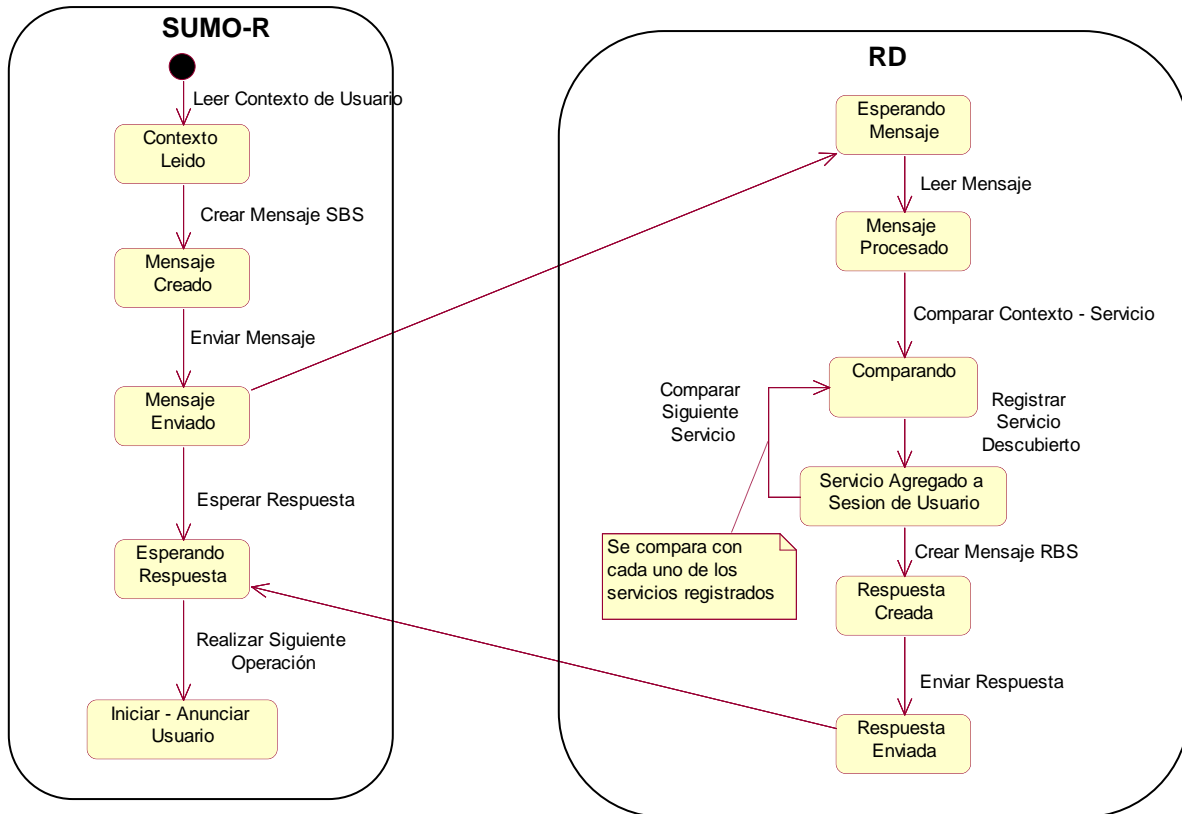


Figura 3-24. Diagrama de Estados - Búsqueda de Servicios

El mensaje tiene la estructura mostrada en la figura 3-25, para las dos tecnologías.



Figura 3-25. Mensaje para la Búsqueda de Servicios

BS: identificación del mensaje de Búsqueda de Servicios.

Categoria: clasificación de la categoría del servicio solicitado.

SCategoria: especificación de la categoría solicitada.

APS: especificación del tipo de servicio, puede ser Aplicación, Producto o Servicio.

Para indicar a SUMO-R los servicios encontrados, RD transmite la identificación del proveedor, mediante el mensaje de la figura 3-26.



Figura 3-26. Respuesta para el mensaje de Búsqueda de Servicios

RBS: identificación del mensaje de Respuesta de Búsqueda de Servicios.

ISD: contiene un Identificador de referencia por cada Servicio Descubierto.

PRS: especifica la dirección del o los Proveedores de Servicios.

3.4.6. Anunciar Usuario

Una vez se descubren servicios para un usuario, SUMO-R envía la identificación de SUMO-M a SUMO-P; mediante el mensaje AU, como lo muestra la figura 3-27.

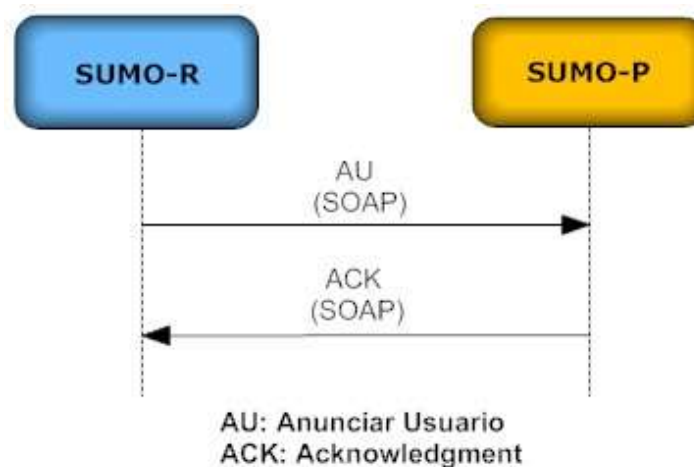


Figura 3-27. Anunciar Usuario

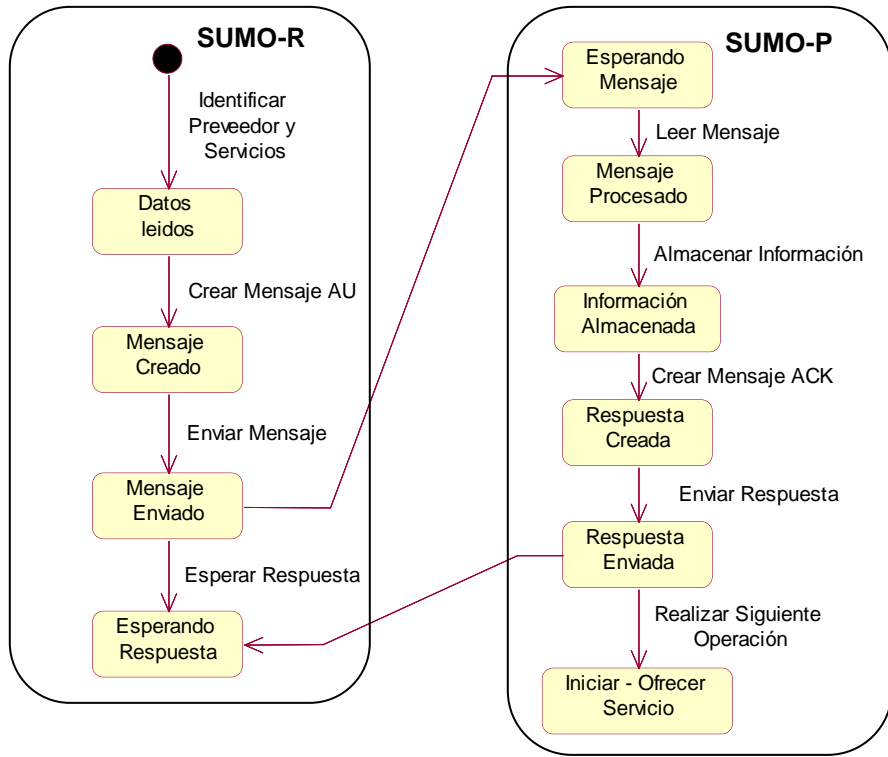


Figura 3-28. Diagrama de Estados – Anunciar Usuario

El mensaje AU tiene la estructura mostrada en la figura 3-28



Figura 3-29. Mensaje Anunciar Usuario

IPP: dirección IP de SUMO-P.

DirM: Dirección de SUMO-M, especifica la tecnología del dispositivo del Usuario, entregando la dirección MAC para el caso bluetooth y la dirección IP para WiFi.

Servicio: indica el o los servicios solicitados por el usuario.

La respuesta del servidor es una confirmación del mensaje de anuncio de usuario (figura 30).



Figura 3-30. Respuesta al mensaje de Anuncio de Usuario

ACK: identificación del mensaje de confirmación.

Mensaje: envió de la palabra clave de recepción de mensaje de anuncio de usuario, "ok".

3.4.7. Ofrecer Servicio

Cuando SUMO-P sabe que usuario requiere de sus servicios envía un mensaje OS, para advertir al usuario sobre los servicios descubiertos (figura 3-31).

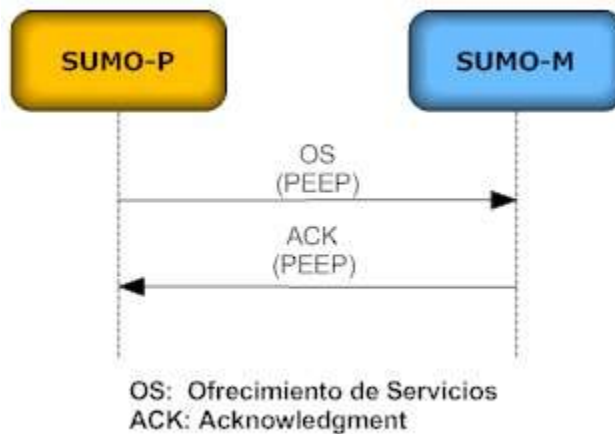


Figura 3-31. Ofrecimiento de Servicios

El diagrama de estados de esta operación es igual a la de *Solicitar Contexto*, pero con una Bandera de Acción distinta, la cual indica a SUMO-M que existen servicios descubiertos para el usuario.

WIFI:

El mensaje de ofrecimiento de servicios tiene la siguiente estructura:



Figura 3-32. Mensaje para Ofrecer Servicio

IPO: contiene la dirección IP de SUMO-P.

IPD: contiene la dirección IP del dispositivo al que va dirigido el mensaje.

Puerto: puerto de escucha del dispositivo remoto.

Bandera de Acción: indica al dispositivo el ofrecimiento de servicio, el valor de la bandera es 2.

La respuesta desde SUMO-M contiene los campos del mensaje mostrado en la figura 3-32, y su contenido es:

IPO: contiene la dirección IP del dispositivo que responde al ofrecimiento de servicios.

IPD: contiene la dirección IP de SUMIO-P.

Puerto: puerto de escucha del dispositivo remoto, común para las dos entidades.

Bandera de Acción: respuesta afirmativa del dispositivo e indicación del establecimiento de la conexión, el valor de la bandera es 0.

BLUETOOTH:

El mensaje de ofrecimiento de servicio que utiliza SUMO-P, para advertir a usuarios con un dispositivo con bluetooth se muestra en la figura 3-33.



Figura 3-33. Mensaje para Ofrecer Servicio

DMAC: dirección MAC del dispositivo para el que se descubrieron servicios.

PU: Identificación del Protocolo de comunicación Utilizado, para este caso bluetooth.

IS: Identificador de Servicio, que referencia la conexión establecida entre el servidor y el móvil.

Mensaje: contiene el mensaje enviado al móvil, que en este caso es “servicio descubierto”.

La respuesta del móvil es una confirmación de recepción del mensaje y establecimiento de la conexión, para el envío del contexto (figura 3-34).



Figura 3-34. Mensaje de Confirmación

ACK: identificación del mensaje de confirmación.

Mensaje: envió de la palabra clave de establecimiento de conexión, "ok".

3.4.8. Solicitar Servicio

Si el usuario decide aceptar el ofrecimiento de SUMO-P, el móvil envía un mensaje SS para solicitar el envío de los servicios descubiertos, como lo muestra la figura 3-35.



Figura 3-35. Solicitar Servicios

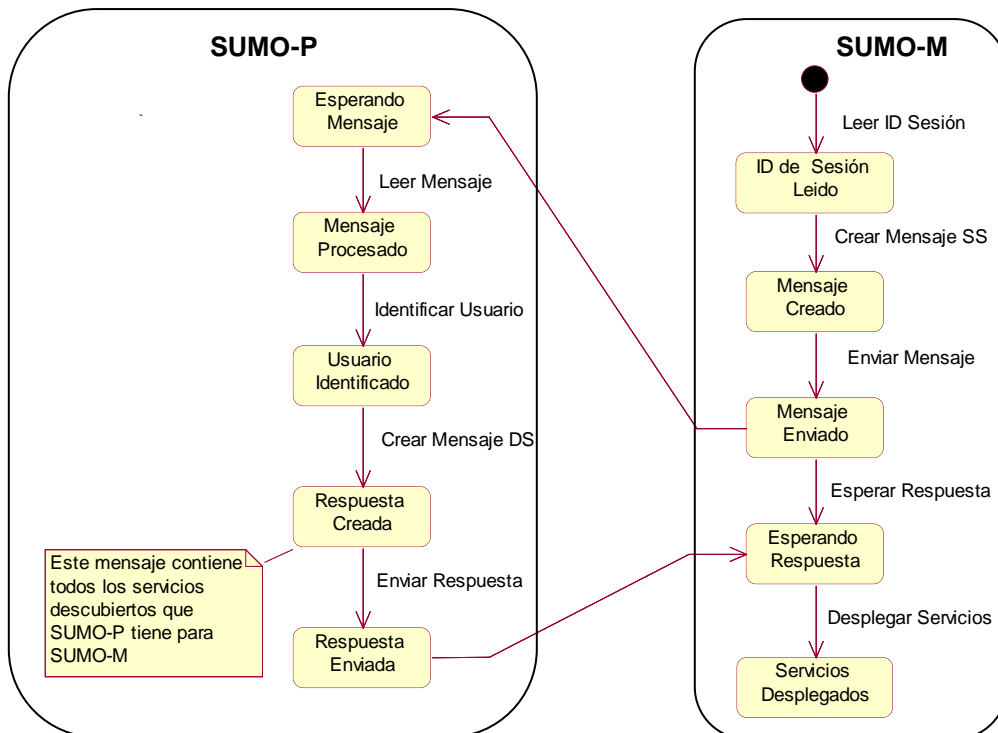


Figura 3-36. Diagrama de Estados - Solicitar Servicios

WIFI:

El mensaje de solicitud de servicios mediante WiFi, tiene la estructura mostrada en la figura 3-37.



Figura 3-37. Mensaje de Solicitud de Servicio

IPO: contiene la dirección IP del dispositivo que solicita el servicio.

IPD: contiene la dirección IP de SUMO-P.

Puerto: puerto de escucha del dispositivo remoto.

Mensaje: contiene el identificador de sesión, utilizado para identificar los servicios descubiertos para el usuario.

La respuesta desde de SUMO-P contiene los campos descritos a continuación.



Figura 3-38. Mensaje de Respuesta a la Solicitud de Servicio

IPO: contiene la dirección IP de SUMO-P.

IPD: contiene la dirección IP del SUMO-M que solicito el servicios.

Puerto: puerto de escucha del dispositivo remoto, común para las dos entidades.

Servicio: contiene el servicio que se ajusta al contexto del usuario.

BLUETOOTH:

La solicitud del servicio desde SUMO-M bluetooth se hace mediante el identificador de sesión en el siguiente mensaje:



Figura 3-39. Mensaje de Solicitud de Servicio

DMAC: dirección MAC del servidor al que se solicita el servicio.

Mensaje: contiene el identificador de sesión que referencia los servicios encontrados según el contexto contenido en el perfil enviado previamente.

Para ofrecer el servicio a un dispositivo bluetooth, se utiliza el mensaje de la figura 3-40.



Figura 3-40. Respuesta al mensaje de Solicitud de Servicios

DMAC: dirección MAC del dispositivo al que se ofrecen los servicios, ha quien va dirigido el mensaje.

Servicio: servicio o servicios ofrecidos de acuerdo al contexto del usuario.

3.5. IMPLEMENTACIÓN

3.5.1. Casos de Uso

A continuación se definen los actores que intervienen en el protocolo, los casos de uso y la relación que existe entre ellos. Ver figura 3-41.

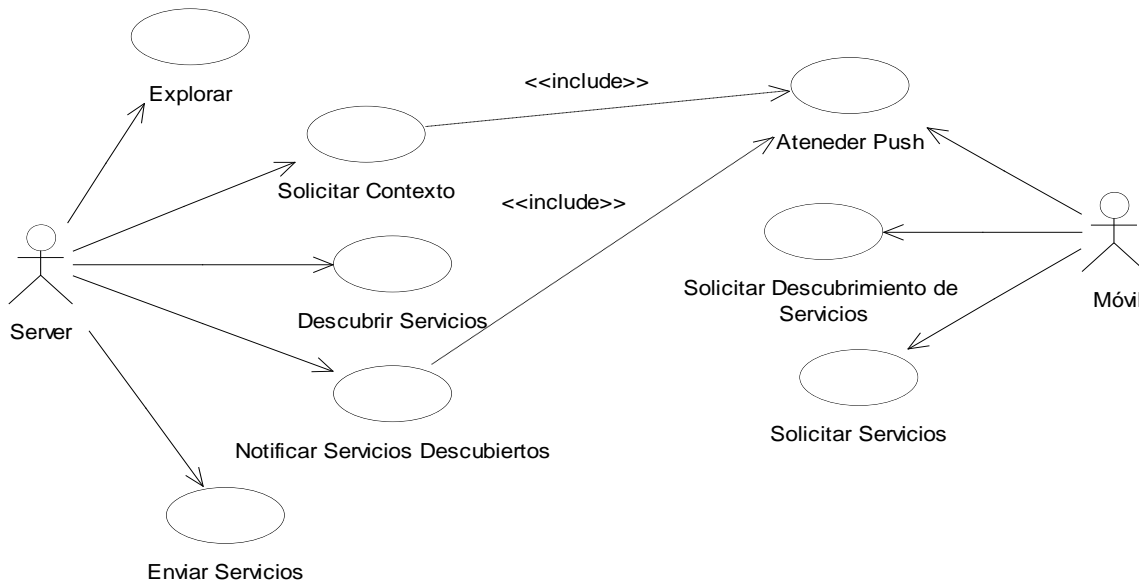


Figura 3-41. Diagrama de casos de uso de alto nivel del protocolo SUMO

3.5.2. Actores

En seguida se describe el rol que desempeñan los dos actores involucrados en el protocolo de descubrimiento e interacción de servicios ubicuos móviles.

- Servidor: representa al host en el cual reside SUMO-S y permite la interacción entre el *software* y el *hardware* para hacer el descubrimiento y la interacción de servicios ubicuos, por ende contiene los servicios que deben ser registrados por los proveedores.
- Móvil: Representa el dispositivo móvil el cual interactúa con el Servidor para intercambiar el contexto del usuario y los servicios.

3.5.3. Descripción

A continuación se hace una descripción de todos los casos de uso de alto nivel de SUMO.

Caso de uso	Explorar
Actores	Servidor
Impacto	Primario
Descripción	El Servidor inicia este caso de uso para monitorear constantemente la red en busca de dispositivos con el fin de iniciar el proceso de descubrimiento e interacción de servicios ubicuos móviles.

Caso de uso	Solicitar Contexto
Actores	Servidor
Impacto	Primario
Descripción	Este caso de uso consiste en el envío de un mensaje <i>push</i> , desde el servidor a cada dispositivo encontrado, con el fin de realizar el intercambio del contexto del usuario, y de esta manera iniciar el descubrimiento de servicios.

Caso de uso	Descubrir Servicios
Actores	Servidor
Impacto	Primario
Descripción	El Servidor inicia este caso de uso cuando compara el contexto del usuario con las características de todos los servicios que estén disponibles. El resultado de la comparación queda almacenado en una base de datos, referenciada con un identificador de sesión que es retornado al dispositivo móvil.

Caso de uso	Notificar Servicios Descubiertos
Actores	Servidor
Impacto	Primario
Descripción	Este caso de uso consiste en el envío, que realiza el Servidor, de mensaje un <i>Push</i> al dispositivo móvil informando que se han descubierto servicios, con el fin de que éste realice la solicitud de los servicios con su respectivo identificador de sesión.

Caso de uso	Enviar Servicios
Actores	Servidor
Impacto	Primario
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando el Servidor recibe una petición desde el dispositivo móvil y en respuesta envía los servicios. Los cuales están almacenados persistentemente ¹³ y referenciados por un identificador de sesión.

Caso de uso	Atender <i>Push</i>
Actores	Móvil
Impacto	Primario
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando el Móvil recibe los mensajes <i>push</i> que envía el Servidor para decidir cual de los procesos se va a realizar; descubrimiento o interacción.

Caso de uso	Solicitar Descubrimiento de Servicios
Actores	Móvil
Impacto	Primario
Descripción	El Móvil inicia este caso de uso para realiza la solicitud de descubrimiento de servicios, enviando el contexto del usuario dependiendo del medio de conexión disponible en el dispositivo móvil; WiFi o Bluetooth.

Caso de uso	Solicitar Servicios
Actores	Móvil
Impacto	Primario

¹³ hace referencia a los datos almacenados de manera segura para que no puedan ser borrados y cuyo acceso requiere previa identificación.

Descripción	El Móvil inicia este caso de uso para realiza la petición de los servicios que descubre el Servidor una ves éste hace la notificación y por medio de la conexión que esté disponible; WiFi o Bluetooth.
--------------------	---

3.5.4. Realización de casos de Uso Esenciales

Teniendo en cuenta que todos los casos de uso tienen un alto impacto dentro del protocolo de descubrimiento e interacción de servicios ubicuos móviles, a continuación se hace una descripción detallada de cada uno de ellos, además de mostrar su funcionamiento por medio de diagramas de clases y de secuencia de análisis.

Explorar

ACTOR:	Servidor
PROPOSITO:	Hace una exploración del entorno de cobertura del servicio, buscando usuarios los cuales deseen servicios ubicuos.
RESUMEN:	El Servidor inicia este caso de uso para monitorear constantemente la red en busca de dispositivos con el fin de iniciar el proceso de descubrimiento e interacción de servicios ubicuos móviles
PRECONDICIONES:	Tener un dispositivo de conexión ya sea un punto de acceso WiFi o un dispositivo USB bluetooth.
ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Servidor</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Establece conexión con el dispositivo de comunicación E1. 2. Busca Dispositivos que estén dentro del área de cobertura. 3. Verifica si el dispositivo móvil tiene el sistema SUMO-M E2. 4. Notifica que fue descubierto un Móvil.
POSCONDICIONES:	P1: continua haciendo monitoreo de la red en busca de mas dispositivos
FLUJOS ALTERNATIVOS:	FA1: Si el dispositivo descubierto no tiene SUMO-M, se sigue realizando la exploración, y no se notifica su descubrimiento.
NOTAS:	N1: El proceso de exploración es independiente para cada tipo de tecnología de comunicación utilizado.
EXCEPCIONES:	<u>E1: Hardware no encontrado</u> - No existe un hardware que permite realizar el monitoreo. <u>E2: Dispositivo no tiene SUMO-M</u> - No se inicia el proceso de descubrimiento.

Diagrama de Clases

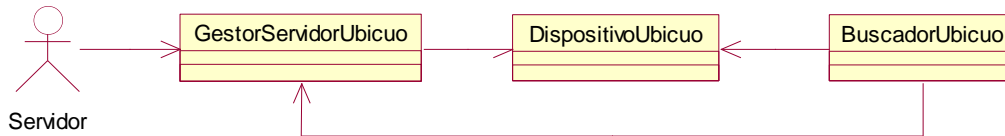


Figura 3-42. Explorar – Diagrama de Clases - Análisis

Diagrama de Secuencia

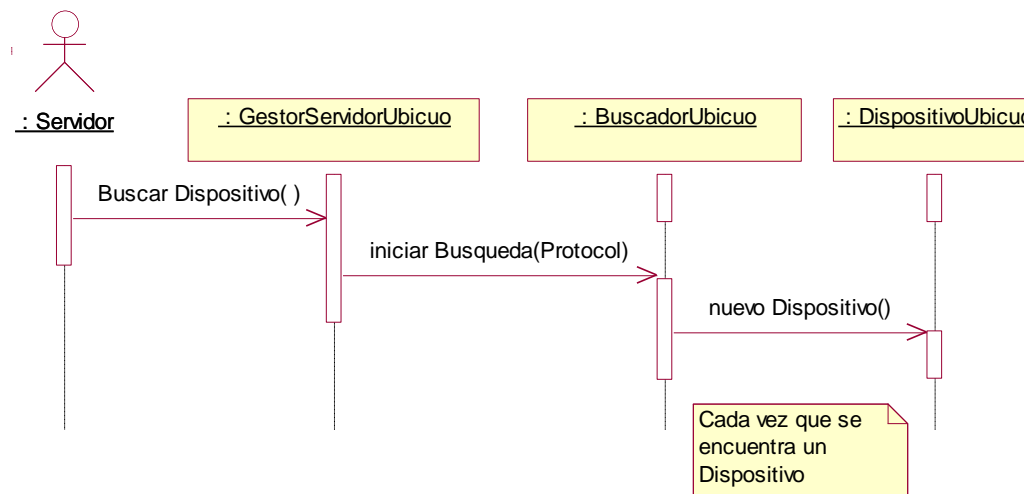


Figura 3-43. Explorar – Diagrama de Secuencia - Análisis

Solicitar Contexto

ACTOR:	Servidor
PROPOSITO:	Adquirir el contexto del usuario que entra a la zona de cobertura, para realizar el descubrimiento de servicios.
RESUMEN:	Este caso de uso consiste en el envío, desde el Servidor, de un mensaje <i>push</i> a cada dispositivo encontrado, con el fin de realizar el intercambio del contexto del usuario, y de esta manera iniciar el descubrimiento de servicios.
PRECONDICIONES:	Haber encontrado a un dispositivo dentro del área de cobertura y que además sea un dispositivo con el sistema SUMO-M.

ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Servidor</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Envía un mensaje <i>Push</i>, solicitando el contexto del usuario E1. 2. Recibe el contexto del usuario. 3. Crea una sesión para el usuario. 4. Envía identificador de sesión al móvil.
POSCONDICIONES:	P1: Se sigue solicitando el perfil para cada dispositivo encontrado
FLUJOS ALTERNATIVOS:	Ninguno
NOTAS:	Ninguna
EXCEPCIONES:	<u>E1: No existe conexión con el dispositivo móvil</u> - Por ejemplo, cuando el dispositivo esta fuera del área de cobertura

Diagrama de Clases

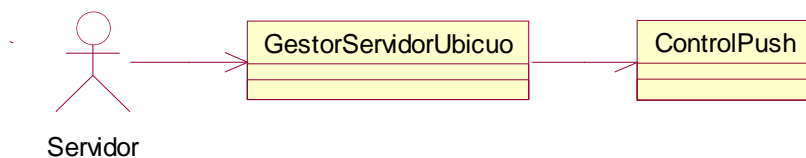


Figura 3-44. Solicitar Contexto – Diagrama de Clases – Análisis

Diagrama de Secuencia

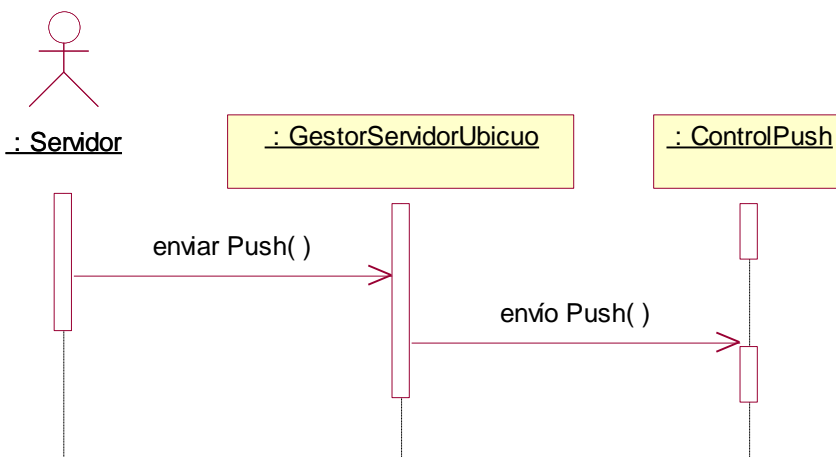


Figura 3-45. Solicitar Contexto – Diagrama de Secuencia – Análisis

Descubrir Servicios

ACTOR:	Servidor
PROPOSITO:	Hace el descubrimiento de servicios para cada usuario, teniendo en cuenta su contexto.
RESUMEN:	El Servidor inicia este caso de uso cuando compara el contexto del usuario con las características de todos los servicios que estén disponibles. El resultado de la comparación queda almacenado en una base de datos, referenciada con un identificador de sesión que es retornado al dispositivo móvil.
PRECONDICIONES:	Conocer el contexto del usuario.
ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Servidor</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se compara el contexto del usuario con cada uno de los servicios disponibles. 2. Se almacena todos los servicios descubiertos en una base de datos, referenciados con el identificador de sesión que se creo para el usuario.
POSCONDICIONES:	Se sigue descubriendo servicios para cada contexto de usuario.
FLUJOS ALTERNATIVOS:	Ninguno
NOTAS:	Ninguna
EXCEPCIONES:	Ninguna

Diagrama de Clases

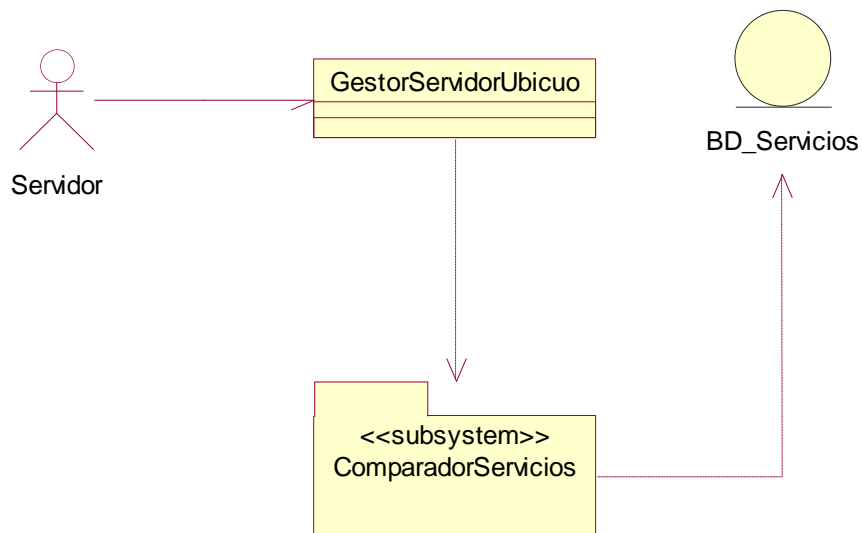


Figura 3-46. Descubrir Servicios - Diagrama de Clases - Análisis

Diagrama de Secuencia

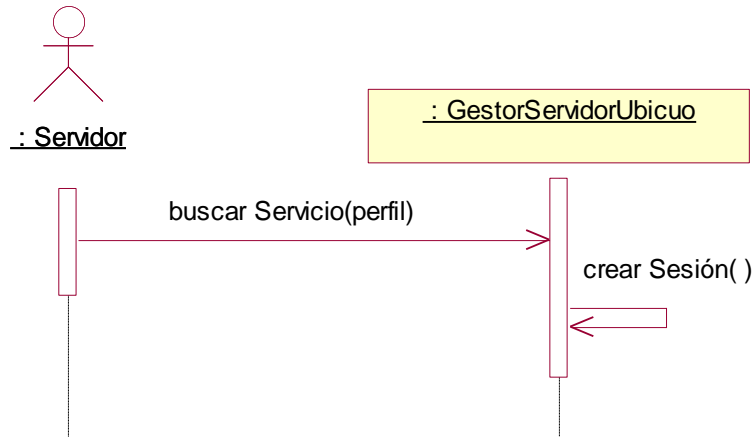


Figura 3-47. Descubrir Servicios - Diagrama de Secuencia – Análisis

Enviar Servicios

ACTOR:	Servidor
PROPOSITO:	Enviar los servicios que se han descubierto a cada dispositivo móvil, permitiendo la interacción del usuario con éstos.
RESUMEN:	Este caso de uso se inicia cuando el Servidor recibe una petición desde el dispositivo móvil y en respuesta envía los servicios. Los cuales están almacenados persistentemente ¹⁴ y referenciados por un identificador de sesión.
PRECONDICIONES:	Haber descubierto al menos un servicio para el usuario
ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Servidor</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recibe solicitud de envío de servicios con el identificador de sesión de usuario. 2. Busca servicios referenciados con el respectivo identificador de sesión. 3. Envía servicios descubiertos E1.
POSCONDICIONES:	Cada vez que se recibe una solicitud de servicios, se realiza su respectivo envío.
FLUJOS ALTERNATIVOS:	Ninguno

¹⁴ hace referencia a los datos almacenados de manera segura para que no puedan ser borrados y cuyo acceso requiere previa identificación.

NOTAS:	N1: Cuando no se descubren servicios para un usuario, se espera que cambie el contexto del usuario o se registren nuevos servicios.
EXCEPCIONES:	<u>E1: No existe conexión con el dispositivo móvil</u> - Por ejemplo, cuando el dispositivo esta fuera del área de cobertura.

Diagrama de Clases

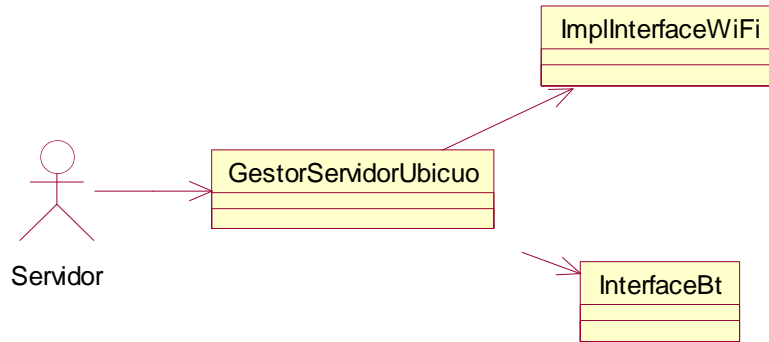


Figura 3-48. Enviar Servicios – Diagrama de Clases - Análisis

Diagrama de Secuencia

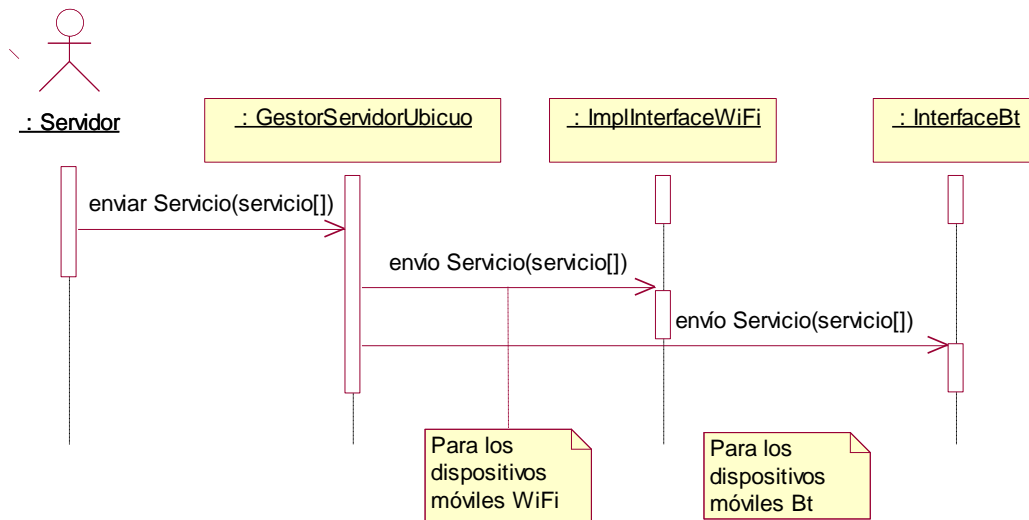


Figura 3-49. Enviar Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis

Atender Push

ACTOR:	Móvil
PROPOSITO:	Recibir el mensaje <i>push</i> que envía el servidor anunciando el proceso a realizar; envío del contexto o solicitud de servicios.
RESUMEN:	Este caso de uso se inicia cuando el Móvil recibe los mensajes <i>push</i> que envía el Servidor para decidir cual de los procesos se va a realizar; descubrimiento o interacción.
PRECONDICIONES:	Haber registrado el sistema SUMO-M en el AMS para que se auto inicie cada vez que llegue un mensaje <i>push</i> .
ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Móvil</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recibe mensaje <i>Push</i> E1. 2. Auto inicia SUMO-M. 3. Analiza mensaje. 4. Informa el tipo de acción que se debe realizar.
POSCONDICIONES:	Informar el tipo de mensaje que llego para así iniciar el proceso respectivo, envío del contexto o solicitud de servicios.
FLUJOS ALTERNATIVOS:	Ninguno
NOTAS:	Ninguna
EXCEPCIONES:	<u>E1: Fallo de conexión</u> - El mensaje no se recibe por falla en la conexión

Diagrama de Clases

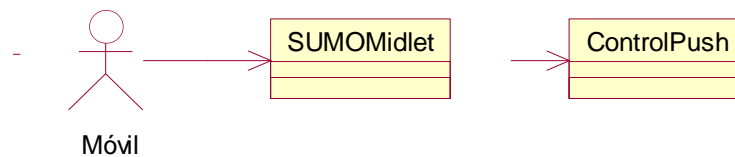


Figura 3-50. Atender *Push* – Diagrama de Clases

Diagrama de Secuencia

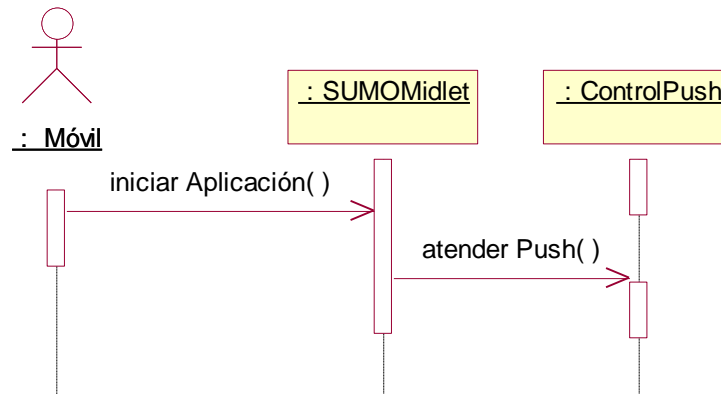


Figura 3-51. Atender *Push* – Diagrama de Secuencia

Solicitar Descubrimiento de Servicios

ACTOR:	Móvil
PROPOSITO:	Enviar la información del contexto al servidor para iniciar el descubrimiento de servicios.
RESUMEN:	Una vez llega la notificación de solicitud de contexto por parte del servidor, se establece una conexión con el servidor para hacer el envío del contexto, dependiendo del modo de conexión que esté disponible, WiFi o Bluetooth.
PRECONDICIONES:	
ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Móvil</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Establece conexión con el servidor E1 2. Empaqueta el contexto del usuario 3. Envía el contexto
POSCONDICIONES:	- Conocer el contexto del usuario
FLUJOS ALTERNATIVOS:	Ninguno
NOTAS:	Ninguna
EXCEPCIONES:	<u>E1: Fallo de conexión</u> - No se puede establecer conexión con el usuario

Diagrama de Clases

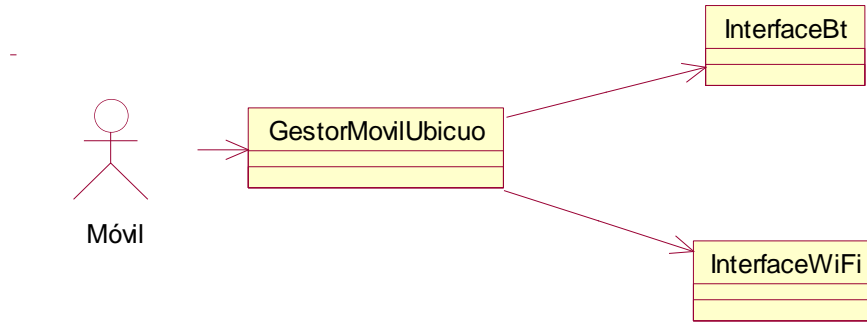


Figura 3-52. Solicitar Descubrimiento de Servicios – Diagrama de Clases - Análisis

Diagrama de Secuencia

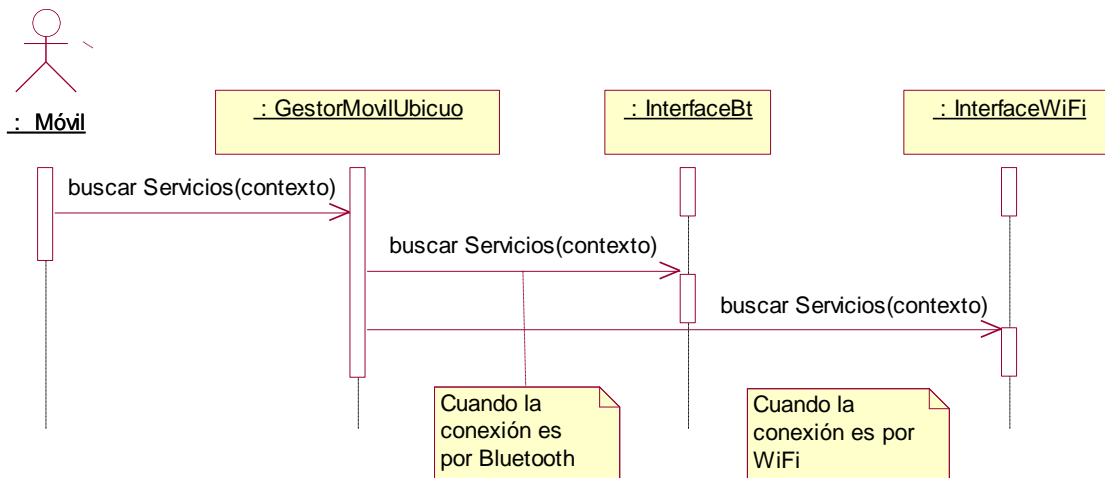


Figura 3-53. Solicitar Descubrimiento de Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis

Solicitar Servicios

ACTOR:	Móvil
PROPOSITO:	Solicitar los servicios que fueron descubiertos por el servidor de acuerdo al contexto del usuario.
RESUMEN:	Quando llega la notificación de servicios descubiertos, se realiza una petición al servidor para que éste envíe los servicios, utilizando la conexión disponible, WiFi o Bluetooth.
PRECONDICIONES:	Saber que el servidor ya descubrió servicios, por medio de la recepción del mensaje <i>push</i> .

ESCAPENARIO	<p style="text-align: center;">Móvil</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer conexión con el servidor E1. 2. Enviar petición de servicios. 3. Recibir servicios descubiertos.
POSCONDICIONES:	Servicios descubiertos del lado del usuario listos para su interacción.
FLUJOS ALTERNATIVOS:	Ninguno
NOTAS:	Ninguna
EXCEPCIONES:	<u>E1: Fallo de conexión</u> - No se puede establecer conexión con el servidor

Diagrama de Clases

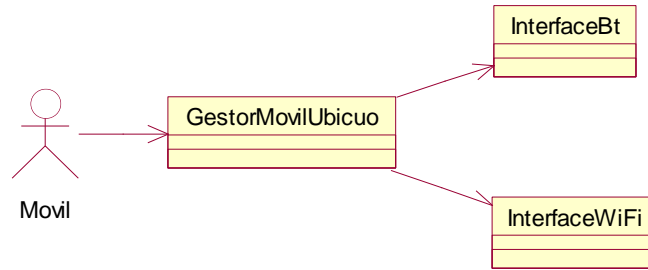


Figura 3-54. Solicitar Servicios – Diagrama de Clases – Análisis

Diagrama de Secuencia

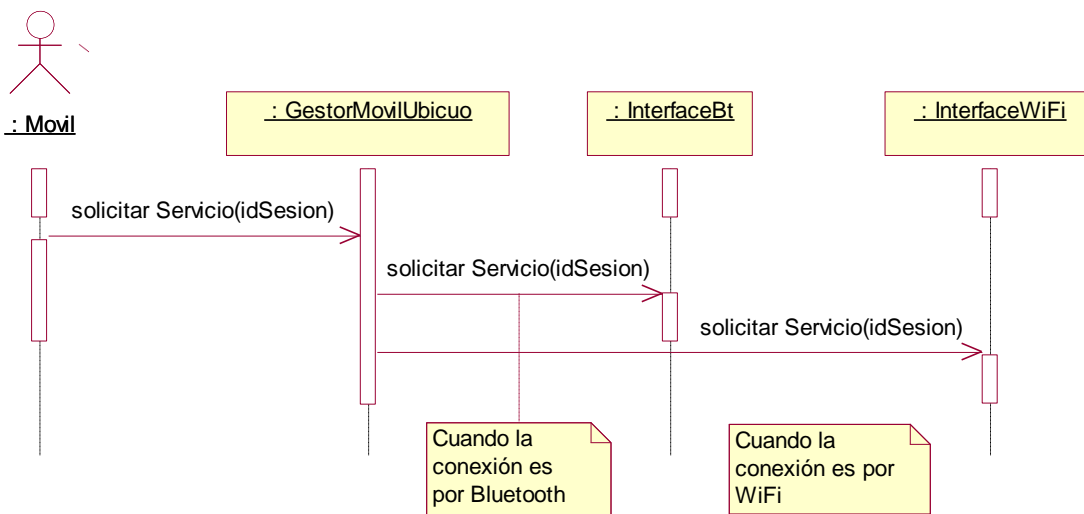


Figura 3-55. Solicitar Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis

3.5.5. Diagrama de Clases

3.5.5.1 SUMO-S

A continuación, en la figura 3-56 y 3-57, se muestra los diagramas de clases de SUMO, los cuales se definieron después del análisis realizado en las secciones anteriores, y teniendo en cuenta que las entidades SUMO-R y SUMO-P se desarrollaron como una sola entidad, por facilidad de implementación, de ahora en adelante se referirá a ellas como SUMO-S (Servidor).

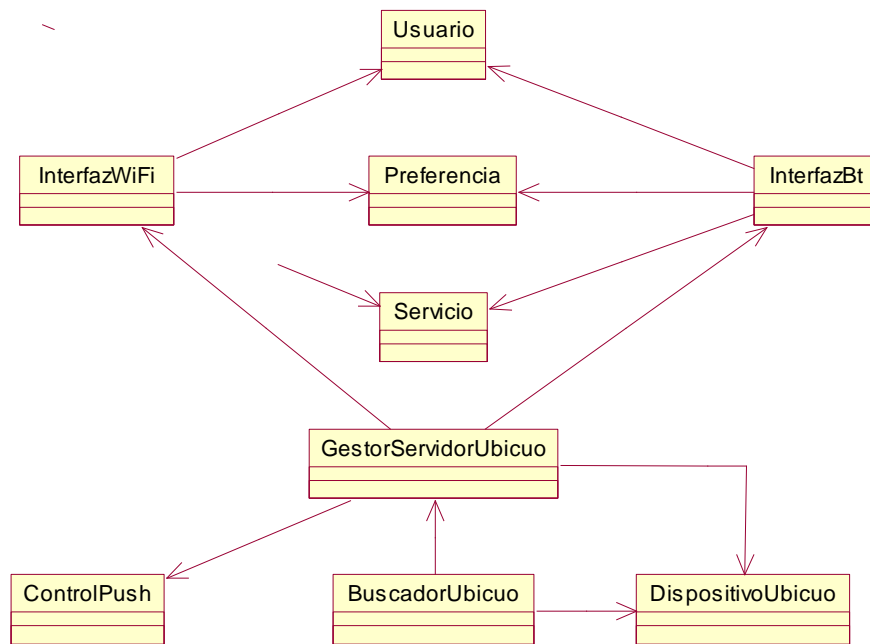


Figura 3-56. Especificación técnica de SUMO-S

Descripción

GestorServidorUbicuo: contiene toda la lógica del proceso de descubrimiento e interacción, es decir, es la que empieza el proceso de exploración, solicitud del contexto, notificación e interacción con los servicios.

ControlPush: se encarga de enviar los mensajes *push* que alertan al dispositivo móvil para que se realice la entrega del contexto de usuario y la solicitud de servicios.

BuscadorUbicuo: clase que efectúa la exploración de dispositivos dentro de la zona de cobertura WiFi/Bluetooth, para iniciar el proceso de descubrimiento o interacción.

DispositivoUbicuo: representa el dispositivo descubierto, con el cual se realiza el descubrimiento e interacción de servicios ubicuos.

InterfazWiFi: permite mediante una conexión WiFi solicitar el contexto y enviar los servicios descubiertos a un dispositivo móvil.

InterfazBt: clase que permite mediante una conexión Bluetooth solicitar el contexto y enviar los servicios descubiertos a un dispositivo móvil.

Usuario: representa los datos personales del usuario y es una instancia de esta clase lo que se intercambia entre el móvil y el servidor como parte del contexto de usuario.

Preferencia: representa una preferencia del usuario, es una instancia de esta clase lo que se intercambia entre el móvil y el servidor como parte del contexto de usuario.

Servicio: representa un servicio descubierto del usuario y es un arreglo de objetos de esta clase lo que se envía al usuario cuando se descubren servicios.

3.5.5.2 SUMO-M

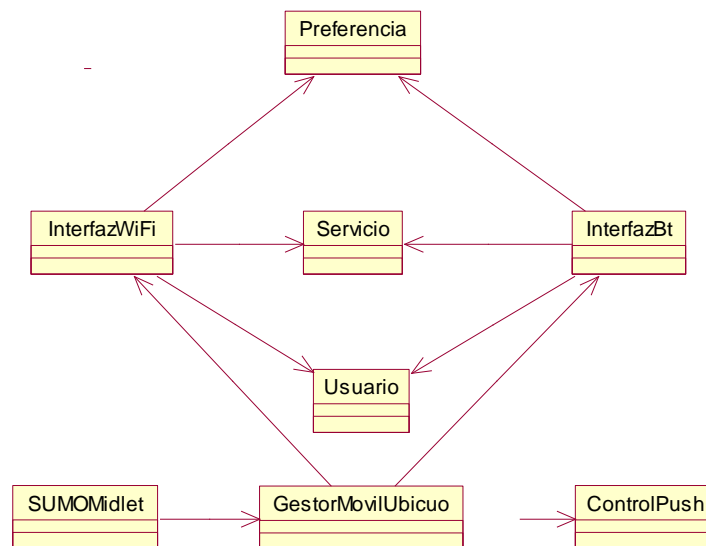


Figura 3-57. Especificación técnica de SUMO-M

Descripción

GestorMoviUbicuo: contiene toda la lógica del proceso de descubrimiento e interacción del lado del dispositivo móvil, es decir, es la que permite enviar el contexto y solicitar los servicios del usuario.

ControlPush: se encarga de manejar los mensajes *push* y descifrar el tipo de proceso que se va a realizar.

InterfazWiFi: permite mediante una conexión WiFi enviar el contexto y recibir los servicios descubiertos por el servidor.

InterfazBt: realiza la misma función que InterfazWiFi solo que utilizando una conexión Bluetooth.

SUMOMidlet: controla el ciclo de vida de la aplicación en el dispositivo móvil.

Las clases Usuario, Preferencia y Servicio son iguales a las descritas en la sección 3.5.5.1.

3.5.6. Diagrama de Paquetes

3.5.6.1 SUMO-M

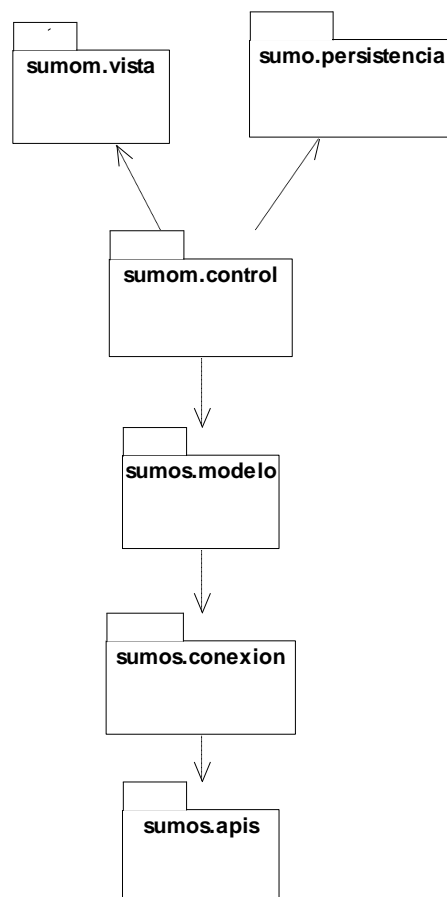


Figura 3-58. Diagrama de Paquetes SUMO-M

Descripción

- control: tiene las clases que controlan el ciclo de vida de la aplicación y el acceso al repositorio de SUMO-M, en el cual se almacena la información de contexto del usuario.
- vista: contiene las clases que permiten desplegar los servicios descubiertos y configurar la información de contexto del usuario.
- persistencia: tiene la clase que permite almacenar la información de contexto del usuario.
- modelo: agrupa las clases que controlan las operaciones que realiza la entidad SUMO-M.
- conexión: este paquete contiene las clases que permiten enviar y recibir los mensajes con las entidades SUMO-R y SUMO-P.
- apis: hace referencias a las distintas API's que se necesitan para utilizar las tecnologías de comunicación Bluetooth y WiFi.

3.5.6.2 SUMO-S

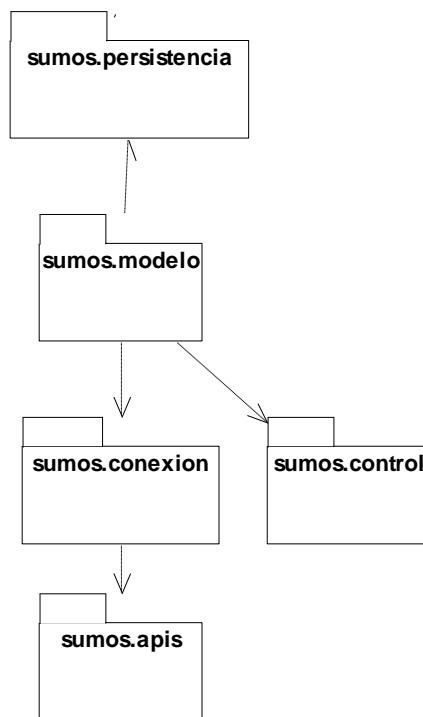


Figura 3-59. Diagrama de Paquetes SUMO-S

Descripción

- **persistencia:** tiene la clase que permite almacenar la información de contexto de los usuarios y los registros de los servicios que hacen los PS.
- **modelo:** agrupa las clases que controlan las operaciones que realiza la entidad SUMO-S.
- **conexión:** este paquete contiene las clases que permiten enviar y recibir los mensajes con la entidad SUMO-M.
- **control:** contiene la clase que maneja los mensajes push que se envían a SUMO-M.
- **apis:** hace referencias a las distintas API's que se necesitan para utilizar las tecnologías de comunicación Bluetooth y WiFi.

4. PILOTOS DE VALIDACIÓN DEL PROTOCOLO

4.1. CICLO DE VIDA DEL SERVICIO UBICUO

Teniendo en cuenta investigaciones previas (capítulo 1), se ha definido el ciclo de vida de un servicio ubicuo, el cual se muestra en la figura 4-1, tomando como referencia el entorno de un centro comercial, en el cual se ofrece al usuario el servicio de promoción y venta de productos, de acuerdo al contexto.

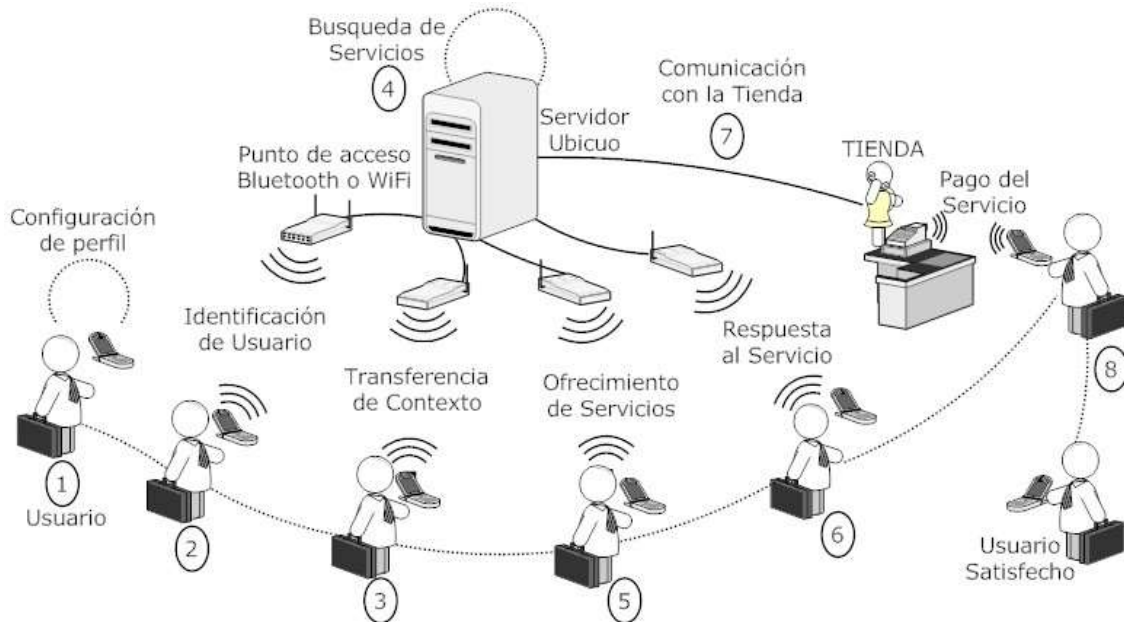


Figura 4-1. Ciclo de vida

Para acceder al servicio, el usuario debe configurar su contexto, especificando la línea de productos o servicios sobre las que desea recibir información (1) y ponerse visible para el sistema, para poder ser identificado (2). Cuando el servidor identifica al usuario, realiza una solicitud de contexto (3), después de recibir dicha información, compara las preferencias del usuario con los servicios que están disponibles (4) con el fin de seleccionar los servicios que se ajusten más a las mismas. El sistema informa al usuario de los servicios disponibles y éste selecciona, si desea alguno de ellos. Si el usuario decide aceptar al menos un servicio, envía una confirmación (6) y el sistema a su vez informa a la tienda o almacén la transacción realizada (7), la cual se registra en la etiqueta RFID del

dispositivo móvil del usuario, para que éste se acerque a la tienda y la complete, recogiendo el producto comprado y descontando de su cuenta bancaria el costo correspondiente.

El ciclo de vida del proyecto refleja los resultados de la construcción del protocolo de descubrimiento e interacción de servicios ubicuos, soportado en los pilotos descritos a continuación, aclarando que las etapas de pago de servicio y registro de venta en el proveedor, son objeto del proyecto “Piloto de servicio para facturación y pago de servicios móviles ubicuos”, a cargo de los estudiantes Javier Fernando Imbús Guzmán y Milton Royers Ausecha Penagos.

4.2. VISTA MODULAR DE LOS PILOTOS

Puesto que la diferencia, desde un punto de vista modular, existente entre el piloto WiFi y Bluetooth es la conexión; se utilizará la figura 4-2 para hacer la descripción de los módulos que describen los dos pilotos.

En adelante se utilizará las siguientes siglas para referirse a los pilotos; SUMOB (Piloto Bluetooth) y SUMOW (Piloto WiFi).

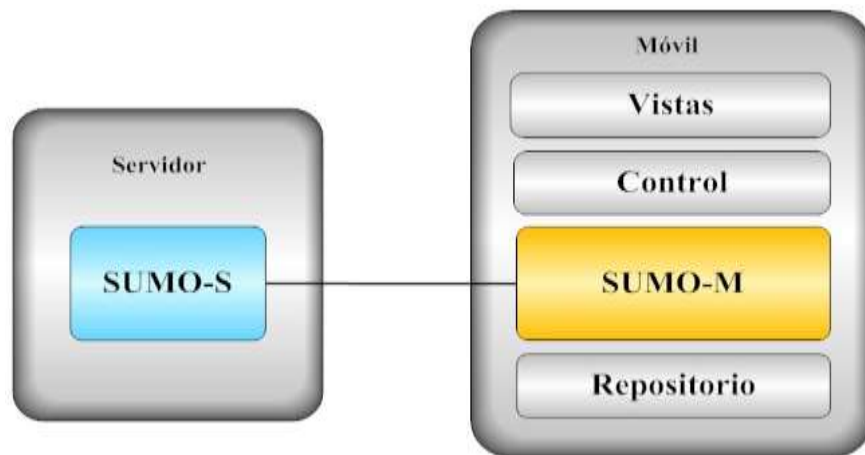


Figura 4-2. Arquitectura del SUMO

4.2.1. Servidor

SUMO-S: es la unificación de las entidades *SUMO-R* y *SUMO-P* con las funcionalidades completas solo que no realizan las operaciones *Registro* y *Anunciar Usuario* explicadas en la sección 3.1.2, ya que están en el mismo sistema.

4.2.2. Móvil

SUMO-M: es la entidad que aparece en la figura 3-1 y descrita en la sección 3.1.1.

Control: es el encargado de manejar la navegación entre las interfaces graficas que permiten al usuario configurar su contexto. También permite hacer el despliegue de los servicios descubiertos y la interacción con ellos.

Vistas: este módulo contiene todas las interfaces graficas que permiten configurar el contexto del usuario y además desplegar los servicios descubiertos para la respectiva interacción.

Repositorio: contiene la información del contexto del usuario, la cual puede cambiar cuando él lo desee o cuando lo parámetros que lo definen, varíen. También almacena el identificador de sesión y los servicios descubiertos.

4.3. DESCRIPCIÓN DE SUMOB

Aprovechando el alto impacto de Bluetooth en el mercado de telefonía celular y los beneficios que ofrece esta tecnología; como su facilidad para el descubrimiento de dispositivos y su implantación, se construyó este piloto que facilita el ingreso de los servicios ubicuos al entorno de los servicios móviles. En esta sección se describirá el piloto Bluetooth mediante diagramas de casos de uso y de secuencia.

4.3.1. Casos de Uso

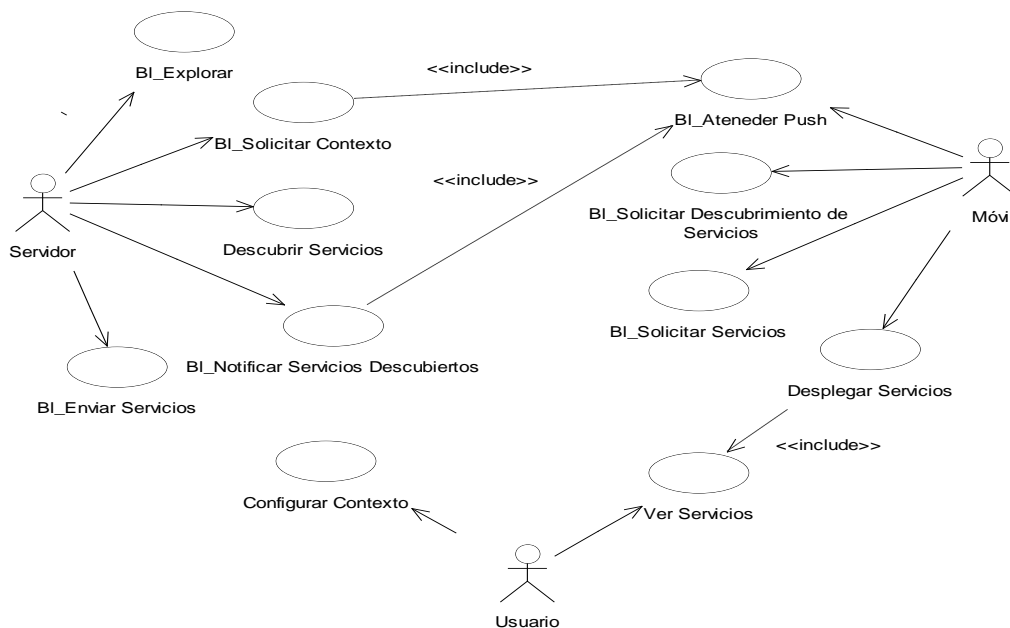


Figura 4-3. Diagrama de Casos de Uso SUMOB

4.3.2. Actores

A continuación se describe el rol que desempeñan los tres actores que aparecen en el diagrama de casos de uso de la figura 4-3.

- Servidor: realiza el descubrimiento de servicios, dentro de una red Bluetooth, a partir del contexto de los usuarios y envía los servicios descubiertos.
- Móvil: encargado de enviar el contexto del usuario al servidor, utilizando una comunicación inalámbrica Bluetooth, para que se realice el descubrimiento de servicios, además muestra al usuario los servicios descubiertos.
- Usuario: configura el contexto que se utiliza para realizar el descubrimiento e interacción de servicios ubicuos.

4.3.3. Descripción de Casos de Uso para SUMOB

A continuación se realiza la descripción de los casos de uso que se implementaron en la construcción del piloto Bluetooth.

Caso de uso	BT_Explorar
Actores	Servidor
Impacto	Primario
Descripción	El Servidor inicia este caso de uso para buscar dentro de su red Bluetooth, a través del protocolo PEEP, dispositivos móviles que tengan la posibilidad de intercambiar el contexto del usuario, es decir tengan el sistema SUMO-M.

Caso de uso	BT_Solicitar Contexto
Actores	Servidor
Impacto	Primario
Descripción	Éste caso de uso se inicia cuando el Servidor crea un mensaje <i>Push</i> Bluetooth y lo envía al móvil, a través del protocolo PEEP, con el fin de alertar y solicitar el contexto del usuario.

Caso de uso	BT_Notificar Servicios Descubiertos
Actores	Servidor
Impacto	Primario

Descripción	Éste caso de uso se inicia cuando el Servidor crea un mensaje <i>Push</i> Bluetooth y lo envía al móvil, a través del protocolo PEEP, con el fin de alertar y notificar que se han descubierto servicios para el usuario.
--------------------	---

Caso de uso	BT_Enviar Servicios
Actores	Servidor
Impacto	Primario
Descripción	El Servidor inicia este caso de uso cuando envía los servicios que fueron descubiertos una vez el móvil los solicite, mediante una conexión bluetooth y el protocolo PTR.

Caso de uso	BT_Atender <i>Push</i>
Actores	Móvil
Impacto	Primario
Descripción	El Móvil inicia este caso de uso para establece una conexión bluetooth con el servidor para recibir los mensajes que éste le envía, a través del protocolo PTR, e informa al móvil que proceso debe realizar (enviar contexto o solicitar servicios).

Caso de uso	BT_Enviar Contexto
Actores	Móvil
Impacto	Primario
Descripción	El Móvil inicia este caso de uso cuando obtiene la información del contexto almacenado en el repositorio y mediante el protocolo PTR y a través de una conexión bluetooth se envía la información previamente configurada por el usuario.

Caso de uso	BT_Solicitar Servicios
Actores	Móvil
Impacto	Primario
Descripción	Éste caso de uso se inicia cuando el Móvil solicita a SUMO-S los servicios descubiertos, enviando el identificador de sesión, a través del protocolo PTR y mediante una conexión bluetooth establecida entre ellos.

Caso de uso	Desplegar Servicios
Actores	Móvil
Impacto	Primario
Descripción	El Móvil inicia este caso de uso para crear las interfaces necesarias; que el usuario necesita para que interactúe con los servicios descubiertos.

Caso de uso	Configurar Contexto
Actores	Usuario
Impacto	Primario
Descripción	El Usuario inicia este caso de uso para configurar la información de su contexto desplegando interfaces graficas con las cuales crea sus preferencias y sus datos personales.

Caso de uso	Ver Servicios
Actores	Usuario
Impacto	Primario
Descripción	El Usuario inicia este caso de uso para generar las interfaces que permiten ver los últimos servicios descubiertos e interactuar con ellos.

Caso de uso	Descubrir Servicios
Actores	Servidor
Impacto	Primario
Descripción	El Servidor inicia este caso de uso cuando compara el contexto del usuario con las características de todos los servicios que estén disponibles. El resultado de la comparación queda almacenado en una base de datos, referenciada con un identificador de sesión que es retornado al dispositivo móvil.

4.3.4. Realización de casos de Uso Esenciales

A continuación se hace una descripción completa de los casos de uso esenciales del piloto de bluetooth.

BT Explorar:

ACTOR:	Servidor
PROPOSITO:	Buscar dispositivos dentro de la red bluetooth con el fin de iniciar el descubrimiento e interacción de servicios ubicuos.
RESUMEN:	Se monitorea constantemente la red en busca de dispositivos móviles Bluetooth enviando un mensaje de invitación a conectarse por medio del protocolo PEEP/SDP. Si el mensaje tiene respuesta quiere decir que el dispositivo encontrado es SUMO-M por lo cual se pueden iniciar los procesos de descubrimiento e interacción.
PRECONDICIONES:	La red Bluetooth debe estar activa.
ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Servidor</p> <p>5. Busca Dispositivos Bluetooth que estén dentro del área de cobertura utilizando el protocolo SDP a través de PEEP N1.</p> <p>6. Enviar mensaje de invitación E1.</p> <p>7. Si el mensaje tiene respuesta, notificar el descubrimiento del dispositivo FA1.</p>
POSCONDICIONES:	P1: Continua monitoreando la red en busca de dispositivos
FLUJOS ALTERNATIVOS:	FA1: Si el dispositivo descubierto no envía un mensaje de respuesta, éste es ignorado y se sigue realizando la exploración.
NOTAS:	N1: Para más detalle de este proceso ver Anexo B.
EXCEPCIONES:	<u>E1: Dispositivo no tiene SUMO-M</u> - No se inicia el proceso de descubrimiento.

Diagrama de Secuencia

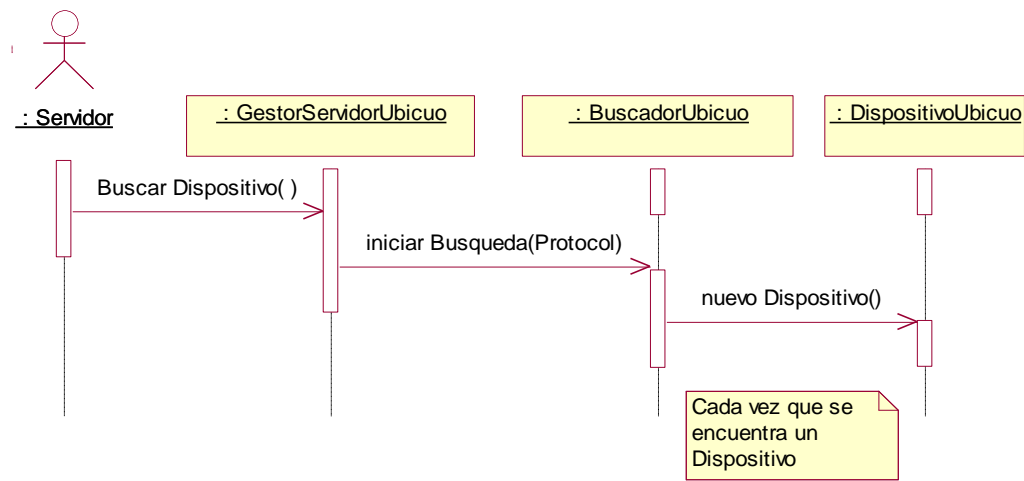


Figura 4-4. BT_Explorar – Diagrama de Clases - Análisis

BT Solicitar Contexto:

ACTOR:	Servidor
PROPÓSITO:	Solicitar al dispositivo móvil bluetooth que envíe la información de contexto de usuario.
RESUMEN:	Se crea un mensaje <i>Push</i> Bluetooth y lo envía al dispositivo, a través del protocolo PEEP, con el fin de auto iniciar el sistema SUMO-M y solicitar el contexto del usuario.
PRECONDICIONES:	- Haber encontrado un dispositivo móvil bluetooth.
ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Servidor</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Crear el mensaje push bluetooth de solicitud de contexto. 6. Enviar el mensaje <i>push</i> al dispositivo utilizando el protocolo SDP a través de PEEP N1. 7. Espera mensaje que indique la recepción del <i>push</i> E1.
POSCONDICIONES:	Ninguna.
FLUJOS ALTERNATIVOS	Ninguno.
NOTAS	N1: Para más detalle de este proceso ver Anexo B.
EXCEPCIONES:	<u>E1: No existe conexión con el dispositivo móvil</u> - Se pierde la conexión y no se recibe mensaje de respuesta, y es necesario volver a descubrir al dispositivo.

Diagrama de Secuencia

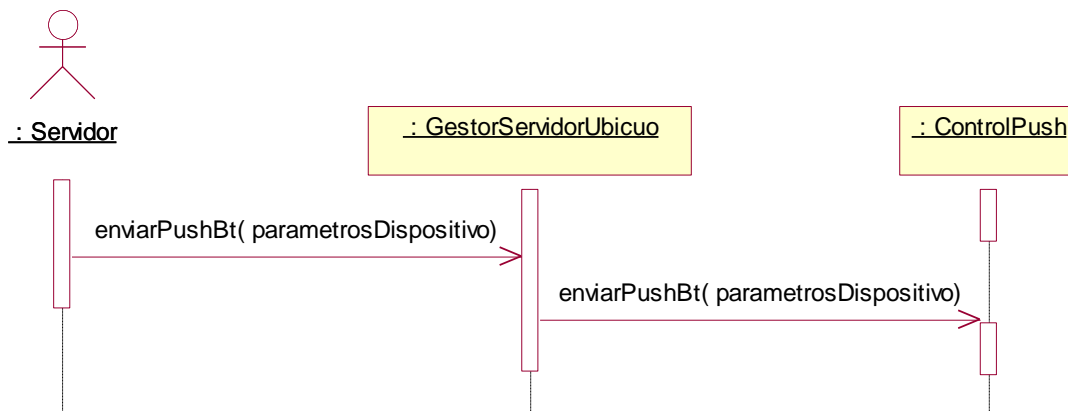


Figura 4-5. BT_Solicitar Contexto – Diagrama de Clases - Análisis

BT Notifica Servicios Descubiertos:

Este caso de uso funciona de igual forma que el de *BT_Solicitar Contexto*, solo que la información del mensaje *push* bluetooth notifica servicios descubiertos.

BT Enviar Servicios:

ACTOR:	Servidor
PROPÓSITO:	Enviar los servicios descubiertos al dispositivo móvil correspondiente, para que el usuario interactúe con ellos.
RESUMEN:	Se envían los servicios descubiertos, una vez el dispositivo móvil realiza la solicitud de ellos utiliza el protocolo PTR/RFCOMM <u>N1</u> .
PRECONDICIONES:	- Haber descubierto por lo menos un servicio.
ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Servidor</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Construir el mensaje con los servicios descubiertos mediante el protocolo PTR <u>N2</u>. 2. Enviar servicios a través del protocolo RFCOMM <u>E1</u>.
POSCONDICIONES:	Ninguna.
FLUJOS ALTERNATIVOS	Ninguno.
NOTAS	<p><u>N1:</u> Si no se descubren servicios éste caso de uso no se realiza.</p> <p><u>N2:</u> Para mas detalle del funcionamiento de este proceso ver Anexo B.</p>
EXCEPCIONES:	<p><u>E1:</u> <u>No existe conexión con el dispositivo móvil</u></p> <p>- Si la conexión entre SUMO-S y SUMO-M no existe no se puede terminar el proceso.</p>

Diagrama de Secuencia

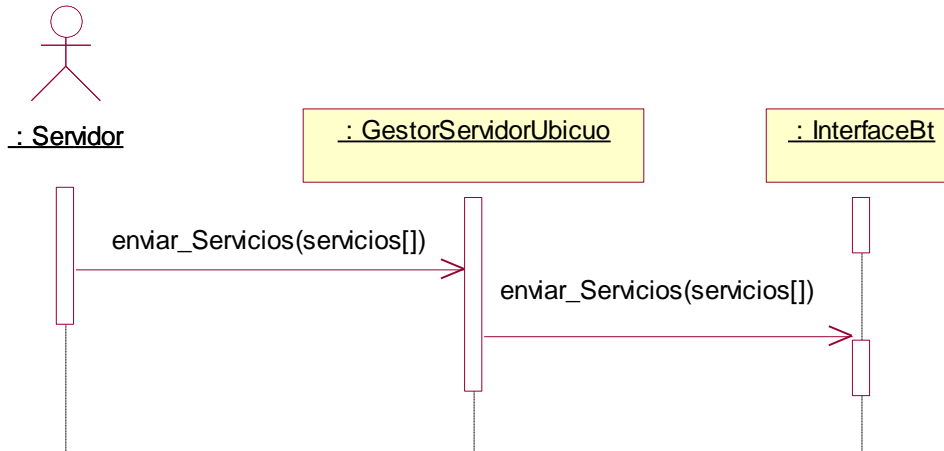


Figura 4-6. BT_Enviar Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis

BT Atender Push:

ACTOR:	Móvil
PROPÓSITO:	Atender los mensajes <i>push</i> bluetooth, extraer su contenido e informar el proceso que se debe realizar.
RESUMEN:	Se reciben los mensajes <i>push</i> utilizando el protocolo PEEP, para de acuerdo a la información que estos traigan informar que proceso quiere SUMO-S que se realice; descubrimiento o interacción.
PRECONDICIONES:	Sistema SUMO-M auto iniciado.
	Móvil
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recibir mensaje <i>push</i> bluetooth utilizando PEEP, a través de SDP E1. 2. Analizar el tipo de mensaje. 3. Informar sobre el proceso que se debe realizar N1.
POSCONDICIONES:	Inicio del proceso que indicado en el mensaje.
FLUJOS ALTERNATIVOS	Ninguno.
NOTAS	N1: Informa, se refiere a decir al Móvil si iniciar el caso de uso <i>Bl_Solicitar Descubrimiento de Servicios</i> o <i>Bl_Solicitar Servicios</i> .
EXCEPCIONES:	E1: No existe conexión - No se puede recibir los mensajes porque la conexión entre SUMO-M y SUMO-S no esta establecida.

Diagrama de Secuencia

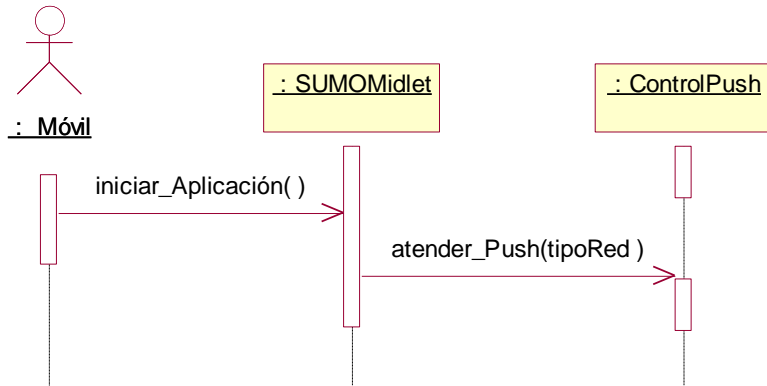


Figura 4-7. BT_Atender Push – Diagrama de Secuencia – Análisis

BT Solicitar Descubrimiento de Servicios:

ACTOR:	Móvil
PROPÓSITO:	Solicitar a SUMO-S el descubrimiento de servicios; enviando la información de contexto del usuario.
RESUMEN:	Se extrae la información de contexto del usuario desde el repositorio, posteriormente crea un mensaje con esta información, y utilizando el protocolo PTR envía un mensaje a SUMO-S, esperando como respuesta un identificador de sesión.
PRECONDICIONES:	- Haber recibido un mensaje <i>push</i> bluetooth que indique que el servidor solicita el contexto.
ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Móvil</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Leer información de contexto del usuario. 2. Crear mensaje con la información del contexto utilizando el protocolo PTR. 3. Enviar la información mediante el protocolo RFCOMM. E1 4. Recibir identificador de sesión y almacenarlo en el repositorio.
POSCONDICIONES:	Esperar, sin necesidad de que estén conectados, que SUMO-S envíe la notificación de servicios descubiertos.
FLUJOS ALTERNATIVOS	Ninguno.

NOTAS	Ninguna.
EXCEPCIONES:	<u>E1</u> : No existe conexión - No se puede enviar el mensaje porque la conexión entre SUMO-M y SUMO-S no esta establecida o se perdió.

Diagrama de Secuencia

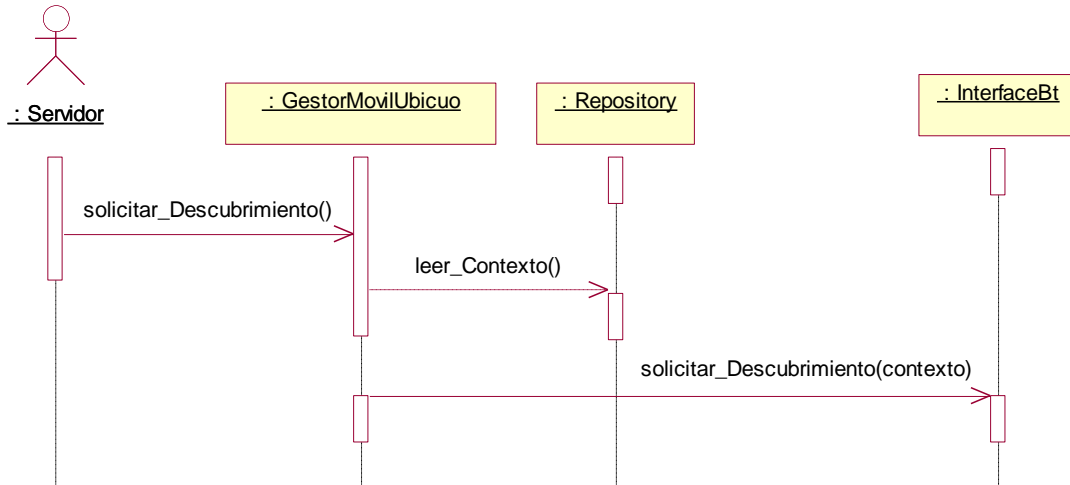


Figura 4-8. BT_Solicitar Descubrimiento de Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis

BT_Solicitar Servicios:

ACTOR:	Móvil
PROPÓSITO:	Solicitar los servicios descubiertos por SUMO-S.
RESUMEN:	Se envía un mensaje, utilizando PTR/RFCOMM, con el identificador de sesión para hacer la solicitud del servicio o servicios que SUMO-S ha descubierto.
PRECONDICIONES:	- Haber recibido un mensaje <i>push</i> bluetooth que indique que el servidor ha descubiertos servicios.
ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Móvil</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lee el identificador de sesión del repositorio. 2. Crear el mensaje con el identificador de sesión utilizando el protocolo PTR. 3. Enviar el mensaje de solicitud de servicios. <u>E1</u> 4. Recibe los servicios y los almacena.
POSCONDICIONES:	Ninguno.
FLUJOS ALTERNATIVOS	Ninguno.

NOTAS	Ninguna.
EXCEPCIONES:	<u>E1: No existe conexión</u> - No se puede enviar el mensaje porque la conexión entre SUMO-M y SUMO-S no esta establecida o se perdió.

Diagrama de Secuencia

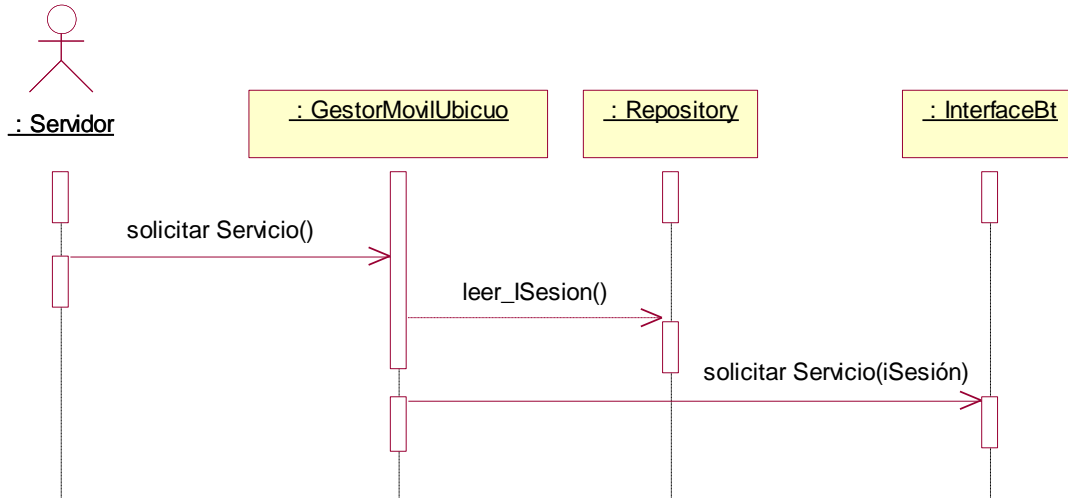


Figura 4-9. BT_Solicitar Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis

Desplegar Servicios:

ACTOR:	Móvil
PROPÓSITO:	Crear interfaces móviles que permitan la interacción del usuario con los servicios descubiertos.
RESUMEN:	Una vez los servicios descubiertos están en el móvil, se generan interfaces de visualización que muestran el nombre y descripción de cada uno de ellos, permitiendo al usuario seleccionar el servicio de su agrado.
PRECONDICIONES:	- Haber recibido por parte del servidor los servicios descubiertos.
ESCENARIO	Móvil 1. Leer los servicios descubiertos 2. Crear Formulario que lista los servicios 3. Crear Formulario que muestra la descripción de cada servicio 4. Desplegar formularios.
POSCONDICIONES:	Usuario con los servicios correctos en el instante adecuado.

FLUJOS ALTERNATIVOS	Ninguno.
NOTAS	Ninguna.
EXCEPCIONES:	Ninguna.

Diagrama de Secuencia

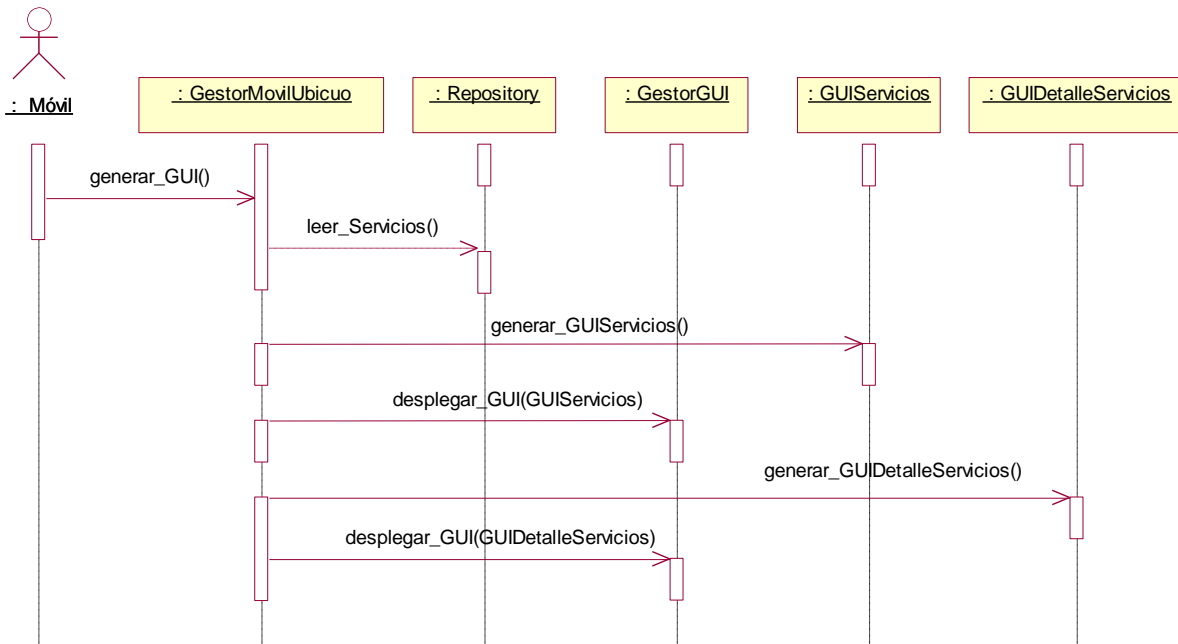


Figura 4-10. Desplegar Servicios – Diagrama de Secuencia – Análisis

Configurar Contexto:

ACTOR:	Usuario
PROPÓSITO:	Permitirle al usuario del sistema configurar su contexto y almacenarlo dentro de un repositorio en el dispositivo móvil.
RESUMEN:	Se ofrece al usuario las interfaces graficas necesarias para configurar su información de contexto. La forma de configurar es agregando, editando y eliminando información.
PRECONDICIONES:	- Tener instalada la aplicación cliente del Sistema dentro del dispositivo móvil.

ESCENARIO	<p align="center">Cliente</p> <p>1. Desea configurar la información de contexto. E1</p> <p>3. Selecciona la opción.</p>	<p align="center">Móvil</p> <p>2. presenta la interfaz inicial de la aplicación del lado del cliente con la opción configurar contexto.</p> <p>4. presenta una interfaz con todas las funcionalidades que presta y además una lista de la información almacenada.</p>
POSCONDICIONES:	Información de contexto actualizado.	
FLUJOS ALTERNATIVOS:	Ninguno	
NOTAS:	Ninguna	
EXCEPCIONES:	<p><u>E1</u>: Si el Cliente decide cancelar la gestión del perfil de preferencias, cierra la aplicación cliente del Sistema que se encuentra corriendo dentro del dispositivo móvil.</p>	

Diagrama de Secuencia

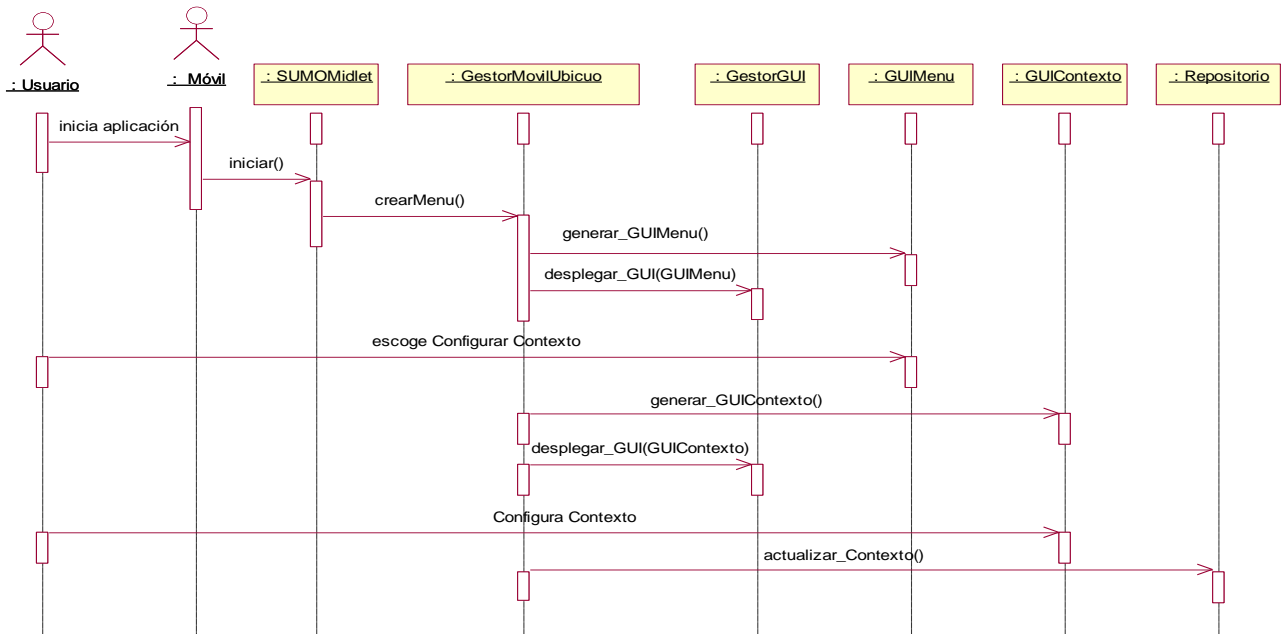


Figura 4-11. Configurar Contexto – Diagrama de Secuencia – Análisis

Descubrir Servicios:

ACTOR:	Servidor
PROPOSITO:	Hace el descubrimiento de servicios para cada usuario, teniendo en cuenta su contexto.
RESUMEN:	Se compara los contextos de los usuarios con las características de todos los servios que estén disponibles. El resultado de la comparación queda almacenado en una base de datos, referenciada con un identificador de sesión que es retornado al dispositivo móvil.
PRECONDICIONES:	Conocer el contexto del usuario.
ESCENARIO	Servidor 3. Se compara el contexto del usuario con cada uno de los servicios disponibles. 4. Se almacena todos los servicios descubiertos en una base de datos, referenciados con el identificador de sesión que se creo para el usuario.
POSCONDICIONES:	Se sigue descubriendo servicios para cada contexto de usuario.
FLUJOS ALTERNATIVOS:	Ninguno
NOTAS:	Ninguna
EXCEPCIONES:	Ninguna

Diagrama de Clases

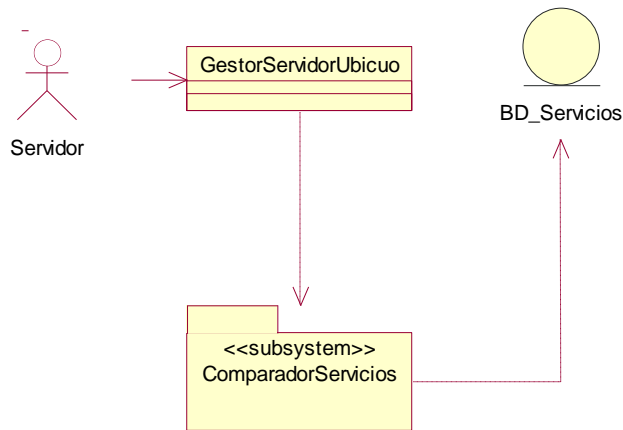


Figura 4-12. Descubrir Servicios - Diagrama de Clases - Análisis

Diagrama de Secuencia

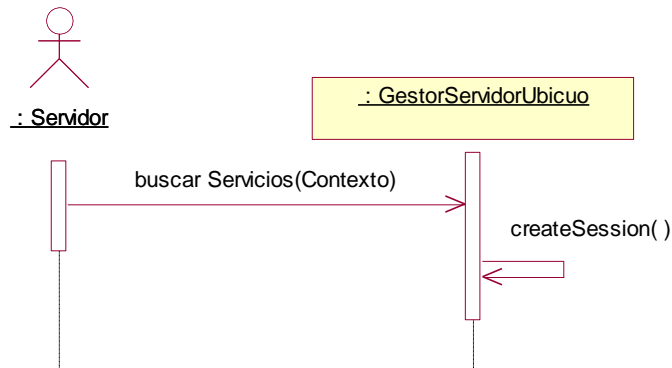


Figura 4-13. Descubrir Servicios - Diagrama de Secuencia – Análisis

4.3.5. Pruebas y Resultados

La experimentación del piloto se realizó utilizando un servidor, con sistema operativo Windows XP Versión 2002 Service Pack 2, Procesador Pentium(R) 2.80GHz y memoria RAM de 1GB, los emuladores de Nokia Carbide.j 1.5 y WTK (Wireless toolkit) 2.5. Para el ambiente real el dispositivo móvil utilizado fue el Nokia N90 (Figura 4-14).

En la construcción de este piloto el contexto se baso en los datos personales y las preferencias del usuario. Los datos personales son información acerca de su estado de vida actual como: Nombre, Edad, Ocupación, Estado Civil, otros. Las preferencias se las catalogó de la siguiente manera: Categoría, Sub categoría, APS (Aplicación, Producto o Servicio) y Prioridad.

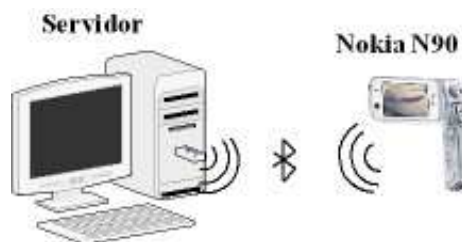


Figura 4-14. Entorno de pruebas

Las pruebas y los resultados obtenidos se relacionan a continuación:

Consumo de Memoria: La figura 4-15 muestra los valores de consumo de memoria durante los procesos fundamentales del servicio, las medidas se realizaron

utilizando el monitor de memoria del WTK 2.5 y para ello se tomó el promedio de cien medidas.

El consumo de memoria tiene valores que disminuyen o aumentan, dependiendo de la importancia del proceso ejecutado. En este sentido, se puede notar que el consumo más bajo es para el proceso de descubrimiento e interacción de servicios, característica importante para el soporte de la movilidad del usuario.

A pesar que los otros valores de memoria consumida son altos, comparados con otro tipo de aplicaciones están por debajo del valor mínimo (4Mb a 8Mb para teléfonos básicos y 16Mb a 128Mb para teléfonos gama alta [55]), en la práctica no representan un inconveniente para la prestación de servicios ubicuos en dispositivos móviles ya que estos se orientan a los nuevos terminales que típicamente tienen altas prestaciones en memoria y procesamiento.

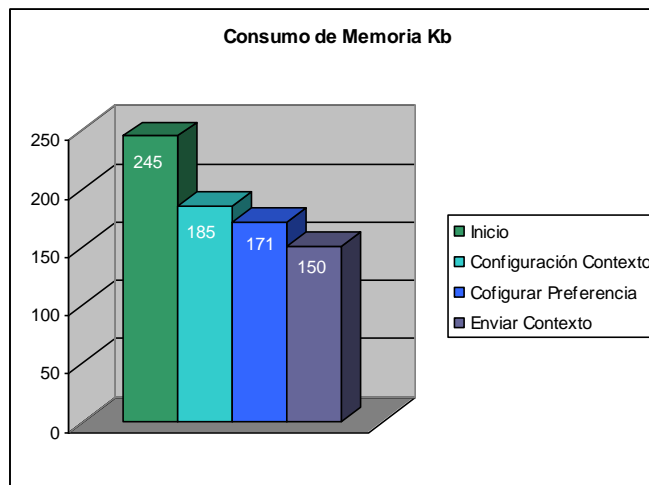


Figura 4-15. Consumo de Memoria

Tiempos de Respuesta: Las figuras 4-16 y 4-17, muestran los tiempos de ejecución de los procesos necesarios para tener acceso al servicio, algunos de los cuales dependen directamente de la interacción del usuario y otros del servicio. Estos tiempos se midieron utilizando el método `System.currentTimeMillis()` ejecutado dentro de la aplicación, al inicio y al final de cada proceso, tomando el promedio de cien medidas.

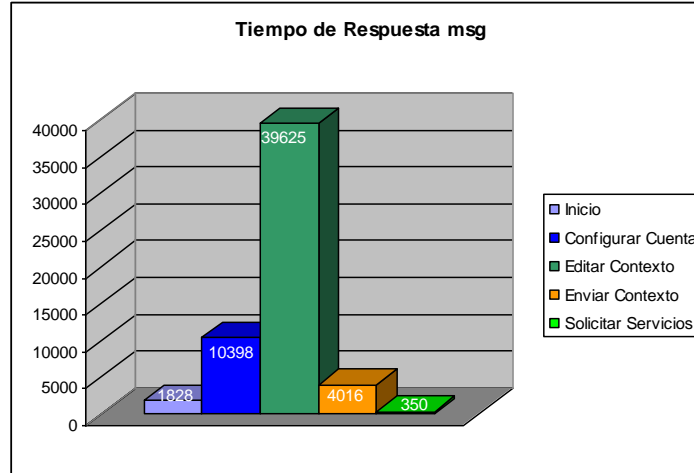


Figura 4-16. Tiempos de Respuesta en Emulación

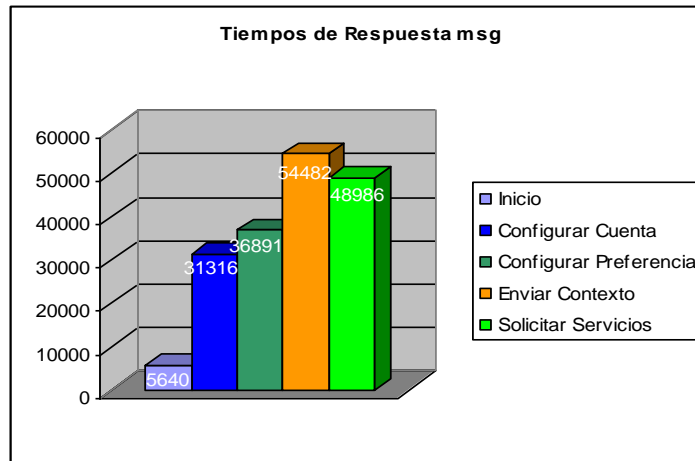


Figura 4-17. Tiempos de Respuesta Reales

En cuanto al tiempo de respuesta se puede notar una diferencia entre la simulación y la aplicación real, que se debe al ambiente de simulación aislado, que no se ve afectado por retardos en la transmisión, como es el caso del ambiente real, además las respuestas de un computador son más rápidas por la capacidad de procesamiento que tiene éste, frente a las de un dispositivo celular. También cabe anotar que por el hecho que la aplicación móvil no esta certificada en cada conexión o su auto inicio; se solicita validación del usuario, razón por la cual el tiempo de respuesta se incrementa. Por esto es necesario tener un certificado digital para validar la aplicación como segura, disminuyendo la interacción dispositivo/cliente y consiguiendo un proceso totalmente transparente para el usuario.

Tamaño de los mensajes: En la figura 4-18 se relaciona el tamaño de los mensajes enviados durante la configuración y acceso a los servicios, medido utilizando el monitor de red del WTK. Esta prueba se realizó para el caso de uso

Bt_Solicitar Descubrimiento de Servicios, para la preferencia Categoría – Deporte, SubCategoría – Artículo, APS – Camiseta y Prioridad - 1. Además con todos los datos personales configurados. Para un contexto con más información, el tamaño del mensaje tendrá un valor múltiplo a éste, debido a que este es el tamaño base para el contexto.

El tamaño de los mensajes es pequeño, lo cual permite que los mensajes sean más flexibles, para especificar de mejor manera las preferencias del usuario y su contexto.

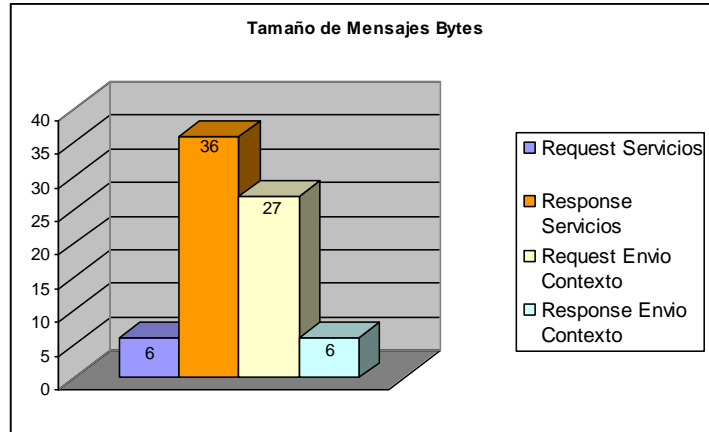


Figura 4-18. Tamaño de Mensajes Bytes

4.4. DESCRIPCIÓN DE SUMOW

Debido a los grandes desarrollos tecnológicos en el campo de la telefonía móvil, y la tendencia por la convergencia de las telecomunicaciones, los dispositivos móviles han optado por incluir en sus características la tecnología de telecomunicaciones inalámbricas WiFi, por este motivo se construyó el piloto WiFi; aprovechando el incremento en la cobertura, en comparación con Bluetooth, y la posibilidad de acceder fácilmente a los Servicios Web.

4.4.1. Casos de Uso

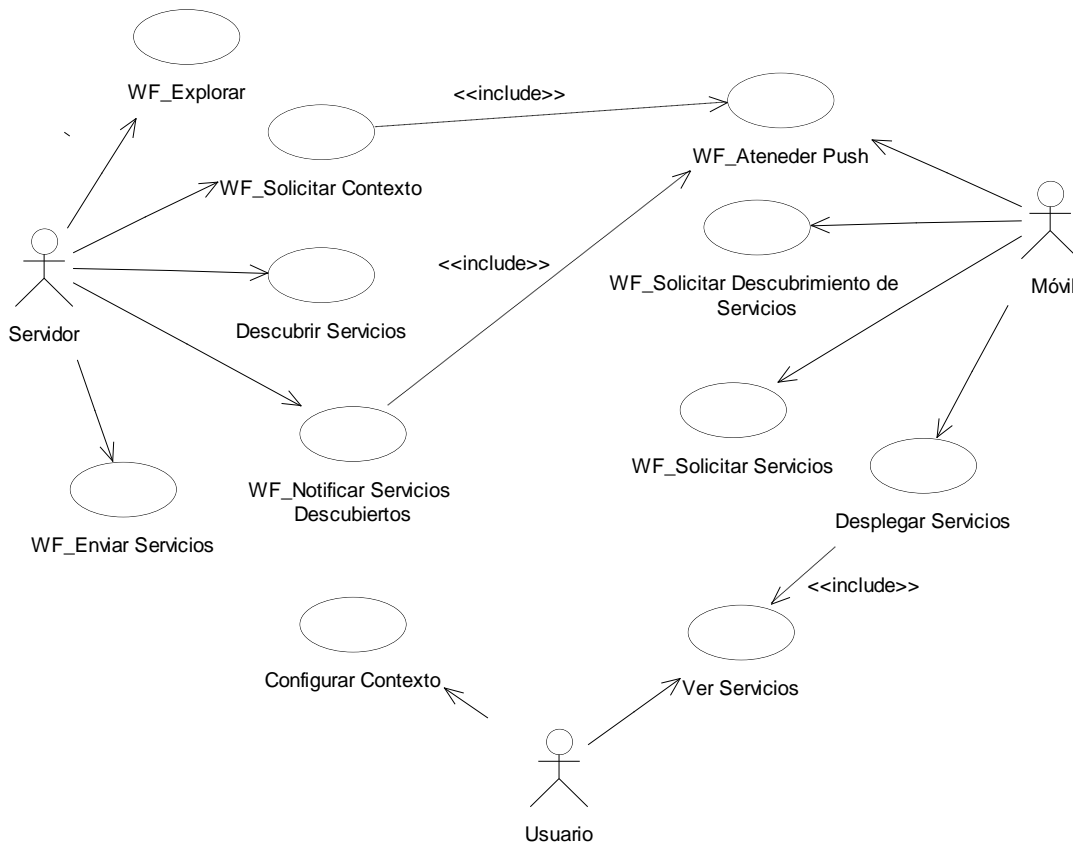


Figura 4-19. Diagrama de Casos de Uso SUMOW

4.4.2. Actores

En seguida se describe el rol que desempeñan los tres actores que aparecen en el diagrama de casos de uso de la figura 4-19.

- **Servidor:** realiza el descubrimiento de servicios, dentro de una red WiFi, a partir del contexto de los usuarios y envía los servicios descubiertos.
- **Móvil:** encargado de enviar el contexto del usuario al servidor, utilizando una comunicación inalámbrica WiFi, para que se lleve a cabo el descubrimiento de servicios, También despliega para el usuario, los servicios descubiertos.
- **Usuario:** configura el contexto que se utiliza para realizar el descubrimiento e interacción de servicios ubicuos.

4.4.3. Descripción de Casos de Uso para SUMOW

A continuación se realiza la descripción de los casos de uso que se implementaron en la construcción del piloto WiFi. Haciendo una excepción con los casos de uso que son comunes con SUMOB y descritos en la sección 4.3.3; los cuales son: *Descubrir Servicios, Configurar Contexto, Ver Servicios y Desplegar Servicios*.

Caso de uso	WF_Explorar
Actores	Servidor
Impacto	Primario
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando el Servidor busca dentro de su red WiFi, a través del protocolo PEEP, dispositivos móviles que tengan la posibilidad de intercambiar el contexto del usuario, es decir tengan la sistema SUMO-M.

Caso de uso	WF_Solicitar Contexto
Actores	Servidor
Impacto	Primario
Descripción	El Servidor inicia este caso de uso cuando crea un mensaje <i>Push Socket</i> y lo envía al móvil, a través del protocolo PEEP, con el fin de alertar y solicitar el contexto del usuario.

Caso de uso	WF_Notificar Servicios Descubiertos
Actores	Servidor
Impacto	Primario
Descripción	El Servidor inicia este caso de uso cuando crea un mensaje <i>Push Socket</i> y lo envía al móvil, a través del protocolo PEEP, con el fin de alertar y notificar que se han descubierto servicios para el usuario.

Caso de uso	WF_Enviar Servicios
Actores	Servidor
Impacto	Primario
Descripción	Éste caso de uso se inicia cuando el Servidor envía los servicios que fueron descubiertos una vez el móvil los solicita, mediante una conexión WiFi, utilizando el protocolo SOAP.

Caso de uso	WF_Atender <i>Push</i>
Actores	Móvil
Impacto	Primario
Descripción	El Móvil inicia este caso de uso para establecer una conexión WiFi con el servidor y recibir los mensajes que éste le envía, a través del protocolo PEEP, e informa al móvil que proceso debe realizar (enviar contexto o solicitar servicios).

Caso de uso	WF_Enviar Contexto
Actores	Móvil
Impacto	Primario
Descripción	El Móvil inicia este caso de uso cuando obtiene la información del contexto almacenado en el repositorio y mediante el protocolo SOAP y a través de una conexión WiFi se envía la información previamente configurada por el usuario.

Caso de uso	WF_Solicitar Servicios
Actores	Móvil
Impacto	Primario
Descripción	Éste caso de uso se inicia cuando el Móvil solicita a SUMO-S los servicios descubiertos, enviando el identificador de sesión, a través del protocolo SOAP y mediante una conexión WiFi.

4.4.4. Realización de casos de Uso Esenciales

A continuación se hace una descripción completa de los casos de uso esenciales del piloto de WiFi.

WF Explorar:

ACTOR:	Servidor
PROPOSITO:	Buscar dispositivos dentro de la red WiFi con el fin de iniciar el descubrimiento e interacción de servicios ubicuos.
RESUMEN:	Se monitorea constantemente la red en busca de dispositivos móviles WiFi enviando un mensaje de invitación a conectarse por medio del protocolo PEEP/TCP. Si el mensaje tiene respuesta quiere decir que el dispositivo encontrado es SUMO-M por lo cual

	pueden iniciarse los procesos de descubrimiento e interacción.
PRECONDICIONES:	La red WiFi debe estar activa.
ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Servidor</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Busca Dispositivos WiFi que estén dentro del área de cobertura utilizando el protocolo TCP a través de PEEP N1. 2. Enviar mensaje de invitación E1. 3. Si el mensaje tiene respuesta, notificar el descubrimiento del dispositivo FA1.
POSCONDICIONES:	P1: Continua monitoreando la red en busca de más dispositivos
FLUJOS ALTERNATIVOS:	FA1: Si el dispositivo descubierto no envía un mensaje de respuesta, éste es ignorado y se sigue realizando la exploración.
NOTAS:	N1: Para más detalle de este proceso ver Anexo C.
EXCEPCIONES:	<u>E1: Dispositivo no tiene SUMO-M</u> - No se inicia el proceso de descubrimiento.

Diagrama de Secuencia

Es igual al diagrama de secuencia de BT_Explorar, mostrado en la figura 4-4, de la sección 4.3.4.

WF Solicitar Contexto:

ACTOR:	Servidor
PROPÓSITO:	Solicitar al dispositivo móvil WiFi que envíe la información de contexto del usuario.
RESUMEN:	Se crea un mensaje <i>Push Socket</i> y lo envía al dispositivo, a través del protocolo PEEP, con el fin de auto iniciar el sistema SUMO-M y solicitarle el contexto del usuario.
PRECONDICIONES:	- Haber encontrado un dispositivo móvil bluetooth.
ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Servidor</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Crear el mensaje <i>push Socket</i> de solicitud de contexto. 2. Enviar el mensaje <i>push</i> al dispositivo utilizando el protocolo TCP a través de PEEP N1. 3. Espera mensaje que indique la recepción del <i>push</i> E1.
POSCONDICIONES:	Ninguna.

FLUJOS ALTERNATIVOS	Ninguno.
NOTAS	N1: Para más detalle de este proceso ver Anexo C.
EXCEPCIONES:	<u>E1: No existe conexión con el dispositivo móvil</u> - Se pierde la conexión y no se recibe mensaje de respuesta, y es necesario volver a descubrir al dispositivo.

Diagrama de Secuencia

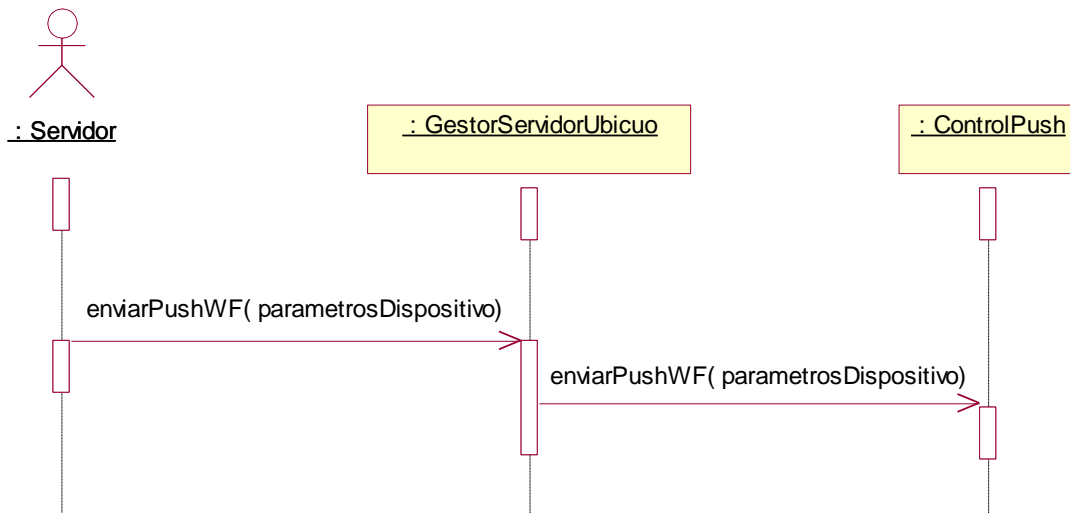


Figura 4-20. WF_Solicitar Conexto - Diagrama de Secuencia – Análisis

WF Notifica Servicios Descubiertos:

Este caso de uso funciona de igual forma que el de *WF_Solicitar Contexto*, solo que la información del mensaje push Socket notifica servicios descubiertos.

WF Enviar Servicios:

ACTOR:	Servidor
PROPÓSITO:	Enviar los servicios descubiertos al dispositivo móvil correspondiente, para que el usuario interactúe con ellos.
RESUMEN:	Se envía los servicios descubiertos una vez el dispositivo móvil WiFi hace la solicitud de ellos y a través del protocolo SOAP/HTTP <u>N1</u> .
PRECONDICIONES:	- Haber descubierto por lo menos un servicio.

ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Servidor</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Construir el mensaje con los servicios descubiertos mediante el protocolo SOAP N2. 2. Enviar servicios a través del protocolo HTTP E1.
POSCONDICIONES:	Ninguna.
FLUJOS ALTERNATIVOS	Ninguno.
NOTAS	<p>N1: Si no se descubren servicios éste caso de uso no se realiza.</p> <p>N2: Para mas detalle del funcionamiento de este proceso ver Anexo C.</p>
EXCEPCIONES:	<p>E1: No existe conexión con el dispositivo móvil</p> <p>- Si la conexión entre SUMO-S y SUMO-M no existe, no se puede terminar el proceso.</p>

Diagrama de Secuencia

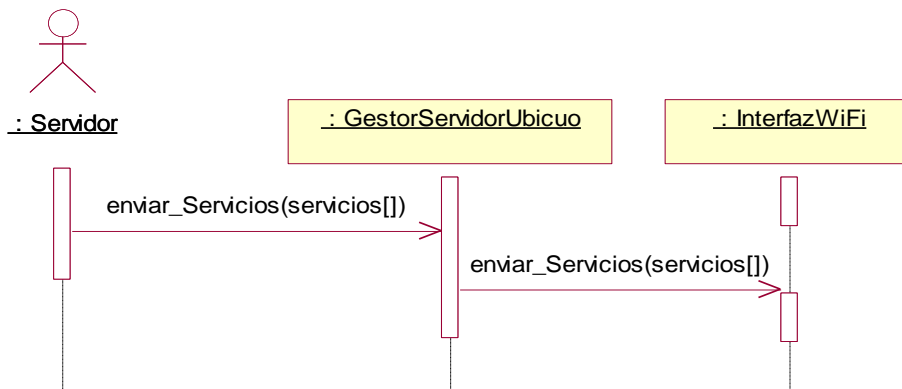


Figura 4-21. WF_Enviar Servicios – Diagrama de Secuencia

WF Atender Push:

ACTOR:	Móvil
PROPÓSITO:	Atiende los mensajes <i>push Socket</i> , extraer su contenido e informar el proceso a realizar.
RESUMEN:	Se recibe los mensajes <i>push</i> , utilizando el protocolo PEEP, y de acuerdo a la información contenida en estos, informar que proceso quiere SUMO-S que se realice; descubrimiento

	o interacción.
PRECONDICIONES:	Sistema SUMO-M auto iniciado.
	Móvil
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recibir mensaje push Socket utilizando PEEP, a través de TCP E1. 2. Analizar el tipo de mensaje. 3. Informar sobre el proceso que se debe realizar N1.
POSCONDICIONES:	Inicio del proceso que indique el mensaje.
FLUJOS ALTERNATIVOS	Ninguno.
NOTAS	<u>N1</u> : Informa, se refiere a decir al Móvil si iniciar el caso de uso <i>WF_Solicitar Descubrimiento de Servicios</i> o <i>WF_Solicitar Servicios</i> .
EXCEPCIONES:	<u>E1</u> : No existe conexión - No se puede recibir los mensajes porque la conexión entre SUMO-M y SUMO-S no esta establecida.

Diagrama de Secuencia

Es igual al diagrama de secuencia de BT_Atender Push, mostrado en la figura 4-4, de la sección 4.3.4.

WF Solicitar Descubrimiento de Servicios:

ACTOR:	Móvil
PROPÓSITO:	Solicitar a SUMO-S el descubrimiento de servicios; enviando la información de contexto del usuario.
RESUMEN:	Se extrae la información de contexto del usuario desde el repositorio, posteriormente crea un mensaje con esta información, y utilizando el protocolo SOAP envía un mensaje a SUMO-S, esperando como respuesta un identificador de sesión.
PRECONDICIONES:	- Haber recibido un mensaje <i>push Socket</i> indicando la solicitud del contexto desde el servidor.

ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Móvil</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Leer información de contexto del usuario. 2. Crear mensaje con la información del contexto utilizando el protocolo SOAP. 3. Enviar la información mediante el protocolo HTTP. <p>E1</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Recibir identificador de sesión y almacenarlo en el repositorio.
POSCONDICIONES:	Esperar, sin necesidad de conexión, que SUMO-S envíe la notificación de servicios descubiertos.
FLUJOS ALTERNATIVOS	Ninguno.
NOTAS	Ninguna.
EXCEPCIONES:	<p>E1: No existe conexión</p> <ul style="list-style-type: none"> - No se puede enviar el mensaje porque la conexión entre SUMO-M y SUMO-S no esta establecida o se perdió.

Diagramas de Secuencia

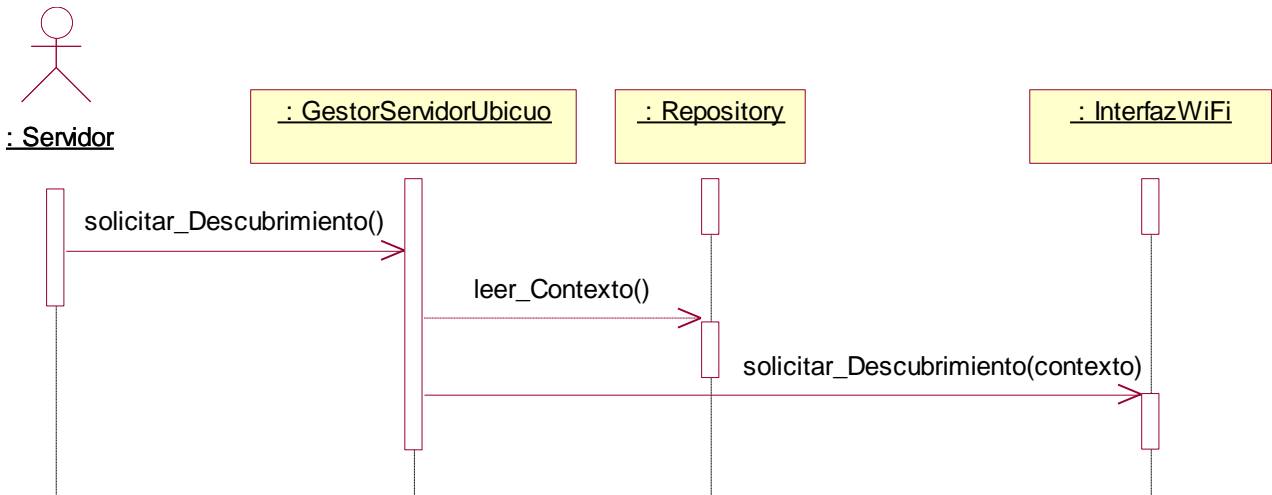


Figura 4-22. WF_Solicitar Descubrimiento de Servicios – Diagrama de Secuencia

WF Solicitar Servicios:

ACTOR:	Móvil
PROPÓSITO:	Hacer la solicitud de los servicios descubiertos por SUMO-S.
RESUMEN:	Se envía un mensaje, utilizando SOAP, con el identificador de sesión para hacer la solicitud del servicio o servicios que SUMO-S ha descubierto.

PRECONDICIONES:	- Haber recibido un mensaje <i>push</i> Socket que indique que el servidor ha descubierto servicios.
ESCENARIO	<p style="text-align: center;">Móvil</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lee el identificador de sesión del repositorio. 2. Crear el mensaje con el identificador de sesión utilizando el protocolo SOAP. 3. Enviar el mensaje de solicitud de servicios a través del protocolo HTTP. E1 4. Recibe los servicios y los almacena.
POSCONDICIONES:	Ninguno.
FLUJOS ALTERNATIVOS	Ninguno.
NOTAS	Ninguna.
EXCEPCIONES:	<p><u>E1: No existe conexión</u></p> <p>- No se puede enviar el mensaje porque la conexión entre SUMO-M y SUMO-S no está establecida o se perdió.</p>

Diagrama de Secuencia

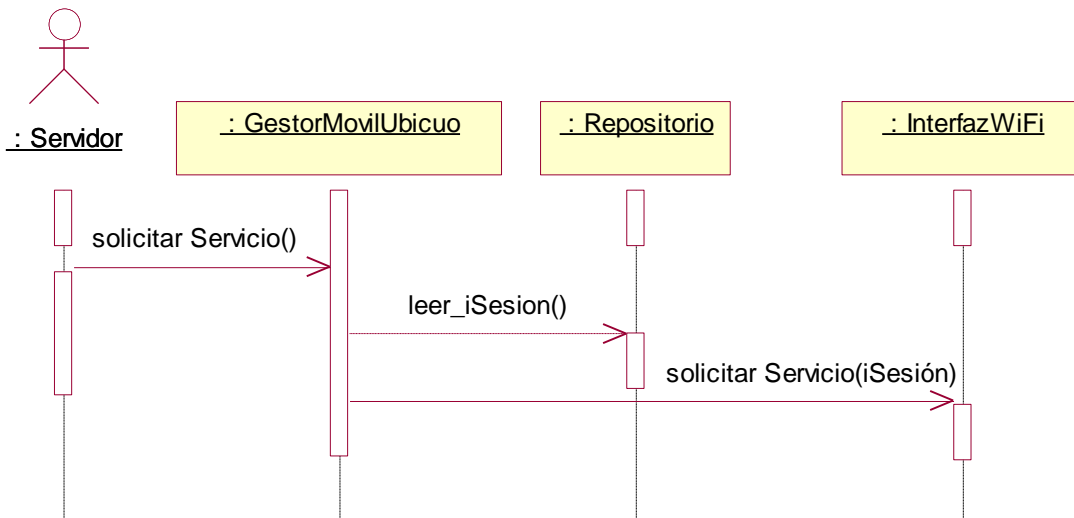


Figura 4-23. WF_Solicitar Servicios – Diagrama de Secuencia

4.4.5. Pruebas y Resultados

La experimentación del piloto se realizó utilizando un servidor, con sistema operativo Windows XP Versión 2002 Service Pack 2, Procesador Pentium(R) 2.8GHz y memoria RAM de 1GB, los emuladores de Nokia y Wireless Toolkit en sus versiones Carbide.j 1.5 y WTK 2.5 respectivamente. Para el ambiente real el

dispositivo móvil utilizado fue el Nokia N93 y un punto de acceso a red inalámbrica Linksys (Figura 4-24).

El contexto de usuario utilizado en este piloto es igual al de SUMOB, descrito en la sección 4.3.5.



Figura 4-24. Entorno de pruebas WiFi

Consumo de Memoria: En la figura 4-25 se presenta los resultados obtenidos al medir el consumo de memoria durante la ejecución de la aplicación, medidas que se realizaron utilizando el monitor de memoria del WTK, tomando el promedio entre cien.

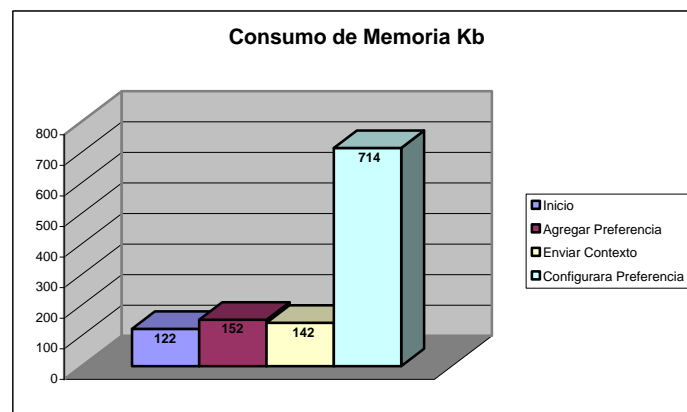


Figura 4-25. Consumo Memoria

El consumo de memoria disminuye o aumenta, dependiendo de la importancia del proceso a realizarse y los resultados obtenidos presentan una ocupación de memoria que no afecta el desempeño del dispositivo móvil, teniendo en cuenta que las capacidades de los dispositivos han mejorado ostensiblemente en los últimos años.

Tamaño de los mensajes: La figura 4-26 corresponde a los resultados de la medida del tamaño de los mensajes que se generan para cada petición y respuesta de la aplicación móvil al servidor. Se debe tener en cuenta que la medida se hizo para la preferencia: Categoría - Deportes, Subcategoría - Artículos, Nombre - Artículos Deportivos y Prioridad 1 y para un perfil de usuario con todos sus campos.

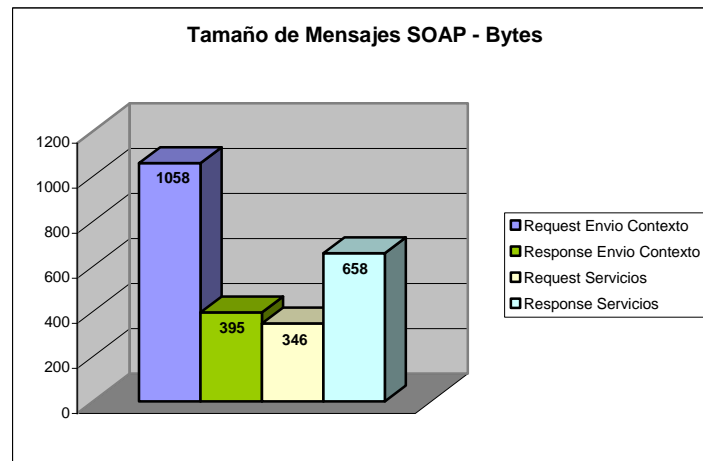


Figura 4-26. Tamaño Mensajes SOAP

La utilización de SOAP incrementa el tamaño de los mensajes, sin embargo, permite una mejor descripción de las preferencias del usuario, para ofrecer un mejor servicio.

Tiempos de Respuesta: La medida del tiempo de ejecución de los procesos importantes de la aplicación se muestran en las figuras 4-27 y 4-28, se tuvo en cuenta los tiempos que se tardaban los procesos en emulación y en ambiente real.

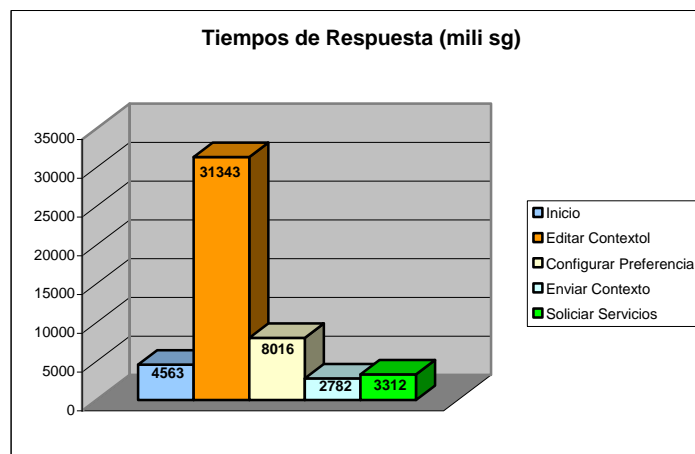


Figura 4-27. Tiempos de Respuesta en Emulación

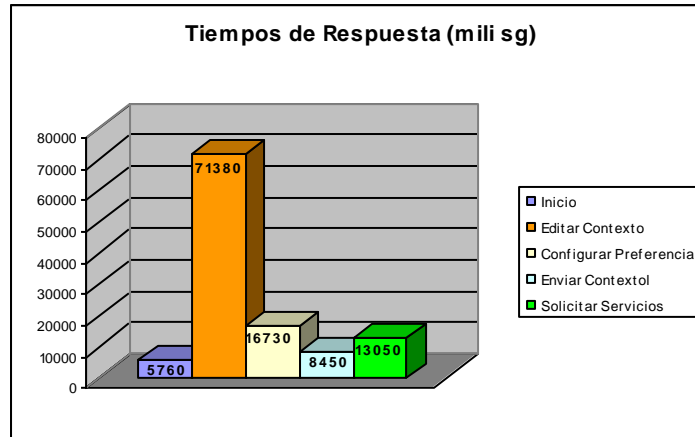


Figura 4-28. Tiempos de Respuesta Reales

Por último se puede observar que los tiempos de respuesta durante la simulación y reales son diferentes debido a las características del entorno de ejecución y de las capacidades de los elementos utilizados, puesto que el rendimiento de un computador sobrepasa las capacidades de un dispositivo móvil celular. Al igual que en el piloto Bluetooth la aplicación móvil no está certificada lo cual implica un incremento en los tiempos de respuesta.

4.5. COMPARACIÓN DE LOS PILOTOS

Se considera que el piloto WiFi es más completo y estructurado por la utilización de *Web Services*, que permite acercarse más a la implementación de un protocolo de descubrimiento e interacción.

Los mensajes para el piloto WiFi son mas grandes que para Bluetooth, debido a que toda la información intercambiada está estructurada en esquemas XML para la comprensión del servidor, sin embargo el beneficio generado, es que el protocolo desarrollado es independiente del lenguaje de programación y del protocolo de transporte, aportando así a los requerimientos de flexibilidad y escalabilidad buscados en los ambientes ubicuos.

En cuanto al consumo de memoria, para el intercambio del perfil, el resultado en ambos pilotos es muy similar, esto quiere decir que aunque la información intercambiada es más extensa en el de WiFi, los recursos utilizados son similares, razón por la cual se considera que el piloto WiFi es más eficiente.

En los tiempos de respuesta, el desempeño para el piloto WiFi fue superior al de Bluetooth, debido al rápido establecimiento de la conexión entre el móvil y el servidor, y a que el piloto WiFi fue probado en el dispositivo móvil Nokia N93; el cual es más rápido que el N90 (dispositivo utilizado en las pruebas del piloto Bluetooth).

La cobertura proporcionada por WiFi es mayor que la ofrecida por bluetooth, por lo tanto con WiFi se puede ofrecer servicios a una mayor cantidad de usuario, con la menor cantidad de elementos del sistema. Sin embargo el piloto bluetooth complementa los alcances de WiFi, debido a que es una tecnología asequible, presente un varios dispositivos celulares.

	Piloto Bluetooth	Piloto WiFi
Consumo de memoria	Mayor	Menor
Tiempo de respuesta en emulación	Mayor	Menor
Tiempo de respuesta real	Mayor	Menor
Tamaño de mensajes	Menor	Mayor

Tabla 4-1. Tabla comparativo pilotos de validación

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1. CONCLUSIONES

A continuación se presenta las conclusiones más relevantes, extractadas del diseño del protocolo de descubrimiento de servicios ubicuos en un ambiente móvil y la construcción de los pilotos de pruebas.

- La investigación sobre servicios móviles ubicuos es un tema que toma fuerza en el desarrollo tecnológico nacional, por ende es importante aportar ideas que fortalezcan esta iniciativa, el protocolo diseñado ataca la falta de protocolos que ayuden al ofrecimiento de servicios ubicuos basados en contexto, y deja una base importante para el diseño de estos dentro del entorno académico.
- La utilización de este protocolo en el desarrollo de servicios ubicuos, permitirá crear aplicaciones eficientes que pueden mejorar el desempeño, conforme su investigación se mantenga activa, puesto que como se mencionó, el protocolo aporta las bases para generar servicios de este tipo.
- El protocolo agiliza la construcción de nuevos tipos de servicios, gracias a su implementación a base de clases genéricas que pueden adaptarse al ofrecimiento de este tipo de servicios, basta con conocer los parámetros básicos que describen un determinado servicio.
- Los servicios ubicuos son una necesidad en la actualidad para los usuarios, pues facilitan la búsqueda de información personalizada en el lugar y momento indicado, filtrando con el contexto del usuario los servicios ofrecidos y brindándole libertad, movilidad y satisfacción por el uso de las tecnologías.
- Los dos pilotos desarrollados son aplicables en el entorno comercial, en el ofrecimiento de productos y servicios, por la poca utilización de recursos y los cortos tiempos de respuesta, lo que hace a las aplicaciones atractivas para los clientes, siendo necesario certificar la aplicación para su comercialización. Sin embargo, el uso de terminales de alta gama, limita su mercado.

- La investigación en computación móvil ubicua, incentiva el uso de la tecnología en el entorno colombiano, familiarizando a las personas con el comercio tecnológico, rompiendo la barrera de desconfianza existente en la sociedad Colombiana.
- El protocolo desarrollado se puede utilizar para profundizar en la creación de servicios ubicuos, expandiendo su prestación no solo en dispositivos celulares, sino en cualquier dispositivo que tenga soporte para una conexión inalámbrica.
- El desarrollo de este proyecto demuestra que dentro del entorno colombiano existen las herramientas necesarias para la generación de servicios ubicuos y protocolos que los soporten.
- La ejecución de este tipo de proyectos, demuestra que en el país y específicamente en la universidad del cauca, existe el talento suficiente para aportar conocimiento al mundo tecnológico y poner a la universidad del cauca y al país a la vanguardia de los grandes laboratorios dedicados a la investigación de esta temática.
- La elaboración de este tipo de proyectos demuestra las capacidades y los alcances que puede obtener un estudiante de la facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Cauca, en el área de creación de protocolos, respaldando el conocimiento adquirido en la institución.
- Las tecnologías empleadas en este proyecto (Bluetooth y WiFi), facilitan la creación y ofrecimiento de servicios ubicuos, gracias a sus características de movilidad.
- El continuo desarrollo de las tecnologías empleadas, genera una evolución constante de los servicios ubicuos, permitiendo que estos lleguen a más personas y se preste un servicio asequible a un gran número de usuarios.
- A pesar de ser J2ME una especificación, las implementaciones de las máquinas virtuales para cada gama de dispositivos tienen algunas variaciones y por lo tanto las implementaciones deben tenerlas en cuenta, acoplándose para obtener un mejor rendimiento.
- Con el desarrollo de este proyecto se obtuvieron varios resultados, entre los que se destaca la publicación de un artículo en el próximo congreso de i2comm realizado en Cartagena entre el 21 y 22 de febrero del presente año y el aporte para la tesis de maestría titulada “Marco Referencia para la Construcción de Servicios Móviles Ubicuos”, a cargo del ingeniero Javier Mesa Durango. En el anexo D se entrega el artículo presentado en el evento mencionado.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para la creación de protocolos es esencial conocer los trabajos realizados anteriormente y el campo de acción que se pretende atacar, realizar un análisis sobre los alcances, bondades y falencias de ellos, asegurando que el resultado final solucione problemas anteriores y posea características no existentes.
- Para evaluar el desempeño de un protocolo es necesario diseñar un piloto de pruebas que explote de manera adecuada las características proporcionadas por el protocolo diseñado.
- Es importante tener en cuenta que el protocolo diseñado debe ser escalable para que pueda ser empleado y adecuado a nuevas aplicaciones.
- Para la creación de un protocolo y en general para cualquier proyecto, es necesario seguir un proceso de ejecución, que permita evaluar la evolución del trabajo y asegure unos resultados adecuados.

5.3. TRABAJOS FUTUROS

A continuación se listan las recomendaciones para trabajos futuros que pueden efectuarse utilizando en el protocolo definido.

- El desarrollo de los pilotos de servicios ubicuos, soporta el desarrollo de trabajos futuros como son: la creación de protocolos de pago de servicios ubicuos y la definición de una plataforma de servicios ubicuos.
- Se abre las puertas para la investigación a cerca de métodos de búsqueda más eficientes que proporcionen soporte a los servicios basados en contexto, puede utilizarse meta datos y ontologías para realizar una comparación de los servicios, mejorando el nivel de abstracción de las preferencias del usuario.
- Puede extenderse la implementación del protocolo a otras tecnologías, que mejoren la cobertura del ofrecimiento de servicios ubicuos, como por ejemplo WiMax.
- Extender el protocolo de servicios ubicuos para ofrecer una nueva gama de servicios, que estén acorde con la evolución tecnológica nacional.
- Agregar soporte para registro de servicios remotos por parte de proveedores cuyos servicios se adecuen a los parámetros definidos para su descripción.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Guttman, Erik. "Service Location Protocol: Automatic Discovery of IP Network Services". Sun Microsystems, 1999.
- [2] Comité Ejecutivo NOVOPLAY. "NOVOPLAY the Ubiquitous fun company", 2006.
- [3] Organización Mundial del Comercio. "Servicios de Telecomunicaciones", [Consulta: Diciembre de 2006], disponible en Web: http://www.wto.org/spanish/tratop_s/serv_s/telecom_s/telecom_s.htm.
- [4] Tuddenham, Philip and Vukovic, Maja. "Ubiquitous Service Discovery using TRIP". University of Cambridge Computer Laboratory, 2004.
- [5] "Neveras con pretensiones". [Consulta: Agosto de 2006], disponible en Web: <http://www.microsiervos.com/archivo/gadgets/neveras.html>.
- [6] Weiser, Mark. "The Computer for the 21st Century ". Scientific American. pp. 94-10, 1991.
- [7] Lee, Choonhwa and Helal, Sumi. "A Multi-tier Ubiquitous Service Discovery Protocol for Mobile Clients". Computer and Information Science and Engineering Department, University of Florida, Gainesville, 2003.
- [8] Yamazaki, Kenichi. "Research Directions for Ubiquitous Services". Network Laboratories, NTT DoCoMo, Inc, 2004.
- [9] International Telecommunication Union. "ITU Workshop on Ubiquitous Network Societies". 2005.
- [10] Dourish, Paul and Moran, Thomas P. "Context-aware Telephony: Privacy Preferences and Sharing Patterns". IBM Almaden Research Center and Department of Information and Computer Science, University of California, Irvine, 2001.
- [11] Khalil, Ashraf and Connelly, Kay. "Moran Context-Aware Computing". College of Computer Science and Information Technology, Abu Dhabi University Al Ain, United Arab Emirates and Indiana University, Bloomington, 2006.
- [12] Tanter, Eric et al. "Context-Aware Aspects". Software Composition Group, Vrije Universiteit Brussel, Belgium, 2006.
- [13] Botía, Juan A. "Conceptos básicos de computación ubicua y context awareness". Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones Universidad de Murcia, 2007.
- [14] NTT Corporation. "Ubiquitous Services – The Technology providing ubiquitous services and evaluation with a field trial". NTT Network Services System Laboratories, 2006.
- [15] Sun, Jun-Zhao and Sauvola, Jaakko. "On Fundamental Concept Of Mobility For Mobile Communications". MediaTeam, Machine Vision and Media Processing Unit, Infotech Oulu.

- [16] Ilarri A., Sergio. "Conceptos Básicos de Movilidad", Universidad de Zaragoza, 2007.
- [17] Cabri, Giacomo; Leonardi, Letizia and Zambonelli, Franco. "Weak and Strong Mobility in Mobile Agent Applications". Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria-Università di Modena e Reggio Emilia.
- [18] Etsuko, Egami. "offering ubiquitous services". Research and Development Center of Japan Pailway East Group, 2003.
- [19] Rodríguez F., José A. ET al. "Servicios de inteligencia ambiental disponibles en cualquier momento y lugar". Telefónica I+D, 2007.
- [20] Strang, Thomas. "Ubiquitous Services Introduction". Ludwigs-Maximilians University Munich, 2004.
- [21] Ministerio de Comunicaciones Republica de Colombia. "Informe trimestral año 2007 telefonía móvil celular". División de Administración de Recursos de Comunicaciones, 2007. Disponible en Web: http://www.mincomunicaciones.gov.co/mincom/src/user_docs/Archivos/Documentos/InformeTMC2007.pdf.
- [22] Senador de Siqueira, Thiago. "Bluetooth – Características, protocolos y funcionamiento". Instituto de computación, Universidad Estatal de Campiñas, 2006.
- [23] Fernández, Eduardo. "Wi-Fi: nuevos estándares en evolución", Centro de Difusión de Tecnologías ETSIT-UPM, Ceditec, 2007.
- [24] Blázquez del Toro, Luis Miguel. "¿QUÉ ES RFID?". Sistemas De Identificación Por Radiofrecuencia, 2006.
- [25] AXCESS International Inc. "An Automated RFID Solution for Physical IT Asset Management and Protection". 2006.
- [26] Innovision Research and Technology. "Turning the NFC promise into profitable, everyday applications". Near Field Communication in the real world, 2006.
- [27] Object Management Group, www.corba.org, 2007
- [28] Lezama, Lugo A. "Modelado de dispositivos para un sistema de seguridad implementando tecnología Jini". Tesis Licenciatura. Ingeniería en Sistemas Computacionales. Departamento de Ingeniería de Sistemas Computacionales, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Ameritas- Puebla. 2001.
- [29] Sun microsystem. "Jini™ Architectural Overview". Technical White Paper, 1999.
- [30] Altadill, Pello X. "Jini". Sun-Microsystems, 2002.
- [31] Jini Organization. "Introduction to Jini", [Consulta: Mayo 2007], disponible en Web: http://www.jini.org/wiki/Category:Introduction_to_Jini.
- [32] Ravindra, Lokhande and Saurabh, Jindal. "Service Location Protocol for mobile Environment", 2003.
- [33] Hagen, Silvia. "Guide to Service Location Protocol". Sunny connection, 2002.
- [34] Vettorello, Marco; Bettstetter, Christian and Schwingenschlogl, Christian. "Some Notes on Security in the Service Location Protocol Version 2 (SLPv2)". Technische Universität München (TUM), Institute of Communication Networks, Munich, Germany, 2002.

- [35] Cha, Hyun-Wook et al. "Implementation of Service Location Protocol and Remote Device Control for IPv6 based Home Networking". Protocol Engineering Center, Korea, 2003.
- [36] Microsoft Corporation. "Understanding Universal Plug and Play". White Paper, 2004.
- [37] Goland Yaron et al. "Simple Service Discovery Protocol/1.0". Internet Engineering Task Force, Microsoft, 1999.
- [38] Cohen Jhosh, Aggarwal Sonu and Goland Yaron. "General Event Notification Architecture Base: Client to Arbiter". Microsoft Corporation, One Microsoft Way, 1999.
- [39] Gudgin Martin et al. "SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition)". Microsoft, Sun Microsystems, IBM, Canon, Oracle, W3C, 2007.
- [40] Goland Yaron. "Multicast and Unicast UDP HTTP Messages", Internet Engineering Task Force, 1999.
- [41] Gryazin, Eugene A. "Service Discovery in Bluetooth". Group for Robotics and Virtual Reality, Department of Computer Science, Helsinki University of Technology, 2000.
- [42] Yuan, Yuan and Agrawala, Ashok. "A Secure Service Discovery Protocol for MANET". Department of Computer Science, University of Maryland, 2003.
- [43] McGrath, Robert E. "Discovery and Its Discontents: Discovery Protocols for Ubiquitous Computing". National Center for Supercomputing Applications, Department of Computer Science, University of Illinois, 2000.
- [44] Helal, Sumi et al. "Konark – A Service Discovery and Delivery Protocol for Ad-Hoc Networks". Computer and Information Science and Engineering Department, University of Florida, Gainesville, 2003.
- [45] Cho, Chunglae and Lee, Duckki. "Survey of Service Discovery Architectures for Mobile Ad hoc Networks". Computer and Information Science and Engineering Department, University of Florida, Gainesville, 2005.
- [46] International Organization for Standardization. "ISO/IEC 7498-1:1994". Disponible en Web: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=20269.
- [47] Gudgin, Martin. "SOAP Version 1.2 Part 2: Adjuncts (Second Edition)". Disponible en Web: <http://www.w3.org/TR/2007/REC-soap12-part2-20070427/#soapforrpc>.
- [48] "RFCOMM with TS 07.10". Disponible en Web: <http://bluetooth.com/NR/rdonlyres/4C1E59CA-7E67-4126-8FE8-107C84A7B72C/916/rfcomm.pdf>.
- [49] "Bluetooth Wireless Technology Profiles". Disponible en Web: http://bluetooth.com/Bluetooth/Learn/Works/Profiles_Overview.htm#26.
- [50] Defense Advanced Research Projects Agency. "transmission control protocol". Disponible en Web: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc793.txt>.
- [51] Fielding, et al. "Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1". Disponible en Web: <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc2616.pdf>.
- [52] IEEE Standards Association. "Wireless Personal Area Networks". Disponible en Web: <http://standards.ieee.org/getieee802/802.15.html>.

- [53] IEEE Standards Association. "LAN/MAN Wireless LANS". Disponible en Web:
<http://standards.ieee.org/getieee802/802.11.html>.
- [54] Toledo T., Alejandro. "Protocolo ICMP". Gestión de Redes de Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.
- [55] Feeley, Peter. "Finding the Right Memory for Your Mobile Phone Design". Micron Technology, 2005.