# Calidad de servicio para redes ad-hoc en entornos inmóticos

F.J. Villanueva, J.D. Morena, F. Moya, J.C. López Grupo de Arquitectura y Redes de Computadores, Universidad de Castilla-La Mancha Paseo de la Universidad 4, 13071 Ciudad Real. Telf: 902204100 Ext. 3707, Fax: 926295354

E-mail: { felixjesus.villanueva, julian.delamorena, francisco.moya, juancarlos.lopez }@uclm.es

#### Resumen

La aceptación de las tecnologías y soluciones destinadas a implantarse en entornos inmóticos viene determinada por aspectos como la flexibilidad, necesidad de infraestructuras, tolerancia a fallos, calidad de servicio, etc. En este artículo se define una arquitectura para la implantación de redes ad-hoc en entornos inmóticos extensos que contempla toda esta serie de características. El modelo propuesto particulariza este tipo de redes a las características de los entornos inmóticos y los propone como la columna vertebral de comunicaciones de dichos entornos. Adicionalmente se plantea una arquitectura de calidad de servicio para este modelo, la cual permitirá tratar las aplicaciones y servicios inmóticos en base a sus requisitos y relevancia en el entorno donde están presentes. La arquitectura descrita se enmarca como una extensión al proyecto SENDA que abordó el problema de la hetereogeneidad de las tecnologías y el desarrollo de servicios en entornos domóticos.

## 1. Introducción

La domótica se define como la aplicación de las nuevas tecnologías a las tareas y servicios que el usuario habitualmente desarrolla en los entornos donde realiza su vida habitual. Cuando estas tecnologías se aplican a grandes complejos urbanísticos (aeropuertos, polígonos industriales, edificios de oficinas, etc.) se denomina inmótica.

Las infraestructuras que nos encontramos en los entornos inmóticos (aeropuertos, edificios de la administración, polígonos industriales, etc.) son complejas y de una amplia variedad. No sólo contemplan aquellas tecnologías orientadas al control de tareas como la seguridad, gestión de la energía, etc., sino que nos encontramos infraestructuras ofimáticas, de contenidos multimedia, etc.

A grandes rasgos, en entornos inmóticos se presentan los siguientes problemas:

- Hetereogeneidad de tecnologías y dispositivos. Este problema dificulta el desarrollo de servicios.
- Utilización de dispositivos de bajo costo y limitada capacidad de cómputo para su fácil adaptación al entorno.
- Infraestructuras necesarias para dichas tecnologías e integración de las mismas en un entorno común de servicios.
- 4. Calidad de servicio ofrecida a las aplicaciones en un entorno integrado.

El problema de la hetereogeneidad fue abordado en el proyecto SENDA[1][2] (Services and Networks for Domotic Applications) mediante la encapsulación de la funcionalidad de los

dispositivos en objetos software. De esta forma, los servicios y aplicaciones domóticos, se desarrollan en base a la funcionalidad de los dispositivos con independencia de la tecnología.

En la actualidad, las distintas instalaciones (redes de oficina, multimedia, de control, etc. ) no colaboran entre sí para el desempeño de sus funciones. Compartir recursos no sólo flexibiliza la propia instalación, sino que puede abaratar costes al aprovechar mejor los recursos.

Partiendo de los principios establecidos en SENDA, vamos a presentar una arquitectura que busca en las redes inalámbricas *ad-hoc* [11] la infraestructura básica de comunicaciones entre los dispositivos que componen nuestro entorno, particularizando este tipo de redes a este campo de aplicación.

Ya en [10] se plantean las redes ad-hoc como extensión a las infraestructuras existentes en la actualidad y describe distintos casos de uso. Nuestra propuesta va más allá planteando este tipo de redes como la columna vertebral de las infraestructuras inmóticas.

Los servicios y las arquitecturas cuyo soporte se basa en redes ad-hoc asumen una serie de restricciones que provienen de los entornos para los cuales fueron desarrolladas en sus principios (campos de batalla, catástrofes, etc..). Como veremos más adelante, nuestro campo de aplicación tiene características nuevas y modifica las restricciones anteriormente citadas.

Una vez definida nuestra arquitectura se plantea un modelo de calidad de servicio para la misma. Este modelo nos permite asignar recursos a aquellas aplicaciones que tengan mayor relevancia y en función de los recursos disponibles en un entorno concreto.

Nuestro modelo de redes *ad-hoc* con calidad de servicio ha de servirnos para:

- Integrar redes con distintos campos de aplicación (domóticas, audiovisuales, datos etc.) mediante pasarelas configuradas como nodos ad-hoc.
- 2. Compartir recursos con el consiguiente ahorro de costes.
- Flexibilizar y reducir los tiempos de instalación de la infraestructura de comunicaciones necesaria.
- 4. Establecer mecanismos de tolerancia a fallos.
- 5. Asignar los recursos en función de eventos temporales, alarmas, etc.
- Proporcionar soporte a nuevas aplicaciones derivadas de la integración de nodos móviles.
- Facilitar una implantación incremental de tecnologías y servicios conforme el usuario gane confianza en este tipo de soluciones.

El prototipo que se desarrolla en base a esta arquitectura es una extensión del desarrollado para el proyecto SENDA.

# 2. Modelo de redes ad-hoc para entornos inmóticos.

Las redes *ad-hoc* móviles, donde los nodos móviles se comunican a través de enlaces inalámbricos, permiten la comunicación entre los distintos nodos sin ninguna infraestructura previa, eliminando la necesidad de los puntos de acceso. Adicionalmente permiten establecer estas comunicaciones entre nodos más allá de su alcance gracias a la búsqueda de rutas utilizando nodos intermedios de la red, que realizan funciones de enrutado, lo que se denominan rutas multisalto [11].

El desarrollo de la tecnología inalámbrica permitirá en un futuro muy próximo la distribución de información por este tipo de redes a velocidades considerables, permitiendo incluso la distribución de varios canales de vídeo simultáneamente [4].

No obstante, como se ha comentado anteriormente, las redes *ad-hoc* asumen una serie de características en sus nodos (problemas de consumo, prestaciones, topología en constante cambio, etc.) que no siempre están presentes en los entornos inmóticos.

Nuestra arquitectura se aprovecha de la relajación de dichas características que presentan ciertos nodos

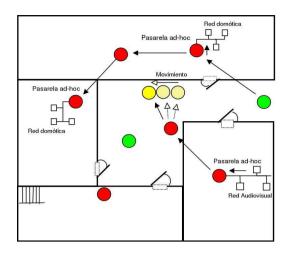


Figura 1: Prototipo de Entorno inmótico

en entornos inmóticos para establecer mecanismos que permitan la gestión y configuración de este tipo de redes.

Un ejemplo de estas características es la movilidad. Las redes *ad-hoc* asumen una topología en constante cambio por parte de todos los nodos que la integran.

Dentro de una infraestructura *ad-hoc* para entornos inmóticos existen nodos que tienen una posición estática o con movimientos muy esporádicos (PC's de sobremesa, puntos de información, electrodomésticos, etc.). En base a esta característica y a sus prestaciones realizamos la siguiente clasificación:

- 1. Nodos *vertebrales*: se caracterizan por una posición estática y suficientes prestaciones para realizar labores de gestión y enrutado Aparecen representados en rojo en Fig 1.
- Nodos móviles: Posición cambiante pero, al igual que los anteriores, tienen capacidad para realizar labores de gestión y enrutado. Representados como nodos amarillos en Fig 1.
- Nodos móviles de limitadas prestaciones: No permiten realizar labores de de gestión y enrutado además de poseer una alta movilidad. Estos se representan como nodos verdes en Fig 1

Otra ventaja que presentan los entornos inmóticos es la definición de patrones de movimiento de los servicios para mantener una alta disponibilidad. La definición de patrones de movimiento ayuda a predecir dónde los servicios deben establecerse para mantener una alta disponibilidad.

Al estar nuestros entornos definidos por una serie de limitaciones físicas (paredes, puertas, escaleras, etc.) es más fácil identificar dónde los servicios son más necesarios y presentan una mayor disponibilidad para los usuarios[9].

Los roles asignados a los nodos va a variar en función de la anterior clasificación.

Estos roles contemplan los mecanismos de configuración, gestión de la red, algoritmos de enrutado, descubrimiento de nuevos nodos y servicios, etc..

Otra función que contempla nuestra arquitectura para los nodos vertebrales es la de pasarela. Un nodo pasarela conecta la infraestructura vertebral con una red dedicada (Fig 1). De esta forma se permite utilizar las infraestructuras presentes para comunicar "islas" dentro del edificio que tienen funciones asociadas sin ninguna infraestructura adicional.

Las pasarelas definidas en SENDA permitían interactuar a distintas tecnologías domóticas. Con la extensión definida en este artículo se permitirán utilizar las infraestructuras presentes de forma más eficiente.

Otro aspecto crucial, sobre todo cuando hablamos de tráfico de control domótico, es la fiabilidad y tolerancia a fallos. En una instalación basada en puntos de acceso inalámbricos, el fallo de un punto de acceso implica que los nodos dentro de su cobertura no pueden establecer conexiones. Los mecanismos asociados a las redes ad-hoc permiten salvar estas situaciones buscando rutas alternativas ante la caída de uno de los nodos de la red.

#### 3. Calidad de servicio en entornos inmóticos

Un entorno inmótico integrado, en el cual se comparten infraestructuras, da soporte a una variedad de aplicaciones que no tienen la misma relevancia tanto para el edificio como para sus usuarios, ni los mismos requisitos.

Es necesario por tanto establecer una distinción en los recursos asignados. Esta distinción, en nuestro caso a nivel de comunicaciones principalmente, se ha dado en denominar calidad del servicio (en adelante QoS).

Partiendo de los conceptos establecidos en *DiffServ* (*Differentiated Services*)[3], modelo de QoS desarrollado para grandes redes IP, definimos una extensión para la arquitectura basada en redes *adhoc* anteriormente descrita.

En primer lugar es necesario identificar los tipos de tráfico que nos encontramos en este tipo de escenarios y que son, principalmente:

- 1. Tráfico de control domótico.
- 2. Tráfico Multimedia.
- 3. Tráfico de usuario.
- 4. Tráfico Best effort

No obstante, el prototipo es capaz de adaptarse a cualquier clasificación que realicemos y que reflejemos apropiadamente en el proceso de configuración. De esta forma, el administrador puede clasificar el tráfico conforme a las necesidades del entorno.

Un agente de QoS (Fig 2) residente en cada nodo, extensión de los *managers* definidos en SENDA, asigna los recursos de red del nodo en función de un acuerdo común a un entorno. Este acuerdo, definido en *DiffServ* como SLA (*Service level agreement*), contiene toda la información necesaria para configurar el nivel de red y para la clasificación del tráfico que se genera en el nodo en una de las cuatro clases anteriores.

Cada nodo *ad-hoc*, clasifica y marca el tráfico generado por sí mismo y enruta, en base a la clase identificada, el tráfico del resto de los nodos.

La especificación de los servicios se realiza en XML (dentro del SLA), reflejando una serie de características básicas que permiten marcar el tráfico del servicio. En el siguiente ejemplo se especifica el destino y el origen del tráfico así como el ancho de banda y la longitud media de los paquetes. :

```
<service name="presence_sensor">
<src>localhost</src>
<port_src>12345</port_src>
<dest>any</dest>
<dest_port>12345</dest_port>
<traffic_type>control</traffic_type>
<bandwidth unit="k">1</bandwidth>
    <avpkl>100</avpkl>
</service>
```

Otra particularidad orientada a los servicios adaptativos, esto es, servicios que pueden adaptar su tráfico a las condiciones de red, son los elementos denominados *mediadores* (Fig.2). Estos elementos comunican a los agentes de QoS y los servicios adaptativos realimentando a los mismos con la información necesaria para que adapten su tráfico a las condiciones de la red.

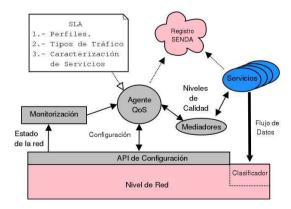


Figura 2 Arquitectura de QoS

#### 3.1. Perfiles

En un entorno inmótico, la relevancia de las aplicaciones varía en función del periodo del día, eventos de seguridad, eventos excepcionales, etc.

Por ejemplo, en los edificios de oficinas, el uso de los recursos por parte de las aplicaciones de trabajo es más elevado en horario laboral que por la noche. Es en este periodo del día donde las aplicaciones de seguridad y monitorización adquieren una mayor importancia. Algo similar ocurre en momentos de alarmas de fuego, agua, seguridad, etc. Esta variación en la importancia relativa de los servicios debe reflejarse en los recursos asignados.

La adaptación a eventos temporales y situaciones especiales se realiza mediante unos elementos adicionales reflejados en nuestro SLA, no contemplados en las arquitecturas de QoS existentes en la literatura, denominados *perfiles*. Un *perfil* contiene una asignación de recursos para las clases de tráfico anteriormente definidas. El agente de QoS en base a unas reglas predefinidas, identifica el perfil activo y asigna los recursos en base a ese perfil.

Los perfiles, por tanto, identifican situaciones o periodos de actividad y las reflejan en la asignación de recursos.

Un ejemplo de perfil simplificado extraído del SLA definido en el prototipo sería:

donde se representa el ancho de banda (en tanto por ciento) asignado a cada tipo de tráfico.

Estos perfiles permiten a nuestra arquitectura ser sensible al entorno donde está presente.

Por lo tanto, el SLA de nuestra arquitectura va a estar formado por:

- 1. Información relativa a los perfiles.
- 2. Información relativa a los servicios.
- 3. Políticas y reglas para determinar el perfil activo en cada momento.

Otro de los aspectos a resaltar en términos de QoS es la función de las anteriormente citadas pasarelas.

Al conectar redes dedicadas con la infraestructura principal, deben clasificar el tráfico proveniente de esas redes dedicadas en una de las clases definidas de QoS. Por ejemplo, las redes domóticas como X10[6] y Lonworks[7] se enmarcarían como tráfico de control domótico mientras que el tráfico generado en una red orientada a aplicaciones audivisuales (Ej. HAVI[8]), sería tráfico multimedia.

#### 3.2. API de configuración.

Siguiendo los principios establecidos en SENDA en cuanto a la independencia del sistema operativo se define un API que abstrae a los agentes de QoS de los mecanismos a nivel de red.

Este API define una serie de objetos como son filtros, gestión de colas, planificador de paquetes, etc. que los agentes de QoS utilizan para configurar el nivel de red.

En el prototipo actual, este API se está implementando en CORBA a partir de una definición en IDL (*Interface Definition Language*) para ser integrado en el prototipo SENDA existente.

### 4. Conclusiones

La arquitectura planteada en este artículo proporciona un modelo de implantación de infraestructuras en los denominados "edificios inteligentes".

Las redes *ad-hoc* se presentan en este ámbito de aplicación como una solución adecuada, flexible y que permite un ahorro de costes en infraestructuras. Hemos visto que muchas de las características de estas redes *ad-hoc* se benefician de las particularidades de los entornos inmóticos.

Adicionalmente se ha planteado un modelo de QoS que permite proporcionar recursos en función de las características de las aplicaciones, relevancia en el entorno, eventos temporales, etc.

De forma general, el modelo planteado en este artículo extiende, tal y como podemos ver en la figura 3, el framework definido en SENDA en varios de sus niveles.

Junto con la arquitectura definida en SENDA, la arquitectura descrita en este artículo aporta una plataforma que facilita la planificación, desarrollo, instalación y configuración de servicios y sus infraestructuras asociadas en grandes complejos urbanísticos.

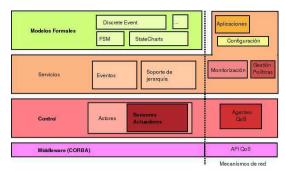


Figura 3 Framework SENDA extendido

# 5. Trabajos Futuros

Varias son las líneas de investigación que están abiertas en la actualidad. A nivel de red se está modificando el algoritmo de enrutado AODV[5] utilizado en las redes ad-hoc para asignar pesos a los nodos de forma que las rutas seleccionadas en las comunicaciones vaya en función de los pesos de los nodos por los que se atraviesa.

Este peso es un valor en función de unos parámetros como pueden ser movilidad, prestaciones, batería, parámetros de QoS, condiciones de red, etc. Se busca de esta forma, concentrar el tráfico en aquellos nodos más idóneos y con más capacidad (Nodos vertebrales).

Otro de los aspectos que se está estudiando es el desarrollo de nuevas aplicaciones en entornos inmóticos con la arquitectura descrita. En este ámbito, se ha iniciado un proyecto, denominado *Marco Polo* que pretende el diseño y la implementación de un sistema de guiado e información dentro de grandes edificios mediante dispositivos móviles.

El objetivo de este proyecto es que el usuario que acceda a un edificio con el sistema instalado, recibirá en el dispositivo móvil (Ordenador portátil, móvil , PDA ...) información que irá variando de forma dinámica conforme se desplace por dentro del mismo. Esta información de distinta índole (de localización, formularios, información multimedia etc. . . ), ayudará al usuario a facilitar el desarrollo de su labor dentro del edificio.

# 6. Referencias

- [1] F. Moya, F.J. Villanueva, J.C López "SENDA. Hacia una infraestructura Domótica Global" XI Jornadas TELECOM I+D, Madrid, Nov 21-22, 2001.
- [2] F. Moya, J.C López "SENDA: An Alternative to OSGi for Large Scale Domotics" IEEE Networks, World Scientific Publishing, pp 165-176, 2002.
- [3] D.Grossman "New Terminology and Clarifications for Diffserv", RFC 3260. Internet Society. April 2002.

- [4] J. Palenchar "Standards compete to distribute home digital video" International CES, January 2003.
- [5] C. Perkins, E. Belding-Royer, S. Das. "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing". RFC 3561. July 2003.
- [6] Patentes de EEUU. Número: 4 189 -713, 4 200 862, 4 628 440, 4 638 299, 5 005 187
- [7] A LONWORKS® Technology Tutorial. Available at: <a href="http://www.ieclon.com">http://www.ieclon.com</a>
- [8] The HAVI specification 1.0. Technical report. 2000. Available at: <a href="http://www.havi.org">http://www.havi.org</a>
- [9]M. Avvenuti, D. Pedroni, A. Vecchio. "Core Services in a Middleware for Mobile Ad-hoc Networks" IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems. 2003.
- [10] D. Meddour, B. Mathieu, Y. Carlinet, Y. Gourhant. "Requeriments and Enabling Architecture for Ad-Hoc Networks Application Scenarios" Workshop on Mobile Ad Hoc Networking and Computing. MADNET 2003.
- [11] "Mobile Ad-hoc Networks(MANET)". <u>Http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html</u>. Work in progress.