

Análisis Comparativo de la Implementación de una PBX de Código Abierto instalada en un Servidor Tradicional y en un Enrutador Inalámbrico en términos de Calidad de Servicio en Redes Inalámbricas Amalladas

Arias Alexandra. Ing.; Peña Roxanna. Ing.; Chávez Patricia. MSEE.; Basurto Juan. Ing.
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863
Guayaquil, Guayas Ecuador
{alesaria,roxcpena, paxichav, jbasurto}@espol.edu.ec

Resumen

El presente trabajo compara dos Implementaciones de Centrales Telefónicas VoIP de Código Abierto implementados sobre una Red Inalámbrica Amallada. El primero comprende la instalación de la PBX en un servidor tradicional y el segundo la instalación de una PBX en un enrutador inalámbrico. Nuestro objetivo es determinar cuál de estos dos sistemas es superior en cuanto a calidad de servicio se refiere. Para determinar la mejor solución, realizamos un estudio técnico de los paquetes capturados durante diferentes pruebas, considerando parámetros como el ancho de banda, retardo y jitter. Nuestros métodos de análisis pueden ser utilizados para futuros trabajos con una mayor complejidad y número de enrutadores inalámbrico, así como establecer el grado de afectación y el comportamiento de las dos PBX cuando haya congestión en la red.

Palabras Clave — Redes Inalámbricas Mesh, VoIP, Asterisk.

Abstract

This work compares two implementations of Open Source VoIP telephone exchange on a Wireless Mesh Network. The first involves the installation of the PBX in a traditional server and the second installation of a PBX in a wireless router. Our goal is, firstly, to determine which of these two systems is superior regarding quality of service refers. To determine the best solution, we conducted a technical study of the captured packets for different tests, considering parameters such as bandwidth, delay and jitter. Our methods of analysis can be used for further work with greater complexity and number of wireless routers and establish the degree of impairment and behavior of the both PBX when network get congestion.

Keywords — Wireless Mesh Networks, VoIP, Asterisk.

1. INTRODUCCIÓN

El rápido avance de la tecnología, especialmente enfocada a las Redes Inalámbricas Amalladas, ha incrementado el interés de la investigación, especialmente en el estudio de sistemas embebidos y nuevas soluciones para resolver problemas cotidianos. De igual manera, el uso de Centrales Telefónicas de Código Abierto, como Asterisk [1], ha incrementado significativamente en los últimos años gracias a la reducción de costos que implica su implementación y los adecuados niveles de Calidad de Servicio que ofrece. Del mismo modo, se ha encontrado un continuo desarrollo en los enrutadores inalámbricos que día a día brindan características avanzadas que amplían sus funcionalidades, especialmente con el uso de sistemas operativos alternativos de código abierto basados en Linux, como es el caso de OpenWRT [2].

Una red inalámbrica Mesh [3], es un tipo de red IEEE 802.11 en cuya arquitectura se utilizan enrutadores que forman una red de infraestructura en forma de malla (Mesh), utilizando el medio inalámbrico como medio de enlace. En una Red Mesh, una minoría de enrutadores Mesh, llamados Puertas de Enlace Mesh, mantienen una conexión con una red cableada externa, brindando conectividad al resto de la Red.

Ciertas características importantes de esta red, la cual usa comunicación multi-saltos, incluyen el uso de varias interfaces inalámbricas, la capacidad de reemplazar enlaces caídos con nuevas rutas de acceso (resistencia a fallos) y el alcance a zonas donde una Red 802.3 no podría comúnmente.

Asterisk [1] es un proyecto de software libre desarrollado inicialmente por la empresa Digium, y que actualmente cuenta con una comunidad que contribuye a su desarrollo. Una de las ventajas que tiene es convertir un Computador común en una Central Telefónica de VoIP.

En este trabajo presentamos la comparación del rendimiento de dos dispositivos al albergar una Central de VoIP en términos de parámetros de Calidad de Servicio. Nuestro objetivo principal es proveer resultados que nos permitan concluir hasta qué punto es posible utilizar un enrutador inalámbrico embebido de código abierto para instalar una Central Telefónica. El artículo está organizado de la siguiente manera: inicialmente exponemos los esquemas de los sistemas a estudiar, a continuación los pasos a seguir para la implementación de los mismos, inmediatamente explicamos en qué consiste la prueba realizada y finalmente concluimos mostrando los resultados y las observaciones correspondientes.

2. MOTIVACIÓN

La idea de reemplazar un servidor por un enrutador inalámbrico de menor capacidad es potencialmente atrayente por diversos motivos. Primeramente, algunos enrutadores inalámbricos que pueden tener instalados una Central VoIP como Asterisk resultan ser más versátiles en cuanto a su tamaño, costo, uso de energía eléctrica y portabilidad. Adicionalmente, la inclusión de una Central VoIP en una Red Mesh segmenta el uso de cualquier Red externa a la Red Mesh (ej. Una red 802.3), manteniendo el tráfico de la Red inalámbrica libre de tráfico que pueda afectar a su capacidad y calidad de servicio (ej. Compartir una red 802.3 para envío de datos y VoIP). A pesar de que los actuales enrutadores inalámbricos cuentan con capacidades avanzadas y podrían elevar su costo tradicional, no dejan de ser una opción mucho más económica frente a un servidor.

Previamente intuimos que la PBX instalada en el servidor tiende a ser más eficiente debido a su procesamiento y memoria superiores. Es por ello que este trabajo se basa en el análisis de parámetros de red como ancho de banda, retardo y jitter que nos permitirán conocer si los valores obtenidos admiten una conversación eficaz entre dispositivos móviles dentro de la Red Mesh y de esta manera proporcionar una mejor perspectiva de la diferencia entre estos dos sistemas.

3. TRABAJOS RELACIONADOS

Se han realizado varios estudios sobre el rendimiento de las redes inalámbricas Mesh para la transmisión de voz. Entre los cuales se ha analizado la capacidad de llamadas con diferentes técnicas, como el análisis de cadenas de Markov en redes IEEE 802.11s [4], a través de agregación de frames [5]. Otros trabajos donde se analiza la calidad de servicio para servicios VoIP dentro de una red inalámbrica mesh [6]-[12] donde se analizan medidas y el rendimiento de la red. Un gran aporte es el análisis del rendimiento de VoIP sobre Redes Mesh realizado en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC) de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. [13].

Existe un sinnúmero de protocolos disponibles para las redes inalámbricas mesh [14], debido a la falta de un estándar para definir su funcionamiento. Por otro lado el amplio rango de aplicaciones para esta tecnología impulsa a los investigadores a desarrollar nuevos protocolos. En varios estudios [15] [16], se analizan ventajas y desventajas, los algoritmos que utilizan, la carga que ocasionan en cuanto a actualización de tablas, y el proceso de señalización. También se ha estudiado el desempeño del protocolo de enrutamiento OLSR dentro de una red inalámbrica mesh [17] [18].

En cuanto a la instalación de Asterisk en sistemas embebidos, se ha presentado un trabajo [19] donde se realiza la instalación en un enrutador Linksys modelo WRT54GL el cual no dispone de un puerto USB, para la expansión de su almacenamiento, por esto se lo realizó mediante la adaptación de una tarjeta SD al circuito interno, lo cual implicó la alteración de la armadura externa del enrutador. Este estudio se concentró en la instalación de Asterisk y no analizó su rendimiento.

4. CONSIDERACIONES TOMADAS

Dentro de los 11 canales utilizables en la banda de 2,4–2,5 GHz, se eligió trabajar en el canal 1, por tener menos redes dentro de las cercanías del lugar de la prueba. Luego del reconocimiento del área de pruebas, sabemos que existe un ruido promedio de -90dBm en todos los canales. Además, como podemos observar en la Figura 1, en el canal número 6 tenemos 3 redes, de la misma manera en el canal número 11 observamos 4 redes, mientras que en el canal número 1 solo tenemos una red, por esta razón implementamos nuestra red en este canal.

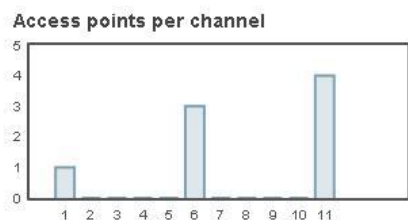


Figura 1. Número de redes por canal.

Para un óptimo transporte de los paquetes, reconocimiento de caminos óptimos y recuperación de la Red Mesh, es necesario el uso de un protocolo de enrutamiento.

En este estudio utilizaremos el protocolo de enrutamiento proactivo por optimización del estado de enlace OLSR [15] el cual está basado en el algoritmo de estado de enlace. Emplea intercambio periódico de mensajes para mantener información de la topología de la red en cada nodo. OLSR compacta el tamaño de la información enviada en los mensajes, y reduce el número de retransmisiones. Para ello utiliza la técnica de transmisión de múltiples saltos para una eficiente y económica inundación de sus mensajes de control. Así proporciona óptimas rutas en términos del número de saltos, que estarán disponibles inmediatamente cuando sea necesario.

5. MÉTODOS Y MATERIALES

5.1 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para la instalación de Asterisk en el enrutador inalámbrico, primeramente se reemplazó el Sistema Operativo por defecto del enrutador por una distribución Linux para dispositivos embebidos llamada OpenWrt [2] versión Backfire 10.03 revisión 3, además se realizó la expansión de la memoria del enrutador a través de la adaptación de una memoria USB en el puerto correspondiente. Luego de instalar las librerías necesarias para el montaje del sistema de archivos en la memoria USB, se instaló Asterisk 1.4.

También se configuró el protocolo de enrutamiento OLSR en todos los enrutadores inalámbricos. En cuanto al Servidor VoIP tradicional, se utilizó una distribución basada en Asterisk llamada Elastix [20] versión 1.5.2-2, por su versatilidad y facilidad de uso.

Entre las diferencias en las versiones de Asterisk instaladas tanto para el servidor como para el enrutador inalámbrico, podemos mencionar que la versión para el enrutador inalámbrico no soporta varios códecs, entre estos está el códec iLBC por lo cual todos los módulos correspondientes a este códec

no son cargados en esta versión, otra diferencia es la necesidad de configuraciones adicionales para la escritura de los mensajes de voz en la memoria RAM del enrutador inalámbrico. Así mismo al no tener una base de datos por omisión en el enrutador inalámbrico, no se podrá guardar el registro de llamadas CDR, lo cual si se consigue en la versión para servidor. No obstante, esto no afecta el desempeño de Asterisk, como lo hacen las especificaciones de hardware del router.

Se configuraron los clientes SIP y el plan de marcado correspondientes. Tanto en el enrutador inalámbrico como en el Servidor Tradicional se configuraron los archivos sip.conf y extensions.conf.

Para las pruebas se instaló un softphone en las computadoras portátiles, además se configuró un cliente SIP en un teléfono celular con capacidad Wi-Fi. Para el análisis de paquetes se utilizó un software que captura los paquetes llamado Wireshark [21].

5.2 PRUEBAS

Se realizó una prueba de movilidad para analizar la calidad de servicio de un cliente en movimiento. Consistió en realizar llamadas entre dos clientes entre dentro de la Red Mesh. Uno de ellos realizó un recorrido determinado con anterioridad a lo largo de la Red Mesh (*cliente móvil*) y el otro cliente permaneció en la cobertura de uno de los enrutadores (*cliente estacionario*). Se capturaron los paquetes recibidos por ambos clientes utilizando el analizador de paquetes Wireshark.

A continuación presentamos los esquemas de los sistemas a ser analizados. Como referencia para las siguientes explicaciones, nombraremos a las Figura 2 como Sistema A y a la Figura 3 como Sistema B. El Sistema A es una Red Mesh que cuenta con dos clientes conectados a una Central VoIP externo, mientras que el Sistema B es una Red Mesh con dos clientes conectados a una Central VoIP interno embebido en uno de sus routers.

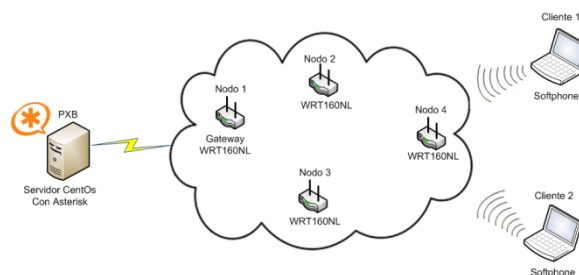


Figura 2. Sistema A: Arquitectura de Red Mesh con un Servidor VoIP externo.

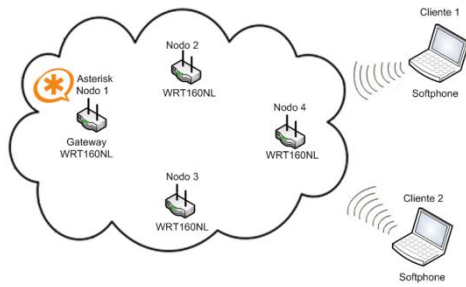


Figura 3. Sistema B: Arquitectura de Red Mesh con un Servidor VoIP interno.

Este tipo de prueba se realizó tanto en el Sistema A como en el Sistema B. Los parámetros de Calidad de Servicio estudiados fueron retardo, jitter y ancho de banda.

La Figura 4 muestra la ubicación de los enrutadores inalámbricos en las instalaciones de la FIEC.

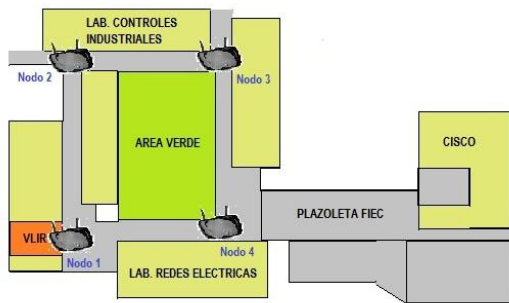


Figura 4. Esquema de la red inalámbrica Mesh en la FIEC.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las capturas realizadas en la prueba de movilidad ayudaron a comparar a los dos sistemas en cuanto a la calidad de servicios, es decir en términos de ancho de banda, retardo, jitter cuyos valores promedios obtenidos fueron analizados con los permitidos por la ITU para llamadas VoIP.

La ITU [22] especifica valores máximos y mínimos para ancho de banda, retardo y jitter en llamadas VoIP, en donde el mínimo valor de ancho de banda es de 80 Kbps, si el ancho de banda es menor la voz podría escucharse robotizada. El máximo retardo es de 150 ms, si el retardo es más de 200 ms la comunicación sería imposible. El máximo de jitter en una llamada VoIP es de 20 ms, si este incrementa a 100 ms sería imposible la comunicación.

En la prueba de movilidad realizada en el sistema A se hizo en un recorrido de 130 segundos y se capturó 5.181 paquetes RTP, mientras que para el sistema B se la hizo en un recorrido de 110 segundos y se capturó 5.752 paquetes RTP. Los resultados de las capturas obtenidas en la prueba de movilidad se muestran a continuación:

6.1 Ancho de banda

La Figura 5 muestra el ancho de banda del sistema A, cuyo promedio es de 80 Kbps; mientras que la Figura 6 muestra el ancho de banda del sistema B, cuyo promedio es de 77,58 Kbps

Según la ITU el valor mínimo permitido del ancho de banda para llamadas VoIP es de 80 Kbps, como podemos observar en las Figuras 5 y 6, el sistema A se encuentra en el mínimo permitido mientras que el otro sistema se encuentra bajo el mínimo permitido.

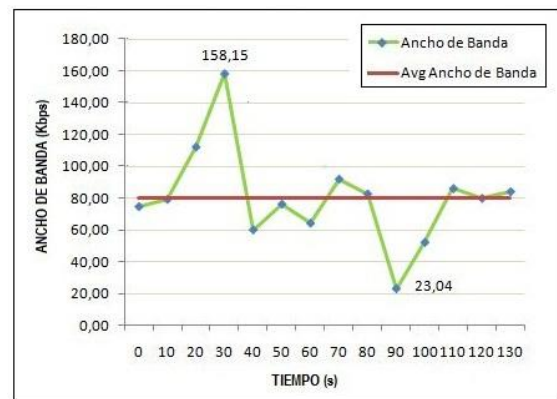


Figura 5. Ancho de banda del Sistema A.

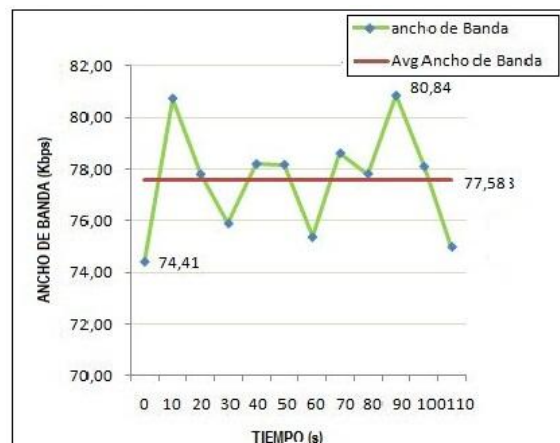


Figura 6. Ancho de banda del Sistema B.

6.2 Retardo

La Figura 7 muestra el retardo del sistema A, cuyo promedio es de 33 ms; mientras que la Figura 8 muestra el retardo del sistema B, cuyo promedio es de 20,90 ms.

Los dos sistemas se encuentran por debajo del valor máximo de retardo permitido por la ITU para llamadas VoIP, el cual es de 150 ms.

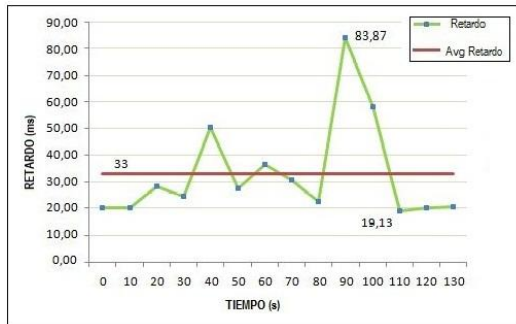


Figura 7. Retardo del Sistema A.

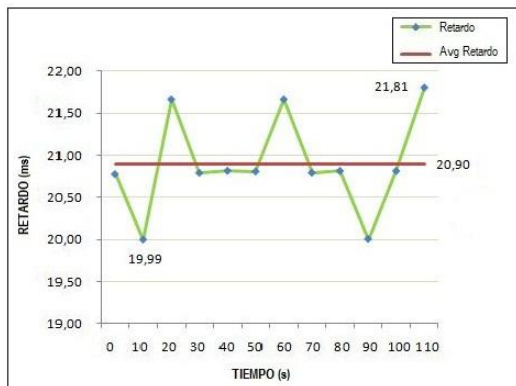


Figura 8. Retardo del Sistema B.

6.3 Jitter

La Figura 9 muestra el jitter del sistema A, cuyo promedio es de 35 ms, el cual es mayor al valor máximo recomendado por la ITU.

La Figura 10 muestra el jitter del sistema B, cuyo promedio es de 4,42 ms, el cual está por debajo del valor máximo permitido por la ITU.

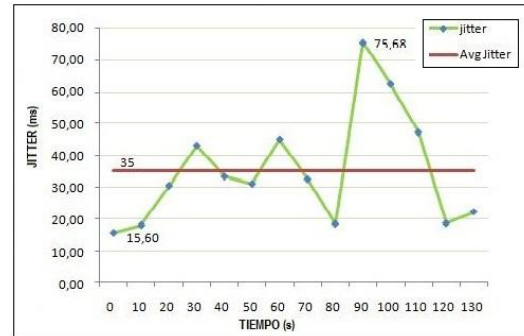


Figura 9. Jitter del Sistema A.

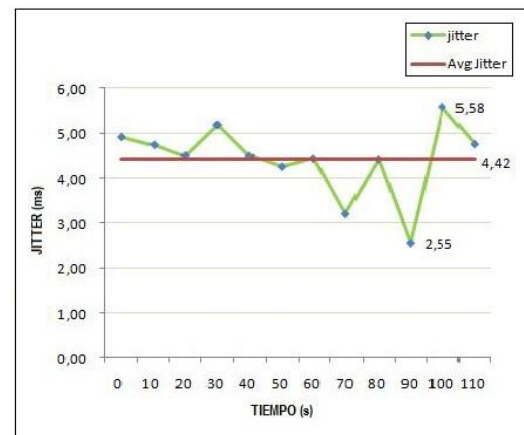


Figura 10. Jitter del Sistema B.

7. CONCLUSIONES

Luego de las pruebas, se demuestra que en términos de calidad de servicio, el sistema con servidor Asterisk tradicional presenta mejores resultados que el sistema con servidor Asterisk inalámbrico. No obstante, ambos resultados obtenidos son óptimos en términos de ancho de banda y retardo y, en general, de calidad de servicio y se encuentran dentro de los valores recomendados por la ITU para transmisión de voz en tiempo real.

El valor promedio de ancho de banda en el sistema A (sistema con servidor Asterisk inalámbrico) es mayor que en el sistema B (sistema con servidor Asterisk tradicional), lo que implica que el sistema A es capaz de enviar una mayor cantidad de información a la red, por lo tanto, si existe mayor ancho de banda la calidad de servicio será mayor. Así como también, el valor promedio de jitter en el sistema A (sistema con servidor Asterisk inalámbrico) es mayor que en el sistema B (sistema con servidor Asterisk tradicional), lo que implica una pérdida de datos debido a que el buffer de entrada del dispositivo receptor de paquetes VoIP no logró mantener la cantidad de paquetes para ser procesados, lo que causa un “vacío” de datos y provocan “cortes” de la señal de voz.

La diferencia que existe entre estos dos sistemas no es muy significativa a baja escala. Por este motivo, un sistema VoIP instalado en un enrutador inalámbrico resulta una solución muy conveniente para pequeñas y medianas empresas. Futuras pruebas se realizarán con una red Mesh con más cobertura a fin de determinar el rendimiento de los dos sistemas a mayor escala.

Se recomienda para una futura investigación el análisis comparativo de la cantidad de llamadas simultáneas que soporta tanto el servidor Asterisk inalámbrico como el servidor Asterisk tradicional, antes de que una de las llamadas se caiga, además se pretende realizar la saturación de una red externa como ventaja de utilizar una solución embebida en una Red Mesh.

8. AGRADECIMIENTO

Agradecemos el apoyo que el Laboratorio de Comunicaciones Móviles del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Sistemas y sus miembros han prestado para la realización de este proyecto.

9. REFERENCIAS

- [1] Asterisk: the open source telephony project. <http://asterisk.org>
- [2] OpenWrt: Open source router firmware. <http://openwrt.org>
- [3] IF. Akyildiz, X. Wang, W. Wang. "Wireless Mesh Networks: a survey". Communications Magazine, IEEE.
- [4] A.Rahman, J. Kamruzzaman. "VoIP Call Capacity over Wireless Mesh Networks". Global Telecommunications Conference, 2008. IEEE GLOBECOM 2008.
- [5] K. Hyogon, Y. Sangki. "Bosting VoIP Capacity of Wireless Mesh Networks through Lazy Frame Aggregation". IEICE TRANS. COMMUN., VOL.E90-B, NO.5 MAY 2007.
- [6] H. Wei, K. Kyungtae, A. Kashyap, S. Ganguly. "On Admission of VoIP Call Over Wireless Mesh Network.". IEEE International Conference on Communications, 2006. ICC '06.
- [7] D. Niculescu, S. Ganguly, K. Kyungtae, R. Izmailov. "Performance of VoIP in a 802.11 Wireless Network". INFOCOM 2006. 25th IEEE International Conference on Computer Communications.
- [8] P. Mogre, M. Hollick, R. Steinmetz. "QoS in Wireless Mesh Networks: Challenges, Pitfalls, and Roadmap to its Realization".
- [9] S. Ganguly, V.Navda, K. Kim, A. Kashyap, D. Niculescu, R. Izmailov, S. Hong, S. Das. "Performance Optimizations for Deploying VoIP Services in Mesh Networks". IEEE Journal on Selected Areas in Communications.
- [10] A. Kashyap, S. Ganguly, S. Das, S. Banerjee. "VoIP on Wireless Meshes: Models, Algorithms and Evaluation". INFOCOM 2007. 26th IEEE International Conference on Computer Communications. IEEE.
- [11] D.Muchaluat-Saade, L. Schara, C. Albuquerque, "Mesh Network Performance Measurements". 5th International Information and Telecommunication Technologies Symposium, 2006.
- [12] G. Agredo, J. Gaviria. "Evaluación experimental de la capacidad de IEEE 802.11b para soporte de VoIP". Revista de la Facultad de Ingeniería-Edición Monográfica i2 ComM 2006. Pagina 125.
- [13] J.C. Basurto, R. Estrada. "An Experimental Study of Performance in Wireless Mesh Networks Using Different Mobility Approaches". 2nd International Conference on Software Technology and Engineering (ICSTE), 2010.
- [14] K. Kowalik, M. Davis. "Why Are There So Many Routing Protocols for Wireless Mesh Networks?". Irish Signal and Systems Conference.
- [15] M.E.M Campista, P.M Esposito, I.M. Moraes, L.H.M. Costa, O.C.M. Duarte, D.G. Passos, C.V.N. de Albuquerque, D.C.M. Saade, M.G. Rubinstein. "Routing Metrics and Protocols for Wireless Mesh Networks". IEEE Network.
- [16] J. Jun, M. Sichitiu. "MRP: Wireless Mesh Network Routing Protocol". Computer Communications Volume 31, Issue 7, 9 May 2008, Pages 1413-1435.
- [17] P. Jacquet, P. Muhlethaler, T. Clausen, A. Laouiti, A. Qayyum, L. Viennot, "Optimized link state routing protocol for ad hoc networks". IEEE International Multi Topic Conference, 2001. IEEE INMIC 2001. Technology for the 21st Century.
- [18] P. Jacquet, A. Laouiti, P. Minet, L. Viennot, "Performance Analysis of OLSR Multipoint Relay Flooding in Two Ad Hoc Wireless Networks Models". The second IFIP-TC6 NETWORKING Conference (2002).
- [19] HAL Junior, JM de Souza, J. Anderson, "Asterisk Embarcado". Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial - ISSN - 1983-1838, Vol. 1, No 1 (2008)
- [20] Elastix: Open Source Unified Communications Server : <http://elastix.org/>
- [21] The Wireshark packet analyzer: <http://wireshark.org>
- [22] ITU: International Communications Union: <http://www.itu.int/ITU-T>