

Servicios en Comunicaciones de Emergencia

**Para citar este artículo /
To reference this article /
Para citar este artigo.**
Zarate, C, Henry, , & Ortiz,
Jorge, E. (2013). Servicios
en comunicaciones de
emergencia. *Ingenio Magno*.
Vol 4, pp. 39-45.

Henry Zárate Ceballos

Ingeniero electrónico. Magister en Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Colombia – Seda Bogotá. Los trabajos realizados están centrados en el diseño de redes Ad Hoc y redes Mesh como solución a las falencias de comunicaciones en emergencias.
e-mail

Jorge Eduardo Ortiz

Profesor asociado de la Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero de sistemas, magister en telecomunicaciones, Mg. en estadística, Mg. en filosofía y PhD en Ingeniería de Sistemas y Computación. Sus intereses son las redes Ad Hoc, el teletráfico, modelamiento y simulación de sistemas
e-mail

Recepción: 2013 - 02 - 01 | Aceptación: 2013 - 03 - 23

Resumen — Las telecomunicaciones han sufrido transformaciones a lo largo de los últimos años y han modificado a las sociedades y los modelos culturales del mundo. En la actualidad es necesario afrontar realidades adicionales como lo son el cambio climático y las situaciones de origen antrópico y no antrópico, apoyados en la tecnología. Es por ello que se deben modelar y simular sistemas de telecomunicaciones en emergencia garantizando la prestación de servicios de telecomunicaciones en situaciones de emergencia en sus diferentes etapas de prevención, atención y recuperación. El diseño de redes con modelos robustos es útil para el manejo de diferentes tipos de paquetes y el manejo de prioridades de tráfico de información.

Palabras Clave — Comunicaciones de Emergencia, Mesh Network, Servicios sobre IP.

Abstract — Telecommunications have faced changes over the last years and they have transformed societies and cultural patterns worldwide. Nowadays, it is necessary to cope with additional realities such as climate change and anthropogenic and non-anthropogenic situations with the help of technology. Therefore, emergency telecommunication systems must be modeled and simulated to ensure the provision of telecommunication services in emergency situations at different stages like prevention, attention and recovery. Network design with robust models is useful to handle different types of packages and the management of information traffic priorities.

Key Words — Emergency Communications, IP Services, Mesh Network.

1. INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones son vitales en el mundo y más hoy, cuando vivimos en un mundo digital y globalizado, debido al constante avance técnico y tecnológico, cada vez los retos son mayores y las expectativas aun más, por ello es vital mantener las comunicaciones en todo momento y lugar y más aun en momentos de crisis, como lo es una situación de emergencia ya sea de carácter antrópico y no antrópico, en el cual emerge una situación inesperada que transforma las condiciones de un entorno de diversas maneras, de igual forma se debe tener presente también los actos terroristas o derivados de actos violentos, que afecten las redes destinadas a los servicios de emergencia. Para la conformación de redes de emergencia, se debe caracterizar el escenario que se quiere tratar, un escenario de prevención, uno de respuesta o uno de recuperación, definir un procedimiento claro para la entrega de servicios y de información desde el Primer Respondiente (Primer Ente en atender la Emergencia- Bomberos, Defensa Civil, etc.), hasta las autoridades locales y/o municipales.

Siendo además importante los mecanismos de difusión de la información a la población, identificación y clasificación del tipo y características de información enviada sobre la red y cuál es el manejo seguro de la misma, es una de las tareas vitales en el diseño de las redes de emergencia y en el modelamiento del tráfico y los canales de comunicación, convirtiéndose en un elemento de poder para la toma de decisiones.

Por ello una de las características fundamentales de una red de Emergencias en la inter-operabilidad con otros sistemas pre existentes, al igual que su escalabilidad dependiendo del manejo de información y la evolución del incidente. Vital para salvaguardar la vida humana y mitigar o reducir las pérdidas humanas, físicas y naturales provocadas por una situación de emergencia.

2. COMUNICACIONES DE EMERGENCIA

Continuamente surgen desafíos en las comunicaciones de emergencia como los son la estandarización de normas y usos del espectro, la inter-operabilidad de los servicios, integración de redes privadas y públicas, con las redes y servicios prestados por los organismos de emergencia, transmisión instantánea de información vital para el manejo de la emergencia o incidente, como lo son información geográfica, video en línea, comunicación entre diversas fuerzas de atención, cobertura de la zona de impacto o atención, acceso a bases de datos, acceso a internet, a Redes Privadas Virtuales (VPN) y conexiones con tiempo de mínimo de retardo entre los miembros y las autoridades públicas.

Se debe tener en cuenta que los tiempos de respuesta y de toma de decisiones, están influenciados de manera directa por la información que es transmitida desde el lugar del incidente a los entes encargados de la toma de decisiones, de esta forma entre mas información sea enviada y en el menor tiempo posible se garantiza una mitigación y control del incidente y acciones oportunas por parte de los primeros respondientes y las fuerzas

o entidades encargadas de la prevención, atención y recuperación. Por consiguiente el diseño (Boukalov, 2004) de una red de telecomunicaciones debe seguir unos estándares específicos. (Deqiang & Yingying, 2010).

En la parte normativa la **ITU-T** ha publicado la **Recomendación E10-6** Descripción de un plan internacional de preferencias en situaciones de emergencia, destinada a dar manejo de la Telefonía Pública Básica Conmutada – TPBC, en situaciones de emergencia y dar prioridad a entes gubernamentales sobre el abonado fijo, Redes Integradas de Servicios Digitales (ISDN siglas en inglés) y la Red Pública Terrestre (PLMN siglas en inglés), de otra parte se cuenta con el **Proyecto de Recomendación F 706** - Descripción de un servicio multimedia internacional en situaciones de emergencia (IEMS), destinada a proveer servicios multimedia sobre nuevas redes de emergencia sobre protocolo IP y redes 3G. (Dilmaghani & Rao, 2006)

De otro lado otros entes gubernamentales se han vinculado en la discusión de políticas para el manejo de redes y recursos en emergencias como lo son el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI siglas en inglés), esta institución desde el año 2006 ha manifestado que las Telecomunicaciones de Emergencias son una estrategia vital en el plan de acción de esta institución. El grupo de trabajo de Ingeniería de Internet (IETF siglas en inglés), viene desarrollando documentos técnicos sobre las comunicaciones en emergencia en cuanto a autenticación, seguridad, disponibilidad y soporte sobre servicios IP, etc., Siendo esto inútil si no está integrado dentro de las políticas públicas de los entes de control y encargados de regular y controlar el espectro radio eléctrico y el uso de los sistemas y redes de telecomunicaciones.

Teniendo en cuenta estos parámetros se debe identificar el escenario de la red como se ve en (FOLTS, 2002), de la siguiente manera:

- **Prevención:** Las redes deben estar disponibles para monitorear y generar sistemas de alerta temprana, comunicación multipunto – multipunto con diversas entidades y operar 24 horas los 365 días. Estas redes deben estar dispuestas al seguimiento de procesos conocidos o a disposición para atención.
- **Respuesta y Rescate:** Dependiendo de la magnitud de la emergencia muchos entes clasifican las emergencias, ya sea por niveles, colores etc, influenciada por cobertura, afectación a la población y demás elementos convenientes de clasificación, es importante definir la escala identificando los siguientes Niveles A (Magnitud Particular), B (Mayor Magnitud), C (Gran Magnitud), D (Magnitud General). Quien indica la magnitud de las emergencias es el comandante de incidente o de la emergencia e indica la necesidad de telecomunicaciones y así mismo son entregadas las prioridades de comunicación al mismo. Al evolucionar la emergencia evolucionan los requerimientos y las necesidades de la Red. Por ello es vital la robustez e inter-operabilidad de las redes en esta etapa, crucial para salvaguardar vidas.

- **Recuperación:** Se establece la normalidad del servicio interrumpido o paralizado en la emergencia y se mantienen los sistemas en la etapa de prevención. En esta etapa se evalúan los riesgos presentados por las redes, estaciones bases y demás elementos que componen la Red.

Adicionalmente las redes de hoy, son totalmente heterogéneas con componentes fijos y móviles, siendo más un reto de desarrollo y operación de las redes de emergencia, sin dejar de lado características tan importantes como los son el acceso, seguridad, autenticación de usuarios, tráfico, prioridad de acceso a internet, administración de la infraestructura (alámbrica/inalámbrica/mixta), ancho de banda, coexistencia con otras redes, auto configuración, información geográfica y ubicación de los nodos fijos y móviles que componen la Red, robustez y redundancia.

Actualmente las redes de emergencia utilizan sistemas digitales como Radio terrestre troncalizado (*TETRA* en inglés), el cual tiene unos niveles limitados de comunicación, como los son bajas tasa de bits 36,6 kb/s, no existe comunicación grupal, no hay transmisión de video y más crítico su escasa inter-operabilidad con otros sistemas. Este sistema utiliza sistemas de división de tiempo (TDMA siglas en inglés), limitaciones de espectro (BW: 25 KHz) y de cobertura, según las condiciones de propagación del terreno. Sin embargo, el más difundido en el mundo para seguridad pública. (Wódczak, Deployment Aspects of Autonomic Cooperative Communications in emergency Networks, 2012).

Otro sistema similar es *APCO* –Proyecto 25 el cual maneja Trunking digital con anchos de banda de 12.5KHz y 6.250 KHz usando TDMA y FDMA, este sistema es de diseño estadounidense y tiene su similar europeo conocido como *TETRAPOL*. Estos sistemas vigentes no responden en su totalidad a las necesidades de los eventos ocurridos como lo fue en el 2005 el Huracán Katrina quien ataco Nueva Orleans y donde se evidencio el problema de interoperabilidad de los sistemas troncalizados como se evidencia en (Stephan, 2007), todo el despliegue realizado y los problemas encontrados por tener redes de voz y datos limitados sin ninguna inter-operabilidad.

De estos sistemas nacen conceptos como Redes Ad-hoc Móviles (MANET siglas en inglés), capaces de auto conformarse, auto configurarse, poseer protocolos de enrutamiento para dar prioridad a rutas e inter-operabilidad entre redes y sistemas (Zárate & Ortiz, MESH NETWORKS, COMMUNICATIONS EMERGENCY RESPONSE, 2012). También se mencionan las bondades de la radio cognitiva, para el manejo colaborativo de recursos y la interoperabilidad de redes.

La evolución de los sistemas de telecomunicaciones de emergencia no deben ser limitadas por los mercados, deben ser dinámicas y convergentes, tal como se evidencia en la recomendación Y 2001 de la UIT, también motivadas por ser capaces de salvar vidas, por ello las redes deben ser integradas por sistemas que estén relacionados en diferentes capas, estandarización de traspaso de

información y los tipos de datos e interconexión entre Redes GSM, 3GPP, TETRA, Sistemas de banda Ancha y WLAN, desplegadas para la prevención y atención de emergencias o para otros fines específicos.

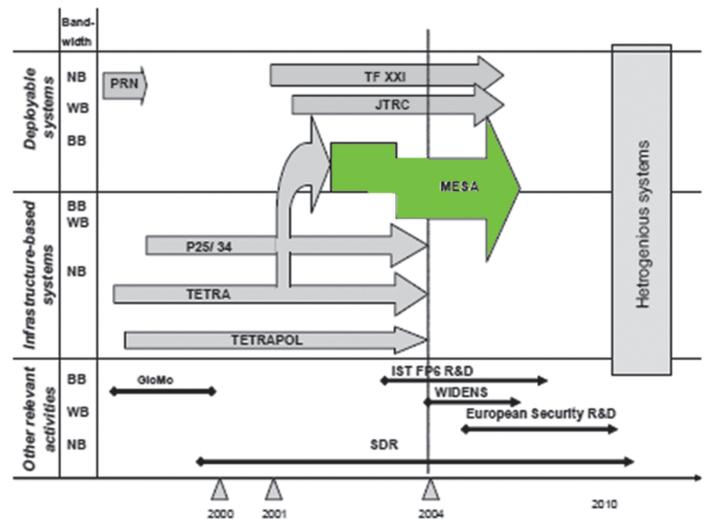


Figura 1. Evolución de los Sistemas de Comunicación para seguridad pública. (Boukalov, 2004)

3. SERVICIOS EN ESTADO DE EMERGENCIA

Como se ha visto en el numeral dos del presente artículo existente diversos tipos de redes de emergencia, las cuales deben ser caracterizadas por su rápido despliegue y ser capaces de auto conformarse administrarse y proveer servicios de todo tipo sobre IP, en la tabla uno se observa una distribución de servicios que deben ser valorados para el diseño de una Red de Telecomunicaciones de emergencia y las necesidades de espectro (Zárate, Guía para elaborar Planes de Telecomunicaciones, 2013).

Tabla1. Servicios necesarios en Redes de Emergencia

Banda Estrecha	
Voz	Persona a persona
	Uno a varios
	Comunicación directa sin repetidor
	Pulsa para hablar (ptt)
Mensajes	Persona a persona
	Uno a varios (radio difusión)
Seguridad	Acceso prioritario instantáneo
Telemetría	Estado localización
	Datos de sensores
Interacción con bases de datos	Consulta de registros
Banda Ancha	
Mensajes	Correo electrónico
Comunicación directa	Comunicación directa entre unidades sin infraestructura adicional

Bases de datos	Longitud de registro media - formularios y registros
Transferencia de ficheros de textos	Transferencia de datos
Transferencia de imágenes	Descarga/ envío de imágenes
Telemetría	Estado de localización de sensores
Seguridad	Acceso prioritario
Video	Supervisión de pacientes
Interactiva	Determinación de posición
Banda Ancha	
Acceso a bases de datos	Acceso a intranet/ internet
	Navegación por la web
Control de robots	Control remoto de dispositivos robots
Video	Secuencia de video en directo
Obtención de imágenes	Imágenes de alta resolución

Fuente: Autor

Estos servicios mínimos vitales de comunicaciones de emergencia están indicados en (Zárate, Guía para elaborar Planes de Telecomunicaciones, 2013) donde se describe toda una caracterización y clasificación de sistemas teniendo en cuenta las condiciones geográficas, cobertura y tamaño de la población a beneficiar. La identificación de servicios de telecomunicaciones, redundarán en la etapa de planeación de las redes de emergencia y en el modelamiento de la misma, fijando parámetros y reglas dentro de la red, modelos de tráfico y una predicción del comportamiento de la misma en situaciones de crisis, con escenarios de pérdidas parciales o totales de las comunicaciones.

4. MODELAMIENTO DE LA RED

Para la simulación de redes inalámbricas se deben cumplir características especiales rápido despliegue, redundancia, escalabilidad, inter-operabilidad, entre otros, las cuales son cumplidas en su totalidad por las redes Ad Hoc y las redes Mesh.

Las Redes Adhoc – Mesh (JIN, JO, KIM, JIANG, & GOWENS, 2009) y (Gabrilovska & Atanasovski, 2007) son las redes más prometedoras, como respuesta efectiva a los diferentes desafíos que plantean las comunicaciones en emergencia, donde los nodos o miembros de la red, varían entre comunicaciones Bluetooth, sistemas Ultra banda Ancha (UWB), redes de sensores, dispositivos móviles celulares y otros equipos con capacidad de conectar de forma inalámbrica.. Las redes pueden ser, solo Ad hoc (Gyoda, Nguten, Okada, & Takizawa, 2008), Mesh o híbridas de esta forma se ofrecen diversas opciones según el tipo de incidente, como lo es el Esquema de mejoramiento de la combinación centralizada y las redes Ad hoc (ECCA en inglés), donde se manejan

protocolos de enrutamiento, para el descubrimiento de rutas entre los diferentes nodos, de esta forma si ocurre un desastre la red genera rutas posibles entre los nodos y las estaciones bases proveedoras de servicios o de enlace, generando la recuperación de las rutas y de los servicios prestados por la misma. Otro sistema similar es el Mobidis el cual actúa como arquitectura de enrutamiento en la retransmisión entre redes celulares, balanceando el tráfico, generado entre redes heterogéneas como lo son las redes de emergencia. Otra solución correcta son las redes de sensores, quienes entregan una colección de datos sobre el comportamiento de un sistema y pueden ser usadas también como sistema de prevención y alerta temprana, de esta forma se obtiene mediante enrutamiento Unicast, datos valiosos para la toma de decisiones. Un ejemplo más concreto es la Red WIDENS proyecto europeo destinado a la seguridad y protección pública, es una red Ad hoc de banda ancha, con una plataforma que permite la integración con diferentes tecnologías.

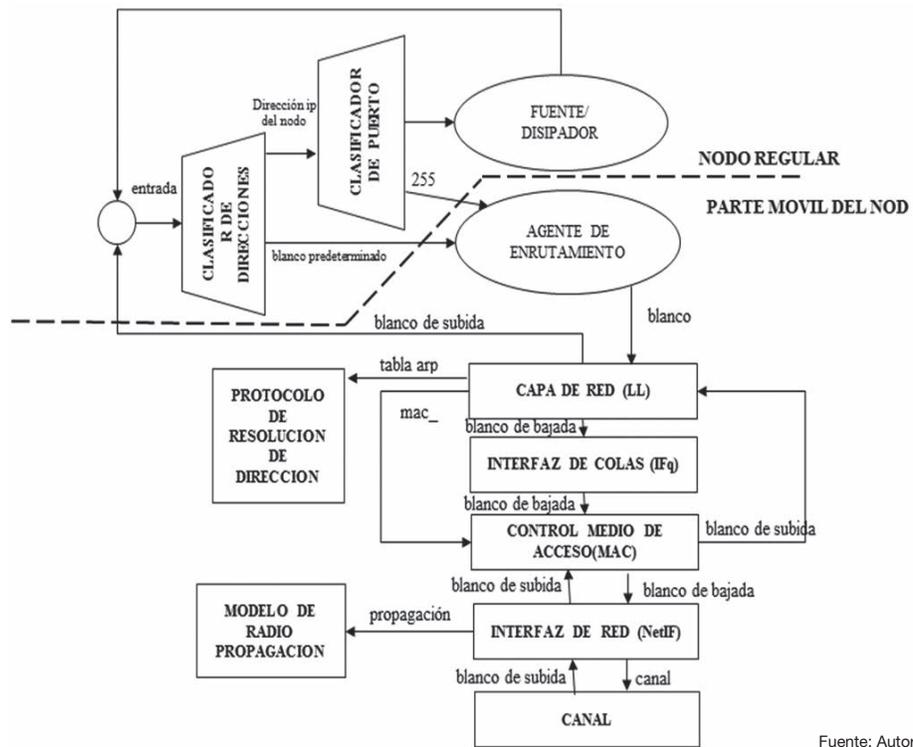
5. RESULTADOS

De acuerdo al modelo para una red de emergencia, se simulara una red tipo Mesh y se validará la operación de diferentes servicios sobre IP, utilizando el protocolo IEEE 802.16 (Cicconetti, Akyildiz, & Lenzini, 2009), (Cicconeti, Akyildiz, & Lenzini, 2007) para ello se utilizaran diferentes tipos de paquetes para modelar su comportamiento a lo largo del tiempo y en caso extremo de crisis. Esta Red será desplegada en el momento de la emergencia es una Red únicamente para la fase de respuesta de la emergencia y proveerá de comunicaciones y servicios a los miembros de la brigada y el vehículo comando como puerta de enlace.

Tabla II. Tipos de paquetes enviados

Ítem	Tipo de paquete	Descripción
1	Datos	512-1024 bytes
2	Voz sobre IP	Audio mp3 2 minutos de duración
3	Video por Demanda	Video en MPEG 45 minutos
4	Aplicaciones Web	Acceso a servidor remote

En la simulación se manejarán dos topologías para validar la operación con diferentes servicios, la primera es la topología estrella, la cual cuenta con canales de control, pero no con rutas adicionales como lo es la de multi-anillo, como segunda opción la cual nos da una mayor redundancia en las rutas y en despliegue de la información y canales de control de la red, la cual ofrece diversas prestaciones, para ello es vital identificar la concepción y estructura del nodo móvil y su comportamiento en el simulador de redes 2 (NS2).

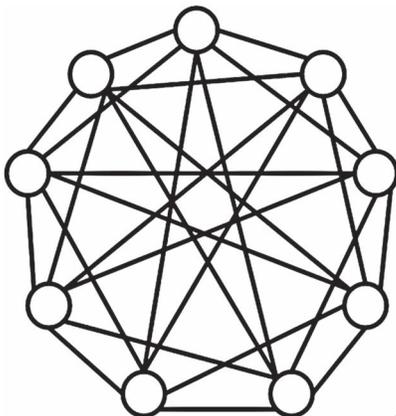


Fuente: Autor

Figura 2. Diagrama del nodo móvil.

Para el desarrollo de la solución definitiva se modificó el módulo de IEEE 802.16 para tener enlaces lógicos fijos de topologías específicas, agregando al entorno de simulación enlaces o nodos móviles simulando las acciones de las brigadas de búsqueda, rescate y control de incidentes, o mejor conocidos como los primeros respondientes, de esta forma se obtiene comunicación entre los terminales punto a punto fijos (cableados e inalámbricos) y unos terminales móviles emulando las posibles brigadas que puedan existir o usar este medio de transmisión en estado de emergencia.

Los parámetros de las conexiones están determinados por dos valores, i) V : número de bordes (es decir, los nodos en el gráfico conectividad) y ii) E : número de vértices (es decir, enlaces en el gráfico de conectividad).



Fuente: Autor

Figura 3. Topología Multi anillo.

$$E = \frac{V*(V-1)}{2} \text{ si } B = N \quad (1)$$

$$E = \frac{V*B}{2} \text{ si } B < N \quad (2)$$

De esta forma se definen los nodos vecinos, la topología, el número de enlaces, usando las ecuaciones 1 y 2, iniciando el envío de información por varios canales entre los nodos vecinos para el control de la información de la red y el manejo de los paquetes de control, programación de eventos y el control de los mismos, para mantener la conectividad de la red, a continuación los resultados de las simulaciones, con el protocolo FEBA, el cual genera mensajes redundantes de dos y de tres vías para la confirmación y reconfirmación de la ruta y del envío satisfactorio del mensaje, lo cual genera un tráfico adicional en la red y unos retardos aceptables como se ve en la figura 4 donde se realizaron envíos con tráfico de voz sobre IP.

A mayor número de canales mejora notablemente el rendimiento de la red y la comunicación entre todos los miembros de la red y el envío de los paquetes en este caso voz sobre IP, manteniendo las topologías establecidos la topología multi-anillo por tener más redundancia hace más eficiente el mantenimiento de la red.

La transmisión depende de las características físicas del canal y del ancho de banda mínimo requerido para su óptimo desempeño por ello se usa en la simulación el modelo de desvanecimiento para atenuar la señal en ambientes interiores y exteriores usando 3.

$$L = L_o + 10n \log \left(\frac{d}{do} \right) \quad (3)$$

De esta manera se obtiene una visión global de las características de la red y de los envíos de paquetes sin olvidar la probabilidad de no transmisión la cual está dada por la siguiente expresión:

$$Falla = POF \times S \quad (4)$$

El matemático alemán David van Dantzig define el riesgo de un evento como el producto de la probabilidad del riesgo por el evento de pérdida. Donde tenemos a POF como un arreglo de subtareas para el cálculo de la violación máxima permitida del tiempo de intervalo de estados necesario para el envío de paquetes y S como el tiempo entre los cambios de estado entre una falla o un envío exitoso.

Teniendo en cuenta esta función de probabilidad se puede modelar no solo el envío sino también el tiempo entre posibles fallas y el costo computacional de la misma, Factores que en algunos caos no son tenidos en cuenta al momento de simular una red de emergencias.

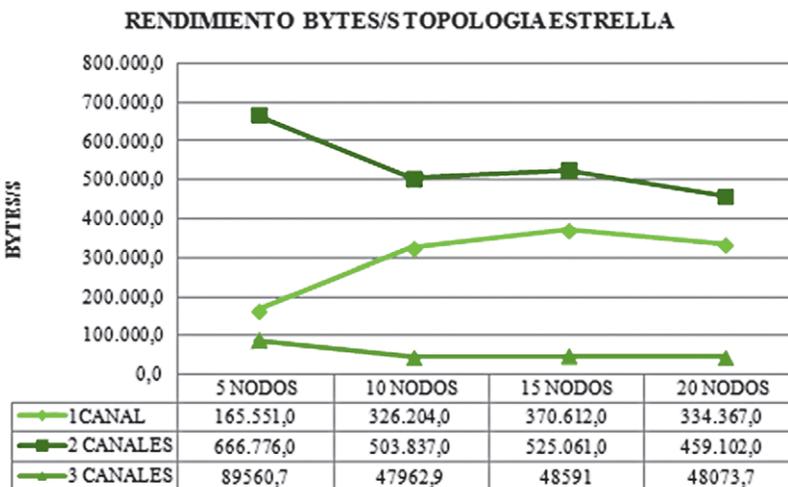
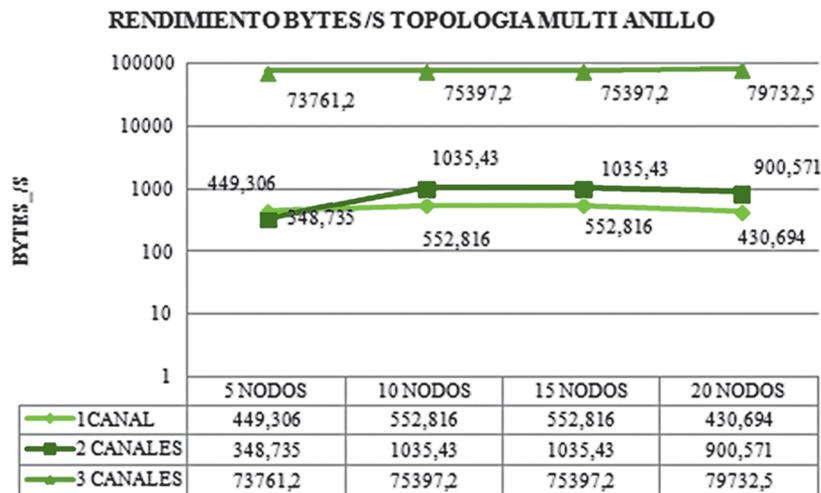


Figura 4. Envío de voz sobre IP.

Debido a esto tenemos entonces un rendimiento notable en la topología multi-anillo con el uso de tres canales y una redundancia notoria sin importar el aumento de los nodos en el sistema o red temporal de emergencias, del mismo modo se evidencia que al aumentar el número de saltos

entre os diferentes nodos cada vez será mayor el retraso en la información, generando retrasos que en momentos de crisis pueden ser considerables y redundar en la mala toma de decisiones y la deficiente operación en ambientes urbanos y rurales(YURALI, AHSANT, & RAHMAN, 2009).



Figura 5. Retardos en el envío de video por demanda.

6. CONCLUSIONES

Las redes inalámbricas son la respuesta a soluciones específicas por su confirmación y más aun las redes Ad Hoc, con los protocolos de enrutamiento sobresalientes y eficientes para ser usadas en escenarios de emergencias o donde se requiera una conformación sin estructura, por parte de las redes Mesh (Wódczak, Cooperative Emergency Communications, 2012), (Zhu, Zang, & Mukherjee, 2002), (XING, DESHPANDE, MEHROTRA, & VENTKATASUBRAIMANIAN, 2010) la redundancia las hace unas redes seguras, robustas, capaces de manejar altos niveles de tráfico, combinando las ventajas de las redes

Ad Hoc y la ventaja de poder ser redes heterogéneas con nodos fijos y móviles para expandir mucho mas sus ventajas.

Por ello es vital tener en cuenta estos parámetros para poder diseñar una red con cierta autonomía y un modelo de servicio ininterrumpido, preventivo con una administración planeada y pensada, en la convergencia y la prestación de niveles de servicio sobre la Red, la cual sería un elemento importante en la toma de decisiones para salvaguardar la vida y evitar que la emergencia se convierta en un desastre y se salga de los controles establecidos por las entes de control públicos y privados.

REFERENCIAS

- Boukalov, A. (2004). Cross Standars System for Future Public Safety and Emergency Communications. IEEE.
- Cicconetti, C., Akyildiz, I. F., & Lenzini, L. (2007). Bandwidth Balancing in Multi - Channel IEEE 802.16 Wireless Mesh Networks. IEEE Infocom, 2108-2116.
- Cicconetti, C., Akyildiz, I. F., & Lenzini, L. (2009). WiMesh: A simple and Efficient Tool for Simulating IEEE 802.16 Wireless Mesh Networks in Ns2. SIMU Tools.
- Deqiang, F., & Yingying, F. (2010). Emergency Communications Specifications under Large- scale Disaster. IEEE.
- Dilmaghani, R. B., & Rao, R. R. (2006). On Designing Communication Networks for Emergency situations. IEEE.
- FOLTS, H. (2002). Standars initiatives for Emergency Telecommunications Service (ETS). IEEE Communications Magazine.
- Gabrilovska, L. M., & Atanasovski, v. M. (2007). Enabling Communications in Emergency Scenarios. IEEE.
- Gyoda, K., Nguten, N. H., Okada, K., & Takizawa, O. (2008). Analysis of Ad- Hoc Network Performance performance in emergency communication Models. IEEE 12 International Conference on Advanced Information Networking Applications, 1083-1088.
- Jin, Y., Jo, J.-Y., Kim, Y., Jiang, Y., & Gowens, J. (2009). A hybrid temporal spatial multichannel assignment scheme in heterogeneous wireless mesh networks. IEEE.
- Stephan, K. D. (2007). We've got to Talk Emergency Communications and Engineering Ethics. IEEE.
- Wódczak, M. (2012). Cooperative Emergency Communications. IEEE.
- Wódczak, M. (2012). Deployment Aspects of Autonomic Cooperative Communications in emergency Networks. IEEE.
- Xing, B., Deshpande, M., Mehrotra, S., & Ventkatasubraimanian, N. (2010). Gateway designation for timely communications in instant mesh networks. IEEE.
- Yurali, A., Ahsant, B., & Rahman, S. (2009). Wireless mesh networking: a key solution for emergency and rural applications. Second conference on advances in mesh networks. Kentucky.
- Zárate, H. (2013). Guía para elaborar Planes de Telecomunicaciones. Bogotá, Colombia: FOPAE.
- Zárate, H., & Ortiz, J. (2012). Mesh networks, communications emergency response. Ijet, 2.
- Zhu, K., Zang, H., & Mukherjee, B. (2002). Design of WDM Mesh Network with Spane grooming Capability. IEEE.