

Gestión y acceso al medio en una Red de Vigilancia Sísmica Continua.

Di Bartolo Agustín[†] y Narváez Pablo.[†]

[†] Universidad Católica de Salta, Salta, Argentina.
efeparo@yahoo.com.ar

Resumen— En el presente trabajo se pretende mostrar nuevos avances sobre un proyecto de desarrollo en curso, que tiene como objetivo dotar a la ciudad de Salta capital de una Red de Vigilancia Sísmica Continua (RVSC). En este caso nos enfocaremos en estudiar las topologías físicas y lógicas más convenientes a implementar, así como también el método de acceso al medio que mejor se adapte a nuestro proyecto. Además explicaremos los posibles modos de funcionamiento de las estaciones, de esta manera será posible entender cómo se comporta la red cuando esta se encuentre activa. A partir de esto definiremos los diferentes esquemas para gestionar nuestra red, de tal modo de administrar los recursos disponibles de la mejor manera posible.

Palabras Clave— Red, inalámbricas, gestión, topologías, acceso, detección, sismos.

1. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Salta Capital se está implementando una RVSC, la cual se conforma de tres estaciones sísmicas y una estación central, comunicadas inalámbricamente mediante un enlace RF a 915 Mhz.



Figura 1: Distribución de la red RVSC

Las estaciones sísmicas están distribuidas al Norte, Sur y Oeste de la ciudad, encargadas de monitorear constantemente los movimientos sísmicos ocurridos en la región, con la particularidad de estar programadas para dar un mensaje de “alerta de

sismo” en caso que se detectasen macro sismos con intensidades mayores al valor umbral definido.

La estación central, es la encargada de recibir y realizar las peticiones a las estaciones sísmicas, en este caso, la estación central puede solicitar la información en tiempo real de cualquiera de las estaciones sísmicas, así mismo está a la espera de cualquier mensaje de “alerta de sismo” que las estaciones sísmicas puedan enviar.

La única estación que puede intercambiar mensajes con las estaciones sísmicas es la estación central, por lo que es necesario realizar un esquema de distribución de las estaciones, aprovechando las topologías existentes, intentando tener la mayor redundancia posible en la red. Teniendo en cuenta esto, es necesario implementar un método de acceso al medio, que permita organizar el intercambio de mensajes entre las mismas, dando como resultado una disminución de pérdidas de información por colisiones, así como también, evitar que el receptor se sature, provocando un bloqueo temporal en el sistema.

2. DESARROLLO

2.1. Topología física de la red

Las topologías nos permiten saber cómo están distribuidos e interconectados los nodos de nuestra red. Al trabajar con comunicaciones inalámbricas, hay topologías que se adaptan mejor que otras, por lo que explicaremos las topologías actuales en nuestra red RCVS.

2.1.1. Topología Estrella.

La topología de estrella es la infraestructura más común en redes inalámbricas. Cada nodo se conecta punto a punto a un nodo central. En nuestro caso, los nodos hacen referencia las estaciones sísmicas, mientras que el nodo central será la estación central, como se observa en la Fig. 1.

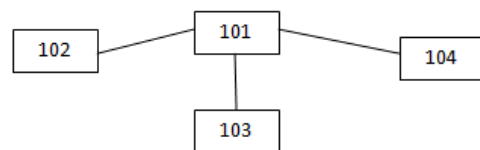


Figura 1: Topología Estrella

En este tipo de topología, el nodo central (101) es el que lleva el orden de la red. Recibe toda la información que envían los nodos (102,103 y 104) y es el único que puede comunicarse con ellos. De esta forma es posible tener una topología centralizada, permitiendo añadir nuevos nodos de manera sencilla, con la única desventaja, que si se tiene algún problema con la estación central, el sistema queda totalmente incomunicado.

2.1.2. Topología Estrella Extendida.

Esta topología es una igual a la anterior, con la diferencia que, en estrella extendida un nodo puede convertirse en el nodo central secundario, de esta manera es posible extender la red (Fig. 2). Esta topología se implementa para añadir un nodo repetidor (105), para realizar retrasmisiones, y extender fácilmente la red hacia nuevos nodos (106 y 107).

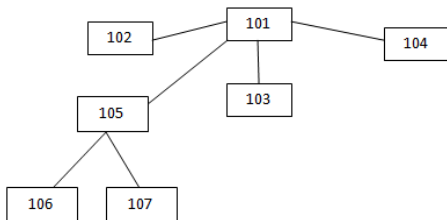


Figura 2: Topología Estrella Extendida.

De esta manera si el nodo central (101) quiere comunicarse con los nuevos nodos (107 y 108), deberá comunicarse primero con el nodo repetidor (105), para que éste les retrasmita el mensaje. La retrasmisión puede ser punto a punto (101 – 105 – 107) o broadcast (101 – 105 – 107 y 108). Las ventajas y desventajas siguen siendo las mismas que la topología estrella.

2.2. Topología lógica de la red

La topología lógica de una red no es necesariamente la misma que la topología física y determina la forma en que los datos pasan a través de la red desde un nodo al otro.

2.2.1. Punto a punto.

Es la forma de comunicación más simple, en la cual el canal de comunicación se utiliza solo entre dos nodos. En este caso, el nodo central cumple la función de maestro y los nodos de esclavos (Fig. 3).

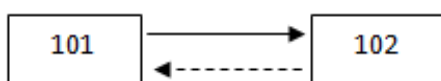


Figura 3: Punto a Punto.

La comunicación entre el nodo central (101) y un nodo (102) es half-duplex, por lo que si bien la comunicación es bidireccional, no es simultánea, por lo que no se puede enviar y recibir al mismo tiempo. De esta manera un nodo tendrá un enlace directo con el nodo central, permitiendo intercambiar mensajes, según el criterio del maestro.

2.2.2. Punto multipunto.

En un enlace punto a multipunto, el nodo central se comunica con varios nodos (broadcast), esto implica que la comunicación es solamente entre el nodo central y las estaciones sísmicas, y de éstas hacia el central (no existe comunicación entre los nodos). Este tipo de comunicación se utiliza al tener más de un nodo o estación sísmica (Fig. 4).

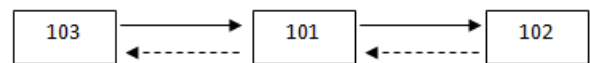


Figura 4: Punto Multipunto.

De esta forma el nodo central (101) tiene canales half-duplex con todos los nodos de la red. El problema ocurre cuando la red comienza a crecer, por lo que se añaden más nodos, y la estación central sigue siendo la misma. Lo que ocurrirá es que cuando todos los nodos quieran comunicarse a la vez, el receptor colapsara y no sabrá a cual nodo atender. Este problema se soluciona implementando un método de acceso al medio que regule el tráfico, permitiéndole a la estación central organizar y distribuir los recursos de la mejor manera posible, evitando pérdidas de paquetes por colisiones o saturación del receptor.

2.2.3. Híbrida.

También es posible realizar una combinación de las topologías anteriores (Fig. 5). Este caso se da en la retrasmisión, ya que el nodo central (101) tiene un enlace punto a punto con un nodo repetidor (105), y a su vez, este puede tener un enlace punto a punto, en caso de una sola estación sísmica (106), o punto multipunto, en caso de tener más nodos (106 y 107).

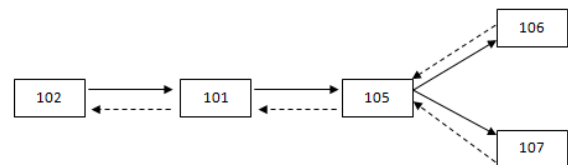


Figura 5: Híbrida Punto a punto – Punto Multipunto.

De esta manera cubrimos todas las posibles topologías lógicas utilizadas en nuestra red sísmica.

2.3. Método de acceso al medio.

Uno tema a resolver en este sistema de comunicaciones, es cómo repartir entre las diferentes estaciones sísmicas, el uso de un único canal de comunicación o medio de transmisión, para que

puedan gestionarse varias comunicaciones al mismo tiempo.

Esto se logra implementando el método de accesos al medio más conveniente, el cual es el encargado de marcar las pautas de comunicaciones, entre la estación central y las diferentes estaciones sísmicas, para evitar un uso ineficiente del canal. Sin un método de organización, aparecerían interferencias que podrían resultar molestas, o bien directamente impedir la comunicación, también sufriríamos mayores pérdidas de información por colisiones, y en el peor de los casos, una saturación del receptor, que se traduciría a un bloqueo del sistema.

2.3.1. CSMA/CA

Este protocolo ofrece igual de oportunidades a las transmisiones de datos de las estaciones sísmicas, por lo que no tiene en cuenta la prioridad de los datos. [1]

En nuestro caso, al tratarse de una comunicación inalámbrica, vamos a basarnos en el método de acceso al medio utilizado en los entornos WLAN, el cual es conocido como CSMA/CA. Para adaptar este método a nuestro sistema, fue necesario realizar algunas modificaciones en el esquema de comunicación, ya que, lo que se quiere evitar aquí, es una interferencia y/o saturación del receptor, provocado por una sucesiva transmisión de peticiones de las estaciones sísmica para enviar información (Fig. 6).

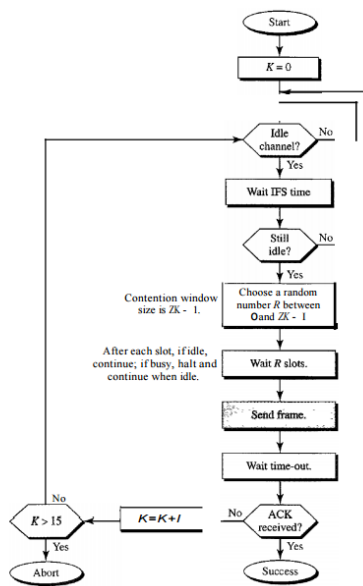


Figura 6: Esquema CSMA/CA [2]

A partir de esto, se definió un método de acceso “Jerárquico”, en el cual las estaciones sísmicas informan a la estación central su intención de transmitir, y la estación central define en qué momento las estaciones sísmicas pueden transmitir y en qué momento quedarse calladas, a la espera de la liberación del canal, de esta manera la estación central maneja la asignación de recursos en el momento que lo sienta oportuno. De esta forma

solucionamos el problema de recibir peticiones de otras estaciones sísmicas, cuando estamos recibiendo información de alguna en particular, ya que como dijimos, el canal es Half-Duplex, por lo que no podemos recibir las peticiones de transmisión, al mismo tiempo que estamos recibiendo información de alguna estación sísmica de interés.

2.4. Esquemas de comunicación.

Es hora que pasemos a ver los diferentes esquemas de comunicación que existen entre una estación sísmica y la estación central, teniendo en cuenta los modos de operación configurados en las estaciones sísmicas, los cuales son dos:

- Normal (default)
 - Detección, almacenado y alerta
 - Solicitud de información
- Tiempo Real (Maestro).

2.4.1. Modo normal de la estación sísmica.

Cuando el modulo se inicializa, está programado para realizar un análisis continuo de la ondas sísmicas captadas por el geófono, para detectar la presencia de sismos. Para esto, es preciso definir un valor umbral, que nos permita darnos cuenta en que momentos estamos midiendo microsismos, y cuando estamos en presencia de un verdadero sismo, para posteriormente alertar el hecho.

Para evitar ser confundidos con perturbaciones de origen humano, que pueden superar el umbral definido, como el caso del paso de un camión cerca del geófono, se procedió a realizar un muestreo de la señal de entrada del geófono, que nos permita asegurar la presencia de un sismo natural y no ser engañados por perturbaciones exteriores, las cuales tienen impacto de poca duración.

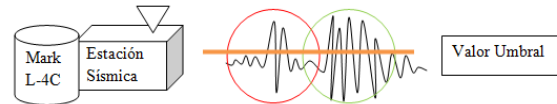


Figura 7 Análisis señal sísmica.

Como podemos observar en la Fig. 7, vemos que tenemos un valor umbral definido, y se detectan 2 valores que superan el umbral, pero los siguientes son valores normales, por lo que en ese caso, no se considera sismo. Diferente es el siguiente caso, en donde se encuentran más de 3 valores seguidos que superan el valor umbral, en ese caso, el modulo pasaría a su siguiente esquema de trabajo, que veremos a continuación.

2.4.2. Detección, almacenado y aviso de sismo.

Una vez que en la entrada se detectan más de 3 valores iguales o que superen el valor umbral definido, el modulo cambia su estado normal de funcionamiento, para activar este modo, el cual a diferencia del estado normal, el modulo comienza a

almacenar todos los datos recogidos por el geófono en la memoria SD que posee cada estación sísmica, en bloques de 512 bytes.

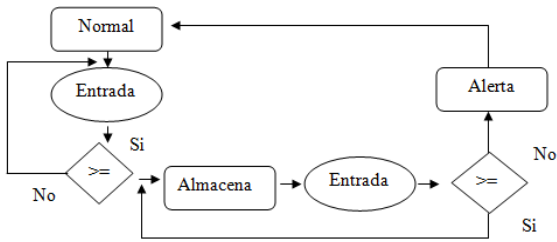


Figura 8: Detección, almacenado y aviso de sismo.

La estación sísmica que haya detectado el sismo, almacenara los datos obtenidos por el geófono, hasta que se vuelva a medir con una cantidad de tres valores menores al umbral, por lo que significaría que el sismo ya ocurrió. Dado estas condiciones, el modulo desactiva este modo y envía un mensaje de aviso a la estación central, para informar que ocurrió un sismo. Posterior a esto, el modulo activa su modo de funcionamiento, a la espera de detectar otro sismo, como se puede observar en la Fig. 8.

2.4.3. Solicitud de información.

Una vez que la estación central reciba el mensaje de aviso de sismo, el operador del sistema podrá realizar de manera manual la adquisición de los datos almacenados en la memoria SD[3] de la estación sísmica correspondiente. Para lograr esto, es necesario saber hasta qué espacio de memoria se encuentra almacenada la información del sismo detectado, por lo que la estación central deberá enviar un mensaje el cual permite solicitar a la estación sísmica el último espacio de memoria utilizado al momento de almacenar el sismo detectado. La estación sísmica responderá ante este mensaje enviando el último espacio de memoria utilizado.

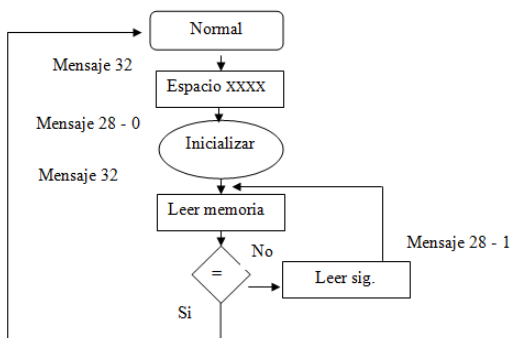


Figura 9: Leer datos de la memoria SD.

Ya con la ubicación del espacio de memoria, lo siguiente será enviar el mensaje que nos permita posicionarnos al inicio de la memoria SD para comenzar con la lectura de los datos. En caso de requerir visualizar los datos almacenados, deberá enviarle el mensaje a la estación sísmica para

indicarle que le transmita la información contenida en el espacio de memoria siguiente, siempre recordando que se transmiten de a bloques de 512 bytes, por lo que será necesario reiterar este mensaje, hasta que el espacio de lectura de memoria coincide con el último espacio de memoria proporcionado por la estación sísmica.

De esta manera la estación sísmica responde enviando los datos almacenados en el tramo solicitado por la estación central. Mediante el esquema de la Fig. 9 es posible leer los datos almacenados en la memoria de cualquier estación sísmica de manera remota.

2.4.4. Modo tiempo real.

Este modo a diferencia del anterior visto, desactiva la entrada de datos del GPS y el valor umbral de sismos. De esta manera la estación sísmica prioriza la comunicación en tiempo real con la estación central, ya que no pierde tiempo intentando detectar, almacenar o alertar la presencia de sismos, sino que está al tanto de recibir alguna solicitud de la estación central (Fig. 10). Esta función está pensada para permitirnos adquirir en tiempo real, la información de los microsismos censados por los geófonos, la cual no se amacena en la memoria SD de la estación sísmica.

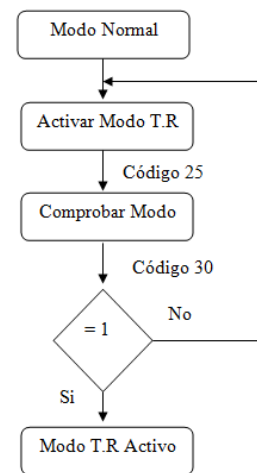


Figura 10 Activar modo T.R.

Debemos tener en cuenta que, al inicializar la estación sísmica, el modo default de funcionamiento, es el modo normal. Esto significa que para activar este modo, es necesario enviar desde la estación central, un mensaje a la estación sísmica de interés, a partir de ello, corroboraremos que este modo se haya activado. El campo de información de la respuesta puede contener un valor de 0 o 1, el cual significa Desactivado / Activado, por lo que deberíamos recibir un 1.

Ya con este modo activo, estamos en condiciones de solicitar la información en tiempo real de la estación sísmica, de esta manera la estación sísmica

enviara la información solicitada, utilizando la trama de información de canales, como vimos anteriormente.

2.5. Gestión de la red RSVC.

En este apartado veremos la gestión que realiza la estación central en nuestra red RVSC, de esta manera podremos entender el funcionamiento de la red. Para ello definiremos cinco modos posibles de establecer la comunicación:

2.5.1. Normal.

Esta situación ocurre cuando los sismógrafos se encuentran funcionando en modo default, y no se detecta la ocurrencia de algún sismo intenso (no se sobrepasa el umbral de detección Fig. 11), por lo tanto la información no es almacenada en la memoria del sismógrafo ni en la computadora de la estación central. En este caso es posible conocer el estado de las mediciones en tiempo real de las estaciones sísmicas, mediante dos métodos:

- Automático: este modo permite rotar automáticamente (cada un lapso de tiempo definido) la visualización de las estaciones sísmicas de la red. El orden dependerá del “peso” o importancia geológica que tenga cada estación, siempre de manera descendente. De esta manera, el software de la estación central mostraría en pantalla los datos obtenidos por la estación más importante, como opción predeterminada, para luego visualizar la actividad de la siguiente estación. En este caso, Campo Quijano es la zona de mayor interés geológico, por lo que esta sería la estación predeterminada en este modo, luego iría la estación de Cerrillos y por último la estación de La Caldera. Permitiendo realizar el estudio de microsismos locales.

- Aleatorio: este modo se utiliza en caso de querer conocer los movimientos del suelo en tiempo real de una estación sísmica en particular, independientemente de la importancia geológica. Para esto, el operador deberá realizar una consulta a la estación sísmica de interés para indicarle que cambie su estado de funcionamiento a T.R.

A partir, de esto es posible visualizar los movimientos del suelo de cualquier estación sísmica, el orden dependerá del interés del operador.

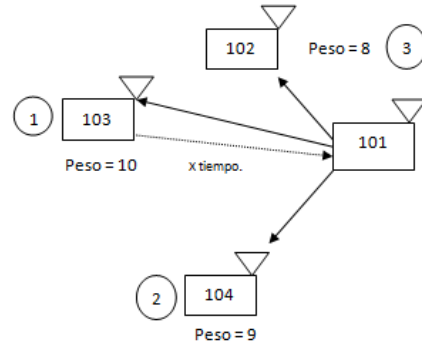


Figura 11: Modo Normal.

2.5.2. Sismo.

Esta situación ocurre cuando alguna estación sísmica detecta la presencia de un sismo intenso, y envía un mensaje de alerta a la estación central (Fig. 12). En este caso tendremos dos posibles escenarios:

- *Todas las estaciones enviaron su aviso de alerta:* si ocurre este caso, estamos en presencia de un sismo intenso “general”, el cual fue detectado por todas las estaciones de la red.
- *No todas las estaciones enviaron su aviso de alerta:* si ocurre este caso, tendremos que enviar un mensaje a las estaciones preguntando si ocurrió un sismo, ya que puede ser que alguno de estos mensajes no haya llegado. Si nuevamente no todas las estaciones responden que sí, estamos en presencia de un sismo intenso “local”, ya que solo fue detectado por algunas estaciones sísmicas.

Al suceder cualquiera de los casos anteriores, la estación central tiene que decidir a cual estación sísmica atender primero, para solicitarle el envío de la información almacenada en la memoria.. Para ello se plantearon dos modalidades:

- *Peso o prioridad geológica:* este método se basa en atender automáticamente las solicitudes de aviso de las estaciones sísmicas según su peso o importancia geológica. De esta manera las estaciones más importantes tienen prioridad en ser atendidas primero.
- *Orden de llegada:* este método se basa en la teoría de colas FIFO (Primero en entrar, primero en salir), por lo que, la estación central atenderá a las estaciones sísmicas dependiendo el orden que llegaron los mensaje de aviso.

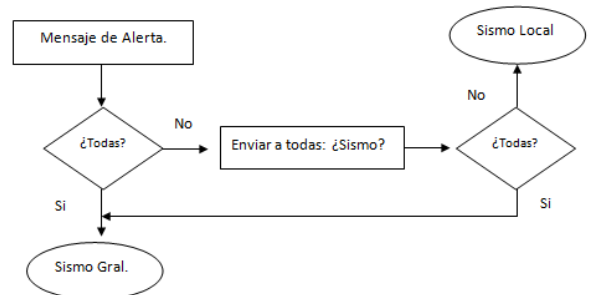


Figura 12 Modo Sismo: Sismo local y General.

2.5.3. Configuración remota.

Esta situación ocurre cuando requerimos cambiar algún parámetro de configuración de la estación sísmica. Tengamos en cuenta que las estaciones sísmicas son fijas, por lo que cambiar un parámetro implicaría desmontar el módulo de la torre, conectarlo a una PC y realizar dichos cambios mediante comandos AT. Para evitar esto, los módulos están programados para ser configurados remotamente desde la estación central, y de esta manera manipular sus configuraciones a nuestra necesidad.

2.5.4. Testing.

Es un hecho, que debemos tener un mecanismo que nos permita realizar un control del estado de los componentes de cada estación. Para lograr eso se creó un registro de fallas, el cual contiene la siguiente estructura:

X (Batería)	X (Memoria SD)	X (GPS)
-------------	----------------	---------

Los valores de X puede variar entre 0 y 1, donde el valor 0 indica la ausencia de fallos y el valor 1 indica que ocurrió un problema. En caso de que sucediera un error o fallo, es posible identificar en que componente de la estación ocurrió. Esto es muy importante a la hora de realizar el mantenimiento de los equipos, ya que si se detectaron sucesivas fallas en alguno de los componente del modulo, tendremos que ir pensando en realizar el remplazo del mismo.

2.5.5. Repetidor.

Este caso ocurre cuando una estación cliente se encuentra fuera de la zona de cobertura de la estación central por limitaciones del alcance o por accidentes geográficos, para ello cada estación sísmica cuenta con una modalidad de comunicación, para la retransmisión de mensajes, de esta forma es posible aumentar la cobertura de la red. Existen dos posibles topologías posibles a utilizar para la retransmisión:

- Distribuida: esta topología tiene en cuenta que la retransmisión es en forma de broadcast, permitiendo llegar a varias estaciones sísmicas con una sola estación repetidora (Fig. 13).

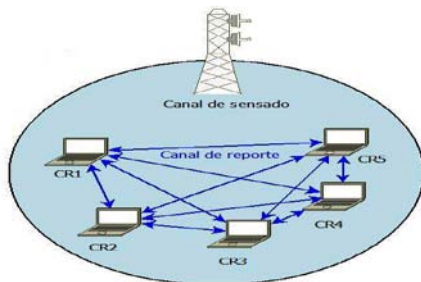


Fig. 13 Repetidor: Distribuida.

- Asistida: en esta topología el mensaje va recorriendo sucesivas estaciones hasta llegar a la estación destino. Lo que implica que cada estación funcione como un repetidor inteligente re direccionando el mensaje a la estación más próxima del destino, lo que implica una mayor complejidad (Fig. 4).

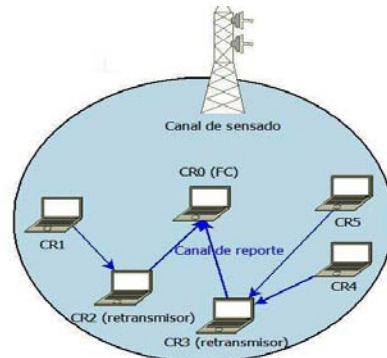


Fig. 14 Repetidor: Asistido.

3. CONCLUSIONES

Luego de analizar los diferentes métodos para la gestión y acceso al medio de una red RSVC, pudimos llegar a la conclusión que el modelo planteado se adapta correctamente al proyecto, por lo que se procederá a la implementación del mismo. A partir de esto, se realizarán pruebas del comportamiento de la red, para identificar problemas o deficiencias en el modelo, para luego intentar corregirlas. Si bien esta red se plantea como Jerárquica, ya que es gobernada por la estación central, se están realizando avances para independizar a las estaciones sísmicas, permitiendo tomar mayor protagonismo en las tomas de decisiones, de esta manera es posible descentralizar la red, y proporcionar mayor robustez y rapidez al sistema [4].

Además se plantea implementar un sistema FEC, el cual nos permitirá detectar y corregir errores en los datos transmitidos, evitando el uso de re-transmisiones, las cuales son imposibles de realizar en sistemas de tiempo real.

REFERENCIAS

- [1] INFORME IUT R-REP-F.2058, pp 20.
- [2] Behrouz A.Forouzan "Data Communications and Networking" Editorial, pp 379.
- [3] Hoja de datos memoria SD SanDisk Securite Digital Card.
- [4] Beibei Wang y K. J. Ray Liu, "Advances in Cognitive Radio Networks: A Survey," *IEEE journal*, vol. 5, 1, 5-23, 2011.