

Diseño de un Sistema de Seguridad bajo Plataforma IP para el Campus Prosperina Gustavo Galindo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral

Fabio Ramírez Cárdenas¹, Carmen Lavayen Jara de Naranjo¹, Ing. Edgar Leyton²
Facultad de Ingeniería Elèctrica y Computaciòn¹
ESPOL 1990, Ingeniero en Electricidad Especialidad Electrónica, Profesor ESPOL,2001²
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus Gustavo Galindo Velasco, Km. 30.5 Vía Perimetral, Apartado: 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador.
Framirez46@hotmail.com, marcos_nena@msn.com, edleyton@yahoo.com

Resumen

El Sistema de Seguridad propuesto, se compone de 3 partes: Redes inalámbricas WI-FI en cada Facultad y Tecnología integradas por cámaras IP inalámbricas, Red punto – Multipunto y Centro de Gestión. Las Redes inalámbricas que se proponen instalar en cada Facultad y edificios de Tecnología, se basan sobre el estándar IEEE 802.11 g, que permite alcanzar una tasa teórica de transmisión de datos de 54 Mbps, transmitiendo sobre el rango de frecuencias de 2.4 GHz. La topología de estas redes es estrella, es decir, está compuesta de un punto de acceso al cual se conectan los diversos elementos de Red. El diseño plantea ubicar las cámaras IP, a una distancia tal de los puntos de acceso, que permita tener la máxima tasa de transferencia de datos, lo que resultará en que se puedan integrar un número mayor de cámaras IP a las Redes, con un mismo número de puntos de acceso. Estas redes permitirán recoger las imágenes de video generadas por las cámaras y constituyen el primer escalón, en cuanto al transporte de estas señales hacia el Centro de Gestión. La Red punto-multipunto está conformada de una serie de enlaces radioelèctricos, entre las Facultades y el edificio del Rectorado, que es el lugar donde se plantea instalar el centro de Gestión. Los equipos utilizados para este esquema de conexión, manejan una tasa teórica de transferencia de datos de 108 Mbps y transmiten sobre el rango de frecuencias de 5 GHz. Esta Red es el segundo y último escalón en cuanto al transporte de las señales de video hacia el Centro de Gestión. El Centro de Gestión es una Red LAN de computadores, que permitirán el monitoreo de diversos lugares, accedendo a las cámaras IP inalámbricas, via Internet Explorer, cualquier otro navegador de Internet o por medio del software propietario IP surveillance.

Palabras Claves: *Redes inalámbricas WI-FI, Red Punto – Multipunto, Centro de Gestión. .*

Abstract

The surveillance system proposed, is composed of three parts: Wireless LAN WI-FI in each Faculty and Technology integrated by wireless camera IP, Network point – Multipoint ad Management Center. Wireless LANs in each Faculty and Technology's building, are based on the standar IEEE 802.11 g, which defines 54 Mbps like maximum speed, range of transmission frequency is 2.4 GHz. The network's topology, of each wireless LAN is a star, which includes an access point, every wireless IP camera is connected to this network element. Every camera is located near to the Access Point in order to reach the maximum data speed, this will result in a great number of cameras connected to the same number of Access Points. These wireless networks will let receive the video images from the wireless IP cameras and they are the first step of transport of these images towards Management Center. The Point – Multipoint network consist in various radioelectrical links, between Faculties and Principal's building, which is the selected place for the Management Center. The equipment used for this connection scheme, reach a maximum data speed of 108 Mbps, and transmit over 5 GHz. This network is the second step regarding the transport of the video images towards Management Center. The Management Center is a computer's network, that will let monitoring many places by the access to the wireless cameras, using the Internet Explorer, other Internet navigators or IP surveillance software.

Keywords: *Wireless LAN WI-FI, Point – Multipoint Network, Management Center.*

1. Introducción

El Campus Gustavo Galindo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, actualmente no cuenta con un adecuado Sistema de Seguridad tecnificado, razón por la cual se han cometido varios delitos tales como robo de vehículos, o sus accesorios, computadores portátiles, etc. Con el objetivo de evitar que se cometan estos y otros delitos más, se ha diseñado una Red de seguridad, en el que se combinan 2 tecnologías ampliamente difundidas: inalámbrica y la basada en el protocolo TCP/IP. La Red inalámbrica diseñada, compuesta por cámaras IP inalámbricas, permitirán brindar seguridad en los parqueaderos, áreas administrativas y laboratorios de cada Facultad.

2. Bases Teóricas para el Diseño de la Red.

Puntos de vigilancia.- Los sectores elegidos para monitoreo, de cada Facultad de Ingeniería, Institutos, Acuacultura y Tecnología son:

- Parqueaderos
- Áreas administrativas
- Laboratorios

Los sitios mencionados son los que mayor interés revisten, con respecto al tema de seguridad. Cada vez es mayor el número de hechos delictivos cometidos en los parqueaderos, en las áreas administrativas se manejan sumas de dinero y los laboratorios cuentan con equipos electrónicos costosos, lo que hace necesario la colocación de cámaras en estos sectores.

Centro de Gestión.- Se propone adecuar un sitio en el edificio del Rectorado, para la instalación de un Centro de Gestión, que consiste en la implementación de una Red LAN alámbrica, compuesta de computadores que permitirán el acceso vía web a las diversas cámaras IP inalámbricas.

Topología de Red.- Para el transporte de las señales de video, desde las cámaras IP inalámbricas hasta el Centro de Gestión se plantea implementar las siguientes redes:

Redes inalámbricas WI-FI en cada Facultad de Ingeniería, Institutos, Acuacultura y Tecnología, que recogerán las imágenes captadas por las cámaras IP inalámbricas. Cada una de estas redes está conformada por un punto de acceso, cámaras IP inalámbricas y una unidad de suscriptor del sistema Punto – Multipunto.

Red Punto – Multipunto, entre cada Red inalámbrica WI-FI y el edificio del Rectorado, que permitirá el transporte de las señales de video hasta la

Red del Centro de Gestión. Está conformada por unidades de suscriptor instaladas en las Facultades, Institutos, Acuacultura y Tecnologías y por unidades de estación base situadas en el techo del edificio del Rectorado.

Protocolos de acceso al medio.- En la Red inalámbrica WI-FI se utiliza el protocolo CSMA/CA (Carrier sense multiple access, collision avoidance) y en la Red Punto – Multipunto el protocolo WORP (Wireless outdoor router protocol).

CSMA/CA: Bajo este protocolo cada elemento de Red que desee transmitir datos al Punto de Acceso, primeramente escucha el medio para poder detectar si otro dispositivo está transmitiendo. Al constatar que el medio está libre, la cámara no empieza a transmitir inmediatamente, sino que luego de una cantidad de tiempo aleatoria determinada por el algoritmo de backoff, la cámara emite la señal. Bajo este protocolo cada elemento de Red, compete por el medio de transmisión.

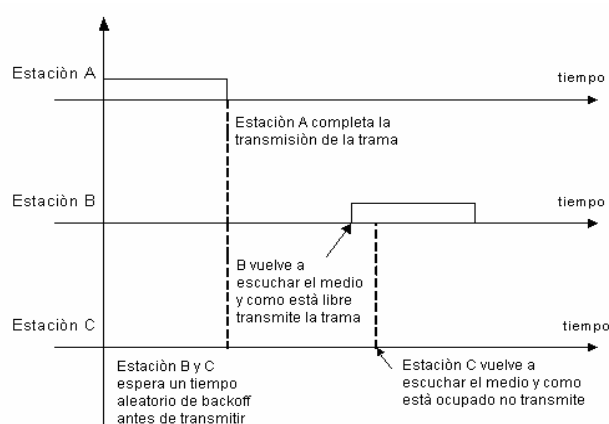


Figura 1. Funcionamiento del protocolo CSMA / CA.

WORP: En un sistema basado en WORP, la estación base actúa como un controlador de tráfico. Inicialmente transmite broadcasts cada 150 ms lo que permitirá el registro y autenticación mutua de las estaciones de suscriptor con la estación base. La unidad de estación base realiza un polling periódico de cada una de las unidades de suscriptor, a fin de permitir la transmisión de datos de la unidad que lo requiera.

Asignación de canales de frecuencia.- Las Redes inalámbricas WI-FI trabajan en el rango de frecuencias de 2.4 GHz y la Red Punto- Multipunto en el rango de 5 GHz. En el rango de operación de 2.4 GHz sólo se cuenta con 3 canales sin solapamiento:

CHANNEL	FTx (GHz) 22 MHz
1	2,412
6	2,437
11	2,462

Tabla 1. Canales sin solapamiento

En vista de que se quiere reducir al mínimo posible la interferencia co-canal y la interferencia de canal adyacente por el reuso de las frecuencias, se utilizaron las siguientes fórmulas para establecer la mínima distancia a la cual se podía reutilizar las frecuencias.

$$D = (3N)^{1/2} * R$$

$$D = (N)^{1/2} * d$$

D = Mínima distancia entre los centros de las celdas que utilizan la misma frecuencia.

R = Radio de la celda

N = número de canales disponibles

d = Distancia entre las celdas adyacentes

En el rango de operación de 5 GHz se cuenta con 5 canales sin solapamiento:

CHANNEL	FTx (GHz)	BANDA DE FRECUENCIA
1	5,27	5,25-5,35 GHz
2	5,31	40 MHz
3	5,74	5,725-5,850 GHz
4	5,78	
5	5,82	

Tabla 2. Canales sin solapamiento

Asignación de direcciones IP.- En cada una de las Facultades, Institutos, Acuicultura y Tecnologías, se implementarían Redes Lan inalámbricas distintas. La unidad de suscriptor en cada Facultad deberá ser configurado como un ruteador, para que de esta manera se “ aisle “ cada Red inalámbrica. Con esto evitamos que paquetes de mantenimiento, enviados con dirección destino de broadcast, se propaguen por toda la Red, lo que perjudicaría el desempeño de ella.

Ancho de banda necesario para la visualización del video .- Para poder determinar el ancho de banda necesario para la transmisión adecuada de las señales de video, primero debe conocerse el ancho de banda mínimo para la transmisión de una sola cámara IP. A continuación se presentan los datos y cálculos realizados que nos permitirán estimar este ancho de banda:

8	12	4	128	152 bytes
UDP Header 8 bytes	RTP header 12 bytes	RTP-H263 Header 4 bytes	H263 Data 84bytes	

Figura 2. Paquete de video de cámara IP DLink

Arriba podemos observar la estructura y los campos del paquete de video que producen las cámaras IP Dlink. El paquete completo tiene un tamaño de 152 bytes. La resolución de video de las cámaras será configurada en el modo CIF, lo que implica una transmisión de 975 paquetes de video por segundo. Realizando la multiplicación respectiva entre el tamaño de cada paquete y la cantidad que produce por segundo, obtenemos un ancho de banda de 1,18 Mbps.

Esto sumado al del audio, 0,024 Mbps obtenemos que el ancho de banda mínimo para la correcta transmisión de 1 sola cámara IP es 1,21 Mbps.

3. Diseño de la Red de Seguridad

En cada Facultad se instalaría una Red Lan inalámbrica, tal como se muestra en la siguiente figura:

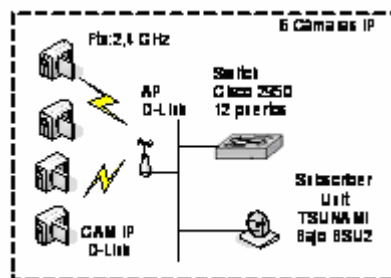


Figura 3. Red Lan Inalámbrica de cámaras IP

Los equipos que se implementarían en cada Facultad se muestran en la siguiente tabla:

EQUIPO	MARCA MODELO
CAMARA IP INALAMBRICA, 2,4 GHz	DLINK DCS 2100G
ACCESS POINT, 2,4 GHz	DLINK DWLAG-700AP
SUBSCRIBER UNIT	TSUNAMI MP11 5054
SWITCH 12 PUERTOS	CISCO CATALYST 2950
ANTENA DIRECCIONAL, 23 dBi	TSUNAMI MP11 SU 5,7 GHz

Tabla 3. Equipamiento en cada Facultad

En el Centro de Gestión se instalaría una Red alámbrica, tal como se muestra en la siguiente figura:

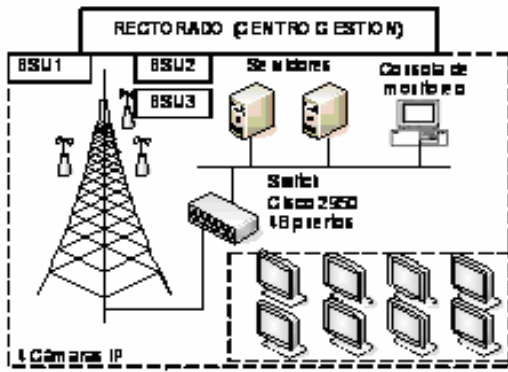


Figura 4. Red Lan alámbrica para el monitoreo

A continuación se presenta tabla en el que se muestra el equipamiento de esta Red:

FACULTAD	EQUIPO	MARCA MODELO
EDIFICIO DEL RECTORADO	CAMARA IP INALAMBRICA, 2,4 GHZ	DLINK DCS 2100G
	ACCESS POINT, 2,4 GHZ	DLINK DWLAG-700AP
	PERSONAL COMPUTER	PENTIUM 4
	SERVIDORES DE ALMACENAMIENTO DE DATOS Y GESTION DE RED	IBM
	SWITCH 48 PUERTOS	CISCO CATALYST 2950
	ROUTER	CISCO 3640
	BASE STATION UNIT	TSUNAMI MP 11 5054
	ANTENA SECTORIAL, 14 dBi, 120 GRADOS	TSUNAMI MP11 BSU 5,7 GHz

Tabla 4. Equipamiento en el Centro de Gestión

A fin de transmitir los paquetes de video desde cada una de las Facultades hasta el Centro de Gestión, se deben implementar enlaces radioeléctricos entre cada Facultad y el equipo receptor, que debe instalarse en el techo del Edificio del Rectorado. Luego del estudio realizado de los enlaces se concluye que sólo existen pérdidas por vegetación en el trayecto, más no por obstrucción. Todos los enlaces presentan una alta confiabilidad. Cada vez que se elija algún sitio específico para la construcción de nuevos edificios, se debe analizar si va a generar pérdidas por obstrucción a los enlaces radioeléctricos, en el caso de que llegaran a implementarse.

Los canales de frecuencia asignados a las Redes inalámbricas en cada Facultad se presentan en el siguiente diagrama:

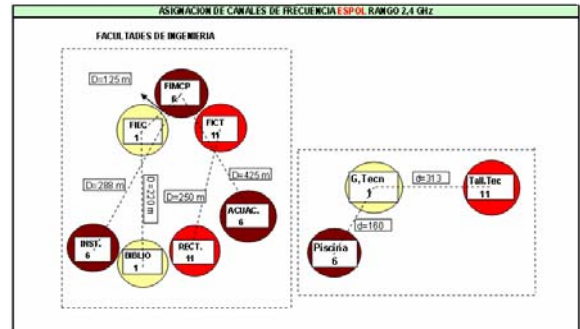


Figura 5. Canales de frecuencia en c/facultad

Para la asignación de los canales de frecuencia se tomaron en cuenta los siguientes valores:

Radio promedio de la celda: 72 metros

Mínima distancia entre celdas que usan la misma frecuencia: 216 metros

Mínima distancia entre celdas adyacentes: 124.71 metros.

Los canales de frecuencia asignados a los enlaces radioeléctricos se indican en el siguiente diagrama:

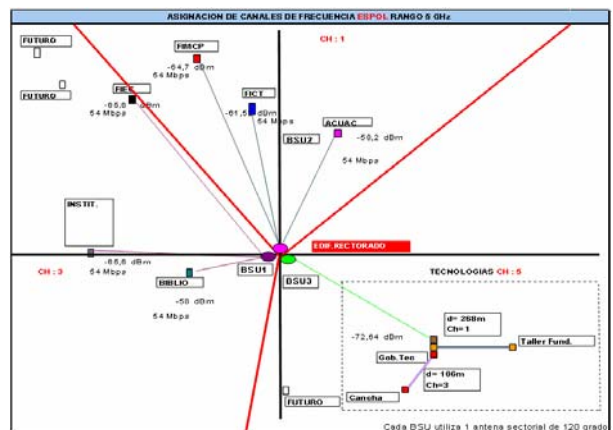


Figura 6. Canales de frecuencia de los enlaces Radioeléctricos.

Dado que en el rango de 5 GHz se disponen de 5 canales de frecuencia sin solapamiento, para los enlaces radioeléctricos se han asignado frecuencias que no se interfieran entre sí.

En cada una de las Facultades y Tecnologías, como se lo ha comentado anteriormente, se implementarán Redes Lan inalámbricas distintas. La unidad de suscriptor SU en cada Facultad deberá ser configurado como un ruteador, para que de esta manera se “ aisle “ cada Red inalámbrica.

Con esto evitamos que paquetes de mantenimiento, enviados con dirección destino de broadcast, se propaguen por toda la Red, lo que perjudicaría el desempeño de ella. En total se contarían con 11 Redes Lan, 8 por las Facultades y 3 por las redes que se deben formar con las 3 BSUs y SUs respectivas.

En la FIEC se ha instalado recientemente 4 Access Points para brindar el servicio de Internet inalámbrico. 2 Access Points se han instalado en las plantas alta y baja del edificio administrativo y 2 más en el nuevo edificio de los laboratorios de computación. En la Facultad de mecánica se tiene instalado un access Point , en los institutos de Matemáticas, Física y Economía según información proporcionada por directivos también se han instalado recientemente un número de más de 6 Puntos de acceso.

Con el fin de implementar la Red de Seguridad se tendría que instalar un Access Point más en esta Facultad, para recoger las señales de video de las cámaras IP inalámbricas, por lo que es necesario elaborar un plan de asignación de frecuencias a fin de evitar que los Puntos de acceso se interfieran.

Para la elaboración e implementación del plan de asignación de frecuencias se deben tomar en cuenta que la capacidad de un sistema no se lo mide por la altura a la que se encuentra la antena del transmisor o por la potencia empleada. Más bien la capacidad está relacionada directamente con el número de canales de frecuencia disponibles para el acceso al sistema.

Es por esto que se recomienda que los puntos de acceso que permiten la conexión al Internet, actualmente instalados en un área donde se encuentra una gran cantidad de personas, estén a baja altura y con poca potencia de transmisión. Esto resultará en que el área resultante de la celda sea pequeña lo que permitirá que sean instalados más puntos de acceso y así obtener mayor capacidad de acceso. A su vez esto resultará en que se tenga una mayor capacidad de reuso de frecuencias y evitar interferencias.

En este tipo de sistema, Red LAN inalámbrica 802.11g, hasta 16 cámaras IP pueden ser instaladas sin ningún tipo de problema de pérdida de paquetes de video. Si se instalan 17 o más, habrá cámaras cuyos paquetes de video no se transmitan

A continuación se indican los valores y cálculos realizados a fin de determinar, la cantidad recomendable de 16 cámaras que deben instalarse por Red Lan, para un óptimo desempeño de la Red.

Todas las cámaras van a ser configuradas en el modo CIF, lo que implica una transmisión de 975 paquetes por segundo. El codec de compresión de video es el H.263, por lo que el paquete de video tendrá 152 bytes.

Con la cantidad de paquetes por segundo transmitidos por la cámara, establecemos que cada 1,025 milisegundos la cámara transmite un paquete (intervalo de paquetización). El tiempo que toma la

transmisión del paquete de 152 bytes, tomando en cuenta que las cámaras trabajan con una tasa de 54 Mbps, resulta de la siguiente fórmula:

$$T(\text{total}) = t1 + t2 + t3$$

t1 = tiempo de transmisión del paquete de 152 bytes.

t2 = tiempo de transmisión de la cabecera OFDM (20 microsec)

t3 = tiempo aleatorio establecido por el algoritmo de backoff (múltiplos de 9 microsec. En nuestros cálculos se ha considerado 2 time slots)

Una tasa de transmisión de 54 Mbps, implica que cada bit será transmitido en 0,018 microsegundos. Entonces los 152 bytes (152 X 8=1216 bits) serán transmitidos en 22,518 microsegundos. El tiempo total de transmisión del paquete y las respectivas cabeceras es de 60,518 microsegundos. El próximo paquete será producido por la cámara luego de 1025 microsegundos, lo que quiere decir durante 964,482 microsegundos el medio va a estar libre y disponible para la transmisión, hasta que la cámara produzca y transmita un segundo paquete.

Si dividimos el intervalo de paquetización para el tiempo que toma la transmisión de un sólo paquete, obtenemos que 16,94 paquetes pueden ser transmitidos durante ese intervalo. Esto a su vez significa que si 16 cámaras IP inalámbricas en una misma Red Lan, compiten por el medio para la transmisión de sus paquetes, el 100 % de las cámaras lograrán transmitir.

Si 17 cámaras o más son instaladas, la competencia por el medio será mayor y probablemente algunos paquetes de video, procedentes de distintas cámaras cada vez, se pierdan, lo que se traducirá en una incorrecta visualización del video, como por ejemplo escenas cortadas. A continuación se presenta un cuadro en el que, de acuerdo a la cantidad de cámaras instaladas, se muestra la probabilidad de ganar el medio para transmisión de los paquetes de video.

NRO CAM.IP EN RED LAN	PROBABILIDAD DE ACCESO AL MEDIO
14	100%
15	100%
16	100%
17	94%
18	89%
19	84%
20	80%
21	76%
22	73%

Tabla 5. Nro de cámaras en Red Lan vs. Probabilidad de acceso

4. Conclusiones.

En la presente tesis se ha analizado que el actual Sistema de Seguridad con el que cuenta la ESPOL genera un alto costo por concepto de mantenimiento de la misma, lo cual no se ve traducido en beneficios, pues con frecuencia se cometen robos dentro de esta institución.

Debido a esta situación es necesario la implementación de una red de cámaras de vigilancia en puntos estratégicos, que disuada a los malhechores de cometer delitos, o que permita la identificación de las personas que cometen los robos u otros delitos. Se analizaron varias tecnologías para la implementación de esta Red, encontrándose que la Red basada en el protocolo TCP/IP combinándose con la tecnología inalámbrica es la más adecuada para nuestras necesidades, pues es de rápida instalación y despliegue y además representa costos reducidos por ser una tecnología ampliamente difundida en nuestros días. Aunque la implementación de este diseño requiere una inversión inicial de \$ 70.095,72 el mantenimiento de la misma requiere \$ 81.165,60 anuales lo que representa un 23 % del valor que actualmente se paga por concepto de Seguridad. Es decir que el sistema propuesto, por concepto de mantenimiento, representa un 77 % de reducción en presupuesto con respecto al actualmente establecido.

Cuando se comenzó el diseño, prácticamente en el Campus de la ESPOL no había tanta interferencia como lo hay actualmente. En el último año en todas las Facultades e Institutos se han instalado un gran número de Puntos de Acceso para poder brindar a estudiantes y profesores el servicio de Internet inalámbrico. Lo más preocupante es que al pedir información, acerca de los canales de frecuencia utilizados, a los respectivos administradores de los dispositivos se ha notado que no hay un registro actualizado de frecuencias utilizadas. Se ha notado que no existe una planeación para la asignación de los canales de frecuencia, lo que puede originar problemas en el futuro cuando se desee implementar más equipo inalámbrico. Por tal razón si se contempla implementar una Red de cámaras de vigilancia basada en el protocolo TCP/IP es necesario realizar un adecuado site survey, en cada sitio que se planifique instalar cámaras inalámbricas, para efectuar mediciones de los niveles de interferencia existentes. Además en la presente tesis se ha incluido fórmulas que permiten calcular la distancia mínima de reuso de frecuencias, lo que permitirá la instalación de puntos de acceso a distancias que permitan reducir al mínimo las interferencias.

5. Bibliografía.

- [1] WHITE PAPER, a detailed examination of the environmental and protocol parameters that affect 802.11G network performance.
- [2] WHITE PAPER TRAPEZE NETWORKS, planning and managing wireless Lans
- [3] WHITE PAPER PROXIM, packet size in a WOPR system 8.
- [4] ARTICULO., RFC, RTP payload format for H.263 video streams.
- [5] ARTICULO, SMARTBRIDGE, Improve performance by designing for wireless coverage.

Ing. Edgar Leyton
Director de Tesis