

Apéndice I – Propuestas de optimización para *streaming* durante el *roaming* para 802.11b/g.

I1. Optimización de *streaming* integrando módulo de control de aplicación.

La optimización sugerida se enfoca en la reducción de las pérdidas y el correcto transporte de los paquetes durante el proceso de *roaming* en redes inalámbricas 802.11b/g; el módulo de control de aplicación es una integración entre la aplicación del cliente, en este caso Videolan (Herramienta de transmisión de *streaming*), módulo de control (intermediario) y el dispositivo de red inalámbrica del cliente.

El módulo de control de aplicación sería el encargado de vigilar la conexión y desconexión oportuna del servicio de red inalámbrica, pues el problema principal es que la herramienta receptora de paquetes queda en un estado de escucha el cual debe esperar un tiempo preconfigurado para una reconexión. La Figura I1 presenta el funcionamiento del módulo de control de aplicación en el momento del *roaming*, el proceso sería el siguiente:

- 1) Se establece la conexión entre el punto de acceso y el cliente móvil.
- 2) El algoritmo de *roaming* contenido en la tarjeta de red inalámbrica resuelve los datos adquiridos y antes de tomar la decisión de cambio de punto de acceso envía una alarma de desconexión al módulo de control.
- 3) El módulo de control recibe el mensaje de alarma y reclama el archivo de las aplicaciones cliente ejecutadas.
- 4) El archivo contiene los datos de las aplicaciones que hacen uso de la red inalámbrica clasificadas por prioridad y sensibilidad a pérdidas.
- 5) El módulo de control crea un paquete el cual contiene los datos del punto de acceso receptor y la información de las aplicaciones ya clasificadas.
- 6) El módulo de control envía la información a la aplicación cliente.
- 7) La aplicación cliente ejecuta el *scripts* correspondiente al paquete de información recibido y retransmite el paquete al servidor de aplicación.
- 8) El servidor de aplicación entiende la información, envía el último paquete.
- 9) La aplicación cliente ejecuta el *script* preseleccionado y se desconecta del servidor sin detener la reproducción de los paquetes almacenados en *buffer*, además de la reproducción de paquetes en blanco.
- 10) Se envía el mensaje de *roaming* al módulo de control, este mensaje contiene la información de las aplicaciones que necesitaran de una reconexión inmediata al finalizar el proceso de transición entre puntos de acceso.
- 11) El mensaje de *roaming* se almacena en el archivo de información de aplicaciones.
- 12) El módulo de control envía mensaje de *roaming* a la tarjeta de red inalámbrica.
- 13) Se ejecuta el proceso de *roaming*.



Figura I1 Módulo de control de aplicación en *roaming*.

La Figura I2 presenta el funcionamiento del módulo de control de aplicación después del *roaming*, el proceso sería el siguiente:

- 1) Se establece la conexión entre el nuevo punto de acceso y el cliente móvil.
- 2) La tarjeta de red inalámbrica alerta de la conexión al módulo de control.
- 3) El módulo de control consulta en el archivo de información de aplicación.
- 4) El módulo de control selección las aplicaciones que solicitaron reconexión.
- 5) El módulo de control envía una alerta de reconexión a las aplicaciones.
- 6) La aplicación cliente envía la solicitud de reconexión.
- 7) El servidor de aplicación transmite los paquetes.
- 8) La aplicación cliente recibe y reproduce los paquetes.
- 9) Las aplicaciones cliente solicitan el recurso de *roaming* por medio del un paquete de mensaje transmitido al módulo de control.
- 10) Se actualiza la información de las aplicaciones.
- 11) Se envía un mensaje de ejecución satisfactoria.



Figura I2 Módulo de control de aplicación después del *roaming*.

El *script* contenido en la aplicación cliente es una adición necesaria si hay diferentes servicios en la red, si la transmisión es netamente de paquetes el *script* se encarga de detectar el recibir el número de paquetes óptimo como para mantener la reproducción mientras se realiza el proceso de *roaming*; las Tablas F14 y F15 presentan los resultados del tiempo de sincronización y reproducción de los paquetes entre el cliente y servidor de aplicación, en promedio toma entre 7 y 9 segundos dependiendo del método de encapsulamiento utilizado. El tiempo de autenticación promedio es de 800 ms basado en el Apéndice E, por esta razón se debe mantener la reproducción de los paquetes hasta soportar un tiempo de 8 a 10 segundos combinando paquetes en blanco para que el cliente perciba una continuidad y no una desconexión.

Si la transmisión de la aplicación es solo audio o una combinación de video con audio por canales independientes el *script* no analiza el número de paquetes sino el procesamiento del audio, localizando silencios por parte servidor para tomar la decisión de desconexión.

El proceso de decisión de *roaming* involucra varios aspectos importantes como los presentados en la Figura I3, la gestión de recursos permite la evaluación del control de potencia, control de admisión, gestión de movilidad y control de carga, por medio de las cuales el algoritmo de *roaming* toma la decisión del cambio de punto de acceso.

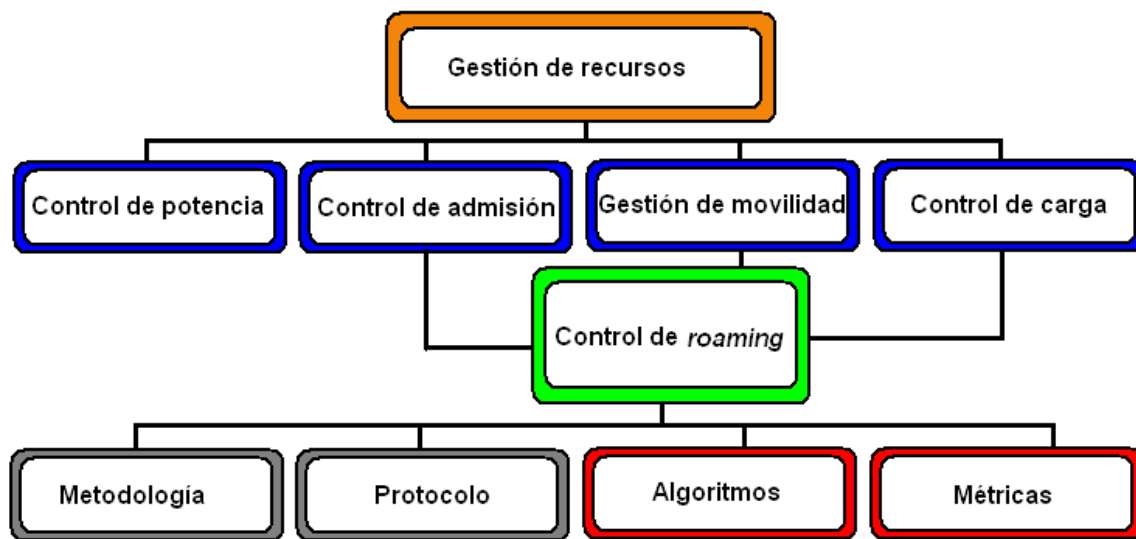


Figura I3 Relación entre la gestión de recursos y el *roaming*.

Los algoritmos de decisión de *roaming* horizontal¹ son propietarios y se tienen dos casos, los tradicionales con de medición de variables y los de reconocimiento de patrones.

¹ El algoritmo de decisión de *roaming* horizontal es aquel que utiliza la misma tecnología de radio.

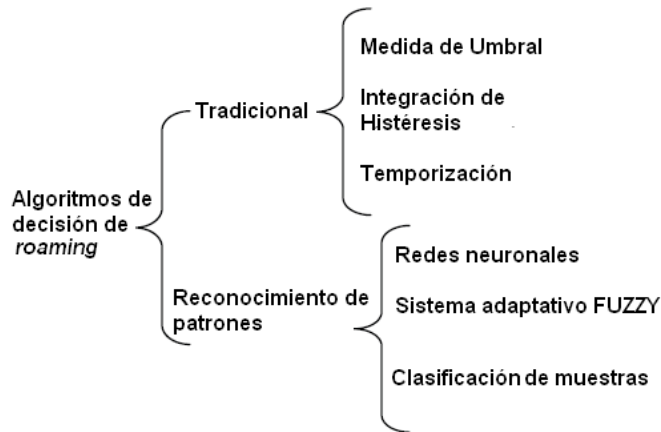


Figura I4 Algoritmos de decisión de *roaming*.

Los algoritmos de decisión no verifican si existe alguna aplicación que no debe desconectarse, por esta razón la desconexión es inmediata para poder conectarse con el punto de acceso escogido como receptor del cliente móvil; el servicio de *streaming* en tiempo real transmitido a través de redes inalámbricas necesita de una conexión de recursos previa, por esta razón al efectuar el *roaming* causa un efecto de espera de paquetes y reproducción de fotogramas en blanco. La pérdida de paquetes a causa de la desconexión de *hardware* es inevitable, aun incorporando el estándar IEEE 802.11r, es preciso localizar los retardos encontrados en una conexión de *streaming*.

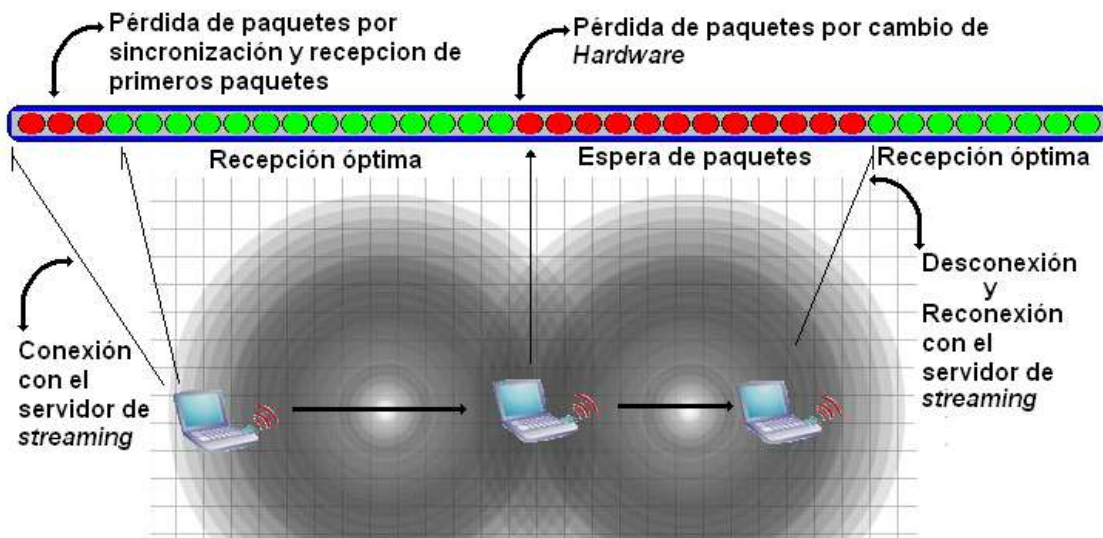


Figura I5 Eventos del *streaming* durante la movilidad.

La pérdida de paquetes por sincronización es inevitable, pero las pérdidas por el cambio de *hardware* pueden disminuir si se incorpora una estrategia; la estrategia propuesta sugiere la integración del módulo de control en los algoritmos de *roaming*. La Figura I4 presenta los algoritmos analizados y modificados para la optimización, su elección fue debido a que se tiene buena información de su funcionamiento; los algoritmos de reconocimiento de patrones normalmente funcionan en redes celulares.

La Figura I6 presenta el algoritmo de decisión de *roaming* tradicional el cual maneja niveles de señal de potencia umbral además de histéresis² fija, este umbral puede ser cambiado por el cliente móvil manipulando la opción de agresividad de la itinerancia en el adaptador de red inalámbrica, el procedimiento de ejecución sería el siguiente:

- 1) Se mide el nivel de potencia de los APs.
- 2) Se crea una ventana de longitud media la cual contiene los valores de señal de potencia obtenidos entregando un valor promedio de potencia por cada punto de acceso.
- 3) La condición evalúa si el nivel de potencia promedio recibida por el punto de acceso actual es inferior al valor umbral fijado en la herramienta de gestión inalámbrica.
- 4) Si se cumple la condición anterior se evalúa una nueva regla, si el nivel de potencia recibida por el punto de acceso receptor es superior a la suma de la ventana de longitud media más el margen de señal de histéresis.
- 5) Si se cumple la condición anterior normalmente se ejecuta el proceso de *roaming* pero para la optimización se aplica el control de aplicación para normalizar el envío de información para inmediatamente proseguir con el proceso de *roaming*.

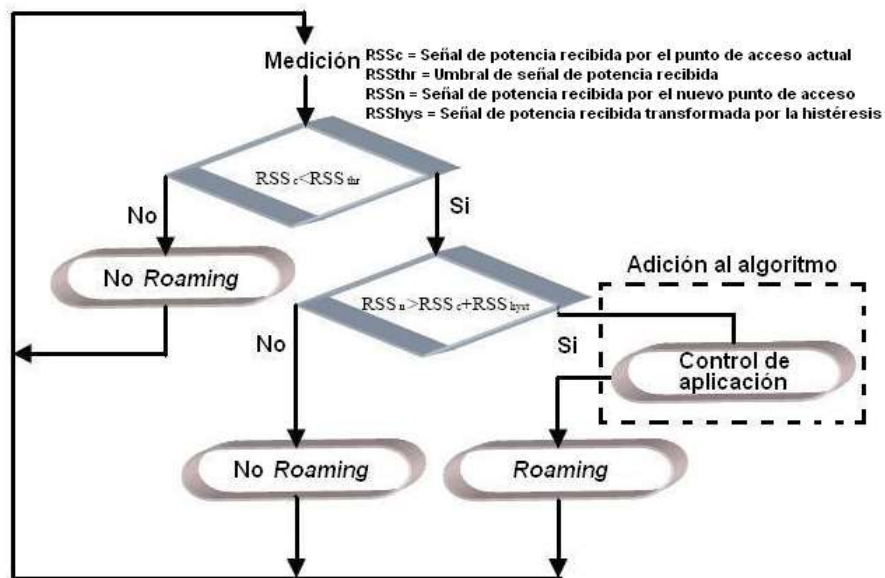


Figura I6 Algoritmo de *roaming* tradicional con detección de Umbral e Histéresis.

La Figura I7 presenta el algoritmo de decisión de *roaming* tradicional el cual maneja temporización y señal de potencia umbral, este umbral puede ser cambiado por el cliente móvil manipulando la opción de agresividad de la itinerancia en el adaptador de red inalámbrica, el procedimiento de ejecución sería el siguiente:

² El término histéresis se emplea genéricamente para describir ciertos comportamientos de muy variada índole respondiendo a un retraso entre una causa externa y un efecto en sus propiedades.

- 1) Se mide el nivel de potencia de los APs.
- 2) Se crea una ventana de longitud media la cual contiene los valores de señal de potencia obtenidos entregando un valor promedio de potencia por cada punto de acceso.
- 3) La condición evalúa si el nivel de potencia promedio recibida por el punto de acceso actual es inferior al valor umbral fijado en la herramienta de gestión inalámbrica.
- 4) Si se cumple la condición anterior se ejecuta el temporizador predeterminado.
- 5) El bucle de temporización mantiene el conteo si la condición del punto 3 se cumple.
- 6) Si finaliza la temporización normalmente se ejecuta el proceso de *roaming* pero para la optimización se aplica el control de aplicación para normalizar el envío de información para inmediatamente proseguir con el proceso de *roaming*.

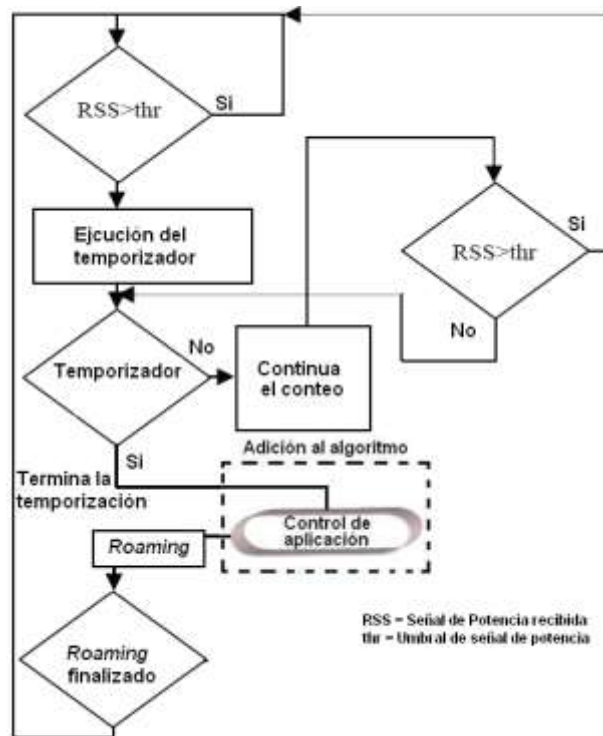


Figura I7 Algoritmo de *roaming* tradicional con temporización.

La Figura I8 presenta el algoritmo de decisión de *roaming* con reconocimiento de patrones el cual maneja muestras de señal de 4 puntos de acceso, el procedimiento de ejecución sería el siguiente:

- 1) Se mide el nivel de potencia de los 4 APs.
- 2) La información se almacena creando una plantilla de patrones de movilidad aprendiendo de los datos adquiridos, se clasifican los patrones y se inician los modelos de decisión.
- 3) El módulo de decisión de *roaming* contiene la información de los umbrales y los patrones clasificados; si los datos adquiridos de los puntos de acceso se

reconocen en la base de datos clasificada se ejecuta el punto 4, en caso contrario sigue la comparación.

- 4) Se ejecuta el control de aplicación para normalizar el envío de información para inmediatamente proseguir con el proceso de *roaming*.

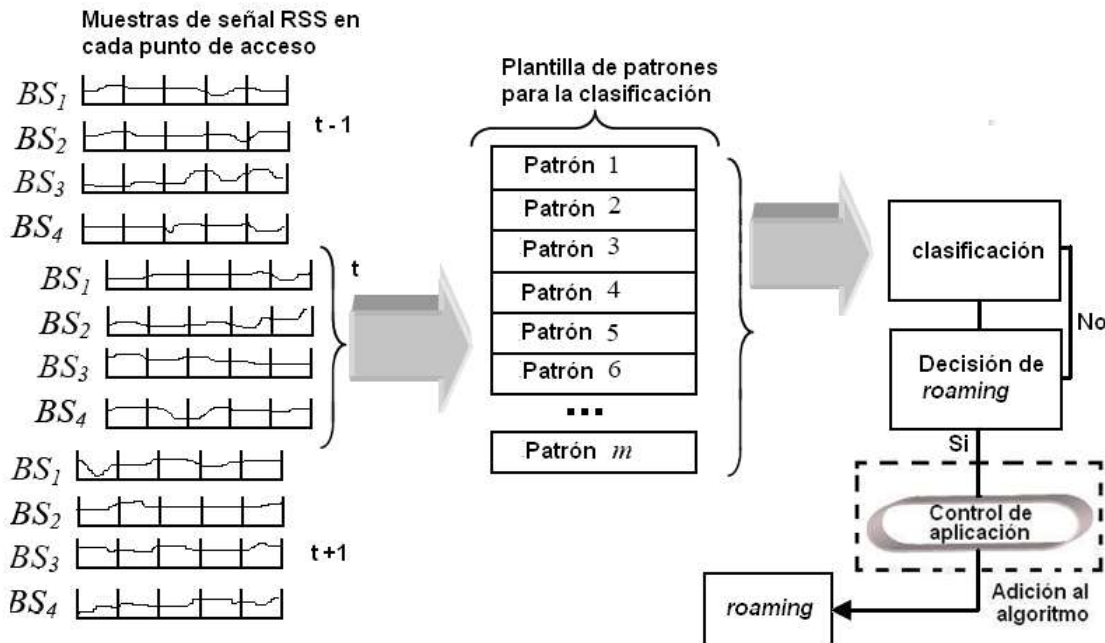


Figura I8 Algoritmo de *roaming* con reconocimiento de muestras.

La Figura I9 presenta el algoritmo de decisión de *roaming* con reconocimiento de patrones el cual maneja redes neuronales, el procedimiento de ejecución sería el siguiente:

- 1) Se mide la potencia de los APs normalmente; es posible la integración de variables como velocidad, localización, tipo de servicio dependiendo de la tecnología utilizada, en éste caso 802.11b/g.
- 2) Se elige la estructura de la red neuronal y el método de aprendizaje.
- 3) Se eligen los parámetros de aprendizaje o reglas relacionadas con diferentes valores de evaluación.
- 4) Se inicia el aprendizaje de la red neuronal, ingresando, clasificando y comparando los datos adquiridos.
- 5) Se realiza una prueba de la red neuronal y se ejecuta.
- 6) Si no se cumple satisfactoriamente los procesos anteriores, se reconfigura automáticamente la estructura de la red neuronal, el método y parámetros de aprendizaje, en caso contrario, se almacenan los parámetros y datos aprendiendo de forma autónoma de la información captada del entorno.
- 7) Se ejecuta el control de aplicación para normalizar el envío de información para inmediatamente proseguir con el proceso de *roaming*.

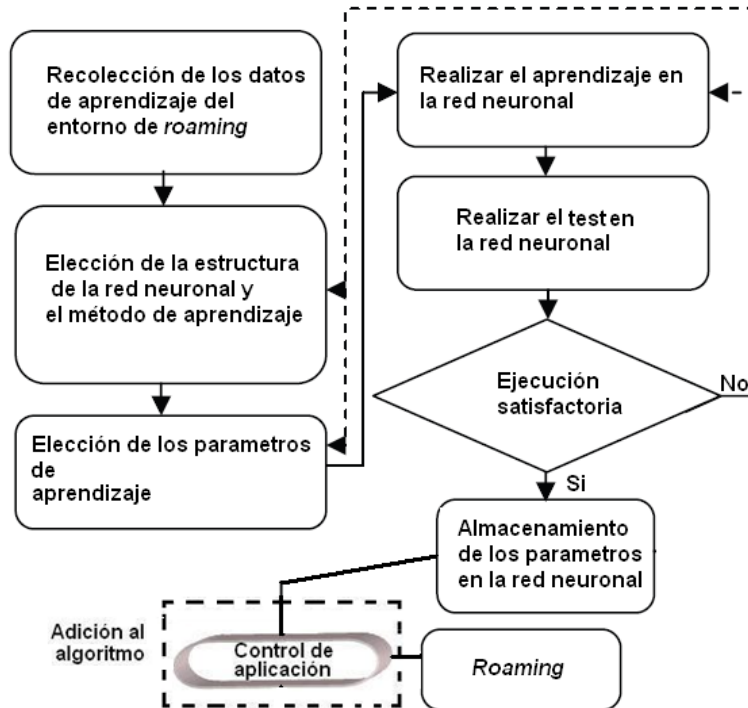


Figura I9 Algoritmo de *roaming* con redes neuronales.

La Figura I10 presenta el algoritmo de decisión de *roaming* con reconocimiento de patrones el cual maneja un sistema lógica difusa llamado Sistemas de Deducción Difusa Basado en Redes Adaptativas (ANFIS, Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference Systems), el procedimiento de ejecución sería el siguiente:

- 1) Se mide el nivel de potencia de los APs, normalmente es posible la integración de variables como velocidad, localización, tipo de servicio dependiendo de la tecnología utilizada, en éste caso 802.11b/g.
- 2) Se crean las reglas de ejecución dependiendo de las variables a evaluar.
- 3) Se valida la salida por medio de un sistema de retroalimentación en el que se maneja una base de datos y el módulo de decisión y ejecución.
- 4) El módulo de validación de la información transmite la información al módulo de decisión de *roaming*, los datos son comparados con valores umbrales ya establecidos.
- 5) Si la condición se cumple, se ejecuta el módulo de control de aplicación para normalizar el envío de información para inmediatamente proseguir con el proceso de *roaming*.

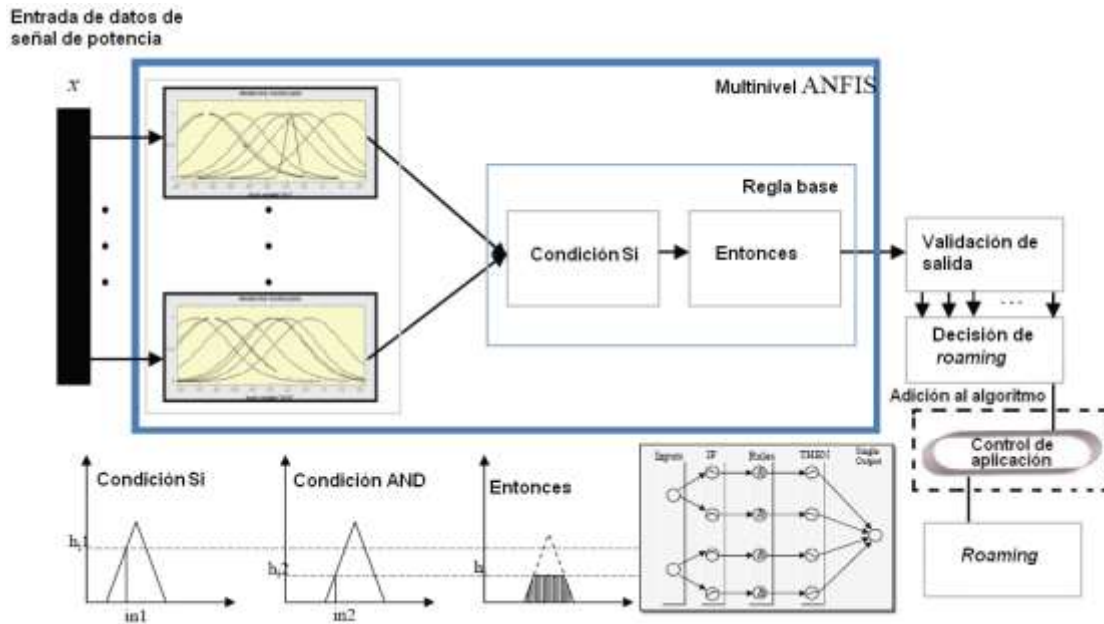


Figura I10 Algoritmo de *roaming* con sistema lógico difuso.

I2. Optimización en la aplicación de *streaming*.

La propuesta sugiere 3 actualizaciones para aplicaciones de video y audio consistentes en la combinación de protocolos de transporte, cambios en las tasas de bits de transmisión y la integración de flujos simultáneos; la Figura I11 presenta el funcionamiento de la propuesta de combinación.

- 1) Se establece la conexión entre el punto de acceso y el cliente móvil.
- 2) El algoritmo de *roaming* contenido en la tarjeta de red inalámbrica resuelve los datos adquiridos y antes de toma la decisión de cambio de punto de acceso se envía una alarma de desconexión al módulo de control.
- 3) El módulo de control recibe el mensaje de alarma y reclama el archivo de las aplicaciones cliente ejecutadas. El archivo contiene los datos de las aplicaciones que hacen uso de la red inalámbrica clasificada por prioridad y sensibilidad a pérdidas.
- 4) El módulo de control envía la información a la aplicación cliente.
- 5) La aplicación cliente envía el mensaje de desconexión al servidor de aplicación.
- 6) El servidor de aplicación reconoce el mensaje y transmite simultáneamente la información en una tasa de bits más baja.
- 7) Si el transporte de paquetes es orientado a conexión, se envían los paquetes simultáneamente por medio del protocolo UDP a los dos puntos de acceso involucrados en el proceso de *roaming*.
- 8) La aplicación cliente recibe los paquetes orientados a conexión hasta que el *script* tome la decisión de desconexión.

Después del proceso de *roaming*, el servidor enviará los paquetes por medio del protocolo UDP con menos tasa de bits, siendo más los paquetes y de rápida reproducción mientras la aplicación termina la reconexión orientada a conexión; en caso de no completarse el proceso de *roaming* rápidamente se recibirán los paquetes mientras se reconecta nuevamente.



Figura I11 Funcionamiento de la actualización en la aplicación.

La propuesta de flujos simultaneo como se presenta en la Figura I12; El servidor de aplicación puede transmitir en diferentes protocolos de trasporte y tasas de bits de transmisión, a medida que el ancho de banda disminuye se puede ir cambiando rápidamente tasas de bits más bajas para mantener la continuidad en la comunicación; La integración de flujos seria en aplicaciones como videoconferencia en el que un servidor une todas las transmisiones de otros clientes y las une en un solo flujo.



Figura I12 Integración de flujos.

I3. Optimización de *streaming* actualizando el *Hardware* de los puntos de acceso.

La propuesta consiste en la creación de *buffers* temporales especiales para el almacenamiento de los paquetes, de esta forma los puntos de acceso acumularan los paquetes mientras se termina el proceso de *roaming*, el *buffer* será compartido con el cliente móvil mientras se restablece la reconexión; las 3 propuestas anteriores pueden complementarse y generar mejores resultados dependiendo de la aplicación cliente implementada.

I4. Optimización de *streaming* actualizando el *Software* de los puntos de acceso.

La propuesta consiste en una opción nueva de *roaming*; cuando se implementa una topología ESS es de suponer que los clientes se moverán a través de las coberturas, por ésta razón se crea un concepto de transición diferente.

La Figura I13 presenta la propuesta con el siguiente funcionamiento:

- 1) El cliente móvil se conecta al BSS1 e inmediatamente el punto de acceso busca en la base de datos si es primera vez que el cliente móvil solicita los recursos, lo autentica y el punto de acceso le envía un mensaje con un código encriptado.
- 2) El punto de acceso lo autentica y envía un mensaje de autenticación satisfactoria totalmente encriptado enviado por la red cableada a todos los puntos de accesos, este mensaje contiene la información del cliente móvil.
- 3) El proceso de *roaming* se realiza entre el BSS1 y el BSS2 de forma transparente sin tener en cuenta la autenticación, el cliente móvil transmite su información y el código encriptado al BSS2, el punto de acceso recibe los datos y selecciona una ventana de tiempo dependiendo del ancho de banda utilizado por el cliente y se la envía al cliente. La ventana de tiempo contiene 2 temporizadores: el primero temporizador aleatorio determina el instante de acción del segundo temporizador, éste es variable dependiendo del método de autenticación; si la autenticación no es satisfactoria o el segundo temporizador termina su conteo, el punto de acceso BSS2 retira los recursos y la información contenida en las bases de datos de todos los puntos de acceso.

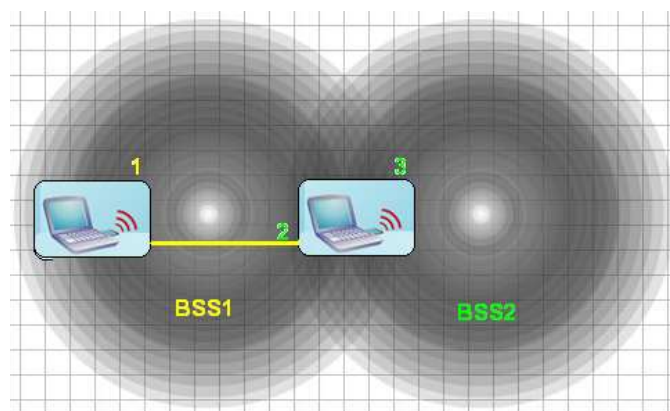


Figura I13 Actualización de Software de los puntos de acceso.

Este proceso de *roaming* es seguro, rápido para aplicación en tiempo real y se enfocada a redes con topología ESS en 802.11b/g.

14. Optimización de *streaming* integrando los estándares IEEE 802.11n/i/r.

El estándar IEEE 802.11n implementa antenas MIMO para aumentar el ancho de banda, el estándar IEEE 802.11r reduce el tiempo de *roaming* y el estándar IEEE 802.11i incorpora opciones de seguridad; la complementación es importante ya que un mayor ancho de banda reduce mucho más el tiempo de duración del *roaming* manteniendo simultáneamente una seguridad en la información.

Esta unión puede potenciarse si se determina uno de los canales de radio para el proceso de *roaming* de forma temporal mientras que los demás canales de radio reciben los paquetes.

En la Figura I14 se observa que el algoritmo de *roaming* ya ha establecido los canales utilizados para la información y la autenticación, de esta forma los paquetes de *streaming* o de otra aplicación serán reproducidos sin importar la desconexión causada por el cambio de punto de acceso, de todas formas es necesario que la aplicación cliente tenga un control de desconexión inmediatamente se ejecute el cambio de *Hardware*.

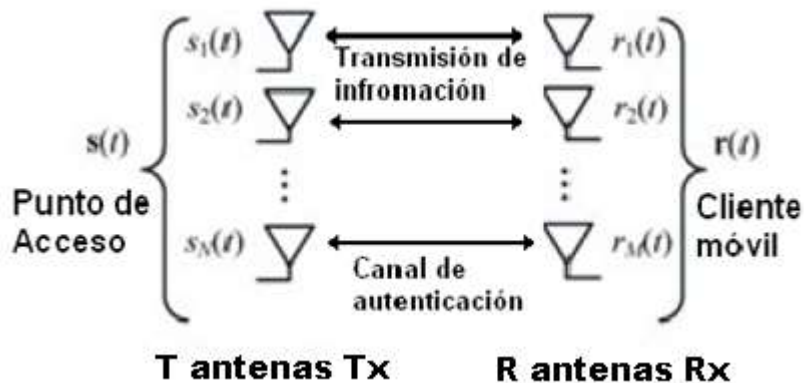


Figura I14 Propuesta de uso de los canales de radio