

Simulación de la señalización de un usuario móvil y un usuario fijo usando SS7

Betsy Escalante G. ⁽¹⁾ Reina López M. ⁽²⁾ Washington Medina M. ⁽³⁾
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación. ⁽¹⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
bescalan@espol.edu.ec ⁽¹⁾ reiazlop@espol.edu.ec ⁽²⁾
Profesor FIEC-ESPOL, wmedina@espol.edu.ec ⁽³⁾

Resumen

El presente proyecto consiste en realizar la simulación de la señalización entre un usuario de telefonía móvil y un usuario de telefonía fija usando el protocolo SS7, el cual ilustrará el proceso de una llamada. El software a utilizar, conocido como OMNET ++, es un simulador discreto de redes, usado habitualmente para modelar el tráfico de redes de telecomunicaciones, protocolos, sistemas multiprocesadores y distribuidos, que permite representar de manera real diferentes tipos de procesos de redes.

En el proceso de simulación se observarán teléfonos móviles que son escogidos aleatoriamente, los cuales se conectarán a la Estación Base más cercana (BTS), se comunicarán por medio del envío de un mensaje cuyo contenido será mostrado en detalle y se enviará hacia el Centro de Estaciones Bases (BSC), este llegará al Centro de Conmutación (MSC) y lo direccionará a la red SS7. Dentro de esta red existen Puntos de Señalización (SP), los cuales son: Puntos de Conmutación de Servicios (SSP), Puntos de Transferencia de Datos (STP), Puntos de Control de Servicios (SCP), que servirán como medio de comunicación dentro de SS7, con el envío y recepción de mensajes dentro de cada punto de señalización, los cuales permitirán la comunicación con el abonado llamado y llamante.

Palabras claves: SS7, OMNET++, señalización, comunicación

Abstract

This project consists in simulating the signaling between a mobile user and a landline user using SS7 protocol, which illustrate the calling process. The software known as OMNET ++, is a discrete network simulator, generally used to model the telecommunications traffic networks, protocols, multiprocessors and distributed systems, that represent different types of network process.

In the simulation process, mobile phones that are randomly picked, will be connected to the nearest Base Station (BTS) and communicate with a message which information will be shown in detail and send to the Central Base Station (BSC), it will arrive to the Mobile Switching Centre (MSC) and route to the SS7 network. In this network we are going to find Signaling Points (SP), which are: Service Switching Points (SSP), Signal Transfer Point (STP), Service Control Points (SCP), that enable communication in SS7 network, sending and receiving messages between signaling point, that are going to allow communication between calling and called subscriber.

Keywords: SS7, OMNET++, signaling, communication

1. Introducción

A medida que la tecnología de comunicación celular evoluciona, los usuarios demandan mayores aplicaciones móviles y mejores servicios, por lo que existirá mayor tráfico de señalización, por eso es necesario que se implemente una mejora en la red, haciendo uso del Sistema de Señalización N°7 (SS7).

El objetivo principal es simular el proceso de una llamada, estableciendo la comunicación entre

usuarios. Utilizando el software de simulación OMNET++, el cual permitirá mostrar la ejecución de una llamada.

Se procederá a realizar distintos escenarios que ayudarán a visualizar el desarrollo de la llamada, simulando una red de telefonía celular con todos sus elementos como: estaciones móviles, estaciones bases, red PSTN, centro de conmutación. Se ejecutará la comunicación de un usuario móvil a un usuario fijo y viceversa dependiendo el caso en que nos encontremos.

2. Principios de la señalización

Proceso que realizan los diferentes elementos de una red, ejecutando las acciones necesarias en el establecimiento y control de la misma, facilitando la transmisión de la información necesaria para establecer la comunicación.

2.1 Tipos de Señalización

Podemos enumerar dos diferentes tipos de señalización [13]:

- Señalización de abonado
- Señalización entre centrales

Señalización de abonado

Es el conjunto de señales que el abonado envía y recibe de la central telefónica local.

Señalización entre centrales

Es el conjunto de señales que intercambian las centrales telefónicas. Existen dos formas de enviar señalización [1]:

- Canal Asociado
- Canal Común

Señalización por Canal Asociado

Es el encargado de enrutar el canal voz y de señalización en una misma banda. Este esquema funciona de una manera eficiente, mientras los enlaces que se deseen conectar estén disponibles.

Señalización por Canal Común

Emplea un canal exclusivamente dedicado a la señalización y otro para al transporte de la voz. El canal dedicado a la voz es utilizado solo si la conexión ya ha sido previamente establecida, lo que logra una mayor eficiencia y un establecimiento más rápido de la llamada.

3. Infraestructura de la Telefonía Celular

3.1 Estación Móvil (MS)

Se refiere al teléfono celular del usuario. Es el elemento por el cual el suscriptor puede comunicarse a través de la red móvil, está compuesta por un transceptor, antena y una unidad de control.

3.2 Subsistema de Estación Base (BSS)

Consiste en una red de células continuas para cubrir un área determinada. Es el responsable de las funciones concernientes a la interfaz de radio como: la comunicación entre las unidades móviles, el handover, administración de los recursos de radio y configuración de la celda.

El subsistema de estación base se divide en dos partes [7]:

- BTS (Base Transceiver Station)
- BSC (Base Station Controller)

Transceptor de Estación Base (BTS)

Es el encargado del proceso de transmisión, recepción y procesado de la señal que se recibe. Entre sus principales funciones está el de establecer enlaces de radio con el usuario móvil, gestión de sincronización, control de potencia operación y mantenimiento, procesamiento de la señal y supervisión.

Controlador de Estación Base (BSC)

Asegura la eficiencia en la utilización de los recursos de radio, además de la gestión y control de la BTS, fija los canales de radiodifusión y gestiona los procesos de transferencia (Handover) entre BTS y es el responsable de la asignación y liberación de radiocanales.

3.3 Centro de Conmutación Móvil (MSC)

Es el responsable del control de las llamadas para establecer y mantener la comunicación; desempeña diferentes funciones como conmutación, enrutamiento y terminación de cualquier llamada.

Se encarga de la generación de información necesaria para la medición y registro de tráfico, así como la gestión de movilidad en conjunto con VLR y HLR.

Registro de Ubicación Local (HLR)

Se la denomina como la base de datos centralizada de una red y es el encargado de almacenar y administrar en dicha base de datos la identidad, servicios complementarios, tipo de suscripción y ubicación del usuario o cliente, posibles áreas visitadas, control de estadísticas y movilidad dentro de la zona del conmutador (MSC)

Registro de Ubicación de Visitantes (VLR)

Es una base de datos dinámica asociada con el MSC donde se almacena la información de los usuarios que se encuentran en la zona.

Contiene información de estado de todos los móviles que en cualquier instante se hayan registrado dentro de la zona de servicio del MSC, información que ha sido obtenida por medio del HLR.

Centro de Autenticación (AuC).

Está asociado al HLR y proporciona la información necesaria para la autenticación y validación de los usuarios por la red, posee una base de datos donde se guarda la clave secreta de identificación de cada usuario.

Registro de Identidad de Equipo (EIR)

Es una base de datos que contiene las identidades de los equipos móviles de los usuarios, es decir cuando un teléfono móvil desea realizar una llamada, el MSC consulta al EIR la validez del IMEI/ESN (Mobile Equipment Identity) que se encarga de identificar a los equipos por sus códigos de fabricación y homologación, es decir se usa para el rastreo de los equipos móviles.

4. Sistema de Señalización N°7 (SS7)

Define diversos procedimientos y protocolos, por medio del cual elementos de la Red de Telefonía Pública Conmutada o sus siglas en inglés (PSTN) intercambian la información necesaria a través de un enlace de señalización digital, permitiendo la comunicación inalámbricas como la celular, alámbricas como la telefonía fija, enrutamiento y control; es así que la Red de Señalización N°7 es el elemento clave para la introducción y desarrollo de todos los servicios que nos puede ofrecer la red de telecomunicaciones.

4.1 Puntos de Señalización

Los puntos de señalización se clasifican en [5]:

- Puntos de Conmutación de Servicio (SSP)
- Puntos de Transferencia de datos (STP)
- Punto de Control de Servicios (SCP)

Puntos de Conmutación de Servicio (SSP Service Switching Points)

Son Centros de Conmutación o Centrales equipados con el software necesario SS7, para encargarse de la señalización de troncal así como señalización de servicios o servicios de transacciones con las bases de datos dentro y fuera de la red.

Puntos de Transferencia de datos (STP Signal Control Point)

Son las centrales en las redes SS7. Reciben y enrutan los mensajes de señalización en forma de paquetes, que contienen las peticiones acerca del establecimiento, liberación de la conexión o de la base de datos a su correspondiente destino. Los puntos de transferencia pueden ser considerados como los routers en una red de señalización.

Punto de Control de Servicios (SCP)

Son las interfaces existentes entre las bases de datos de telecomunicaciones y la red SS7. Los SCP son generalmente consultados para responder a solicitudes de uno o varios servicios requeridos por las compañías telefónicas.

4.2 Enlaces de Señalización

Enlace A

También llamados enlaces de acceso; son los encargados de conectar puntos de señalización final, es decir, un SCP o SSP a un STP. Permite a los SP's acceder a la red SS7. Los mensajes originados en el punto de señalización son transmitidos en este tipo de enlace.

Enlace B

También llamados enlaces/puentes. Son los encargados de conectar un STP con otro STP del mismo nivel jerárquico.

Enlace C

Llamados también enlaces cruzados. Es el encargado de conectar a dos STP's que realizan funciones idénticas. Se usa solo cuando no existe ninguna ruta disponible para comunicar a los STP por fallas en los SP.

Enlace D

También llamados enlaces diagonales. Son los encargados de conectar a un par de STP secundarios a un par de STP primario. El enlace D solo aparece en estructuras que tienen diversos niveles jerárquicos.

Enlace E

También llamados extendidos. Es el encargado de conectar un SSP a un STP alterno, el cual no puede ser alcanzado por un enlace del tipo A.

Enlace F

También llamado asociado. Es el encargado de conectar directamente a dos puntos de señalización finales, es decir a un SSP y SCP sin la necesidad de pasar por A

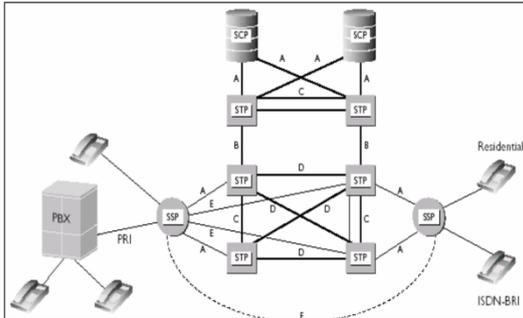


Figura 1. Arquitectura SS7 [1]

4.3 Descripción Pila SS7

MTP Nivel 1 Enlace de Datos

Se asemeja a la capa Física del modelo OSI es por esa razón que posee las características eléctricas, funcionales y físicas del enlace de señalización digital.

MTP Nivel 2 Funciones de Enlace de Señalización

Es el responsable por la transferencia confiable de mensajes de señalización entre dos puntos cualquiera, en resumen, MTP2 se encarga de la transferencia del tráfico de las capas superiores como lo son MTP3, SCCP, TCAP, ISUP y demás, de manera segura y confiable a través del enlace.

MTP Nivel 3 Funciones de Red de Señalización

Semejante a la Capa de Red del Modelo OSI encargada del enrutamiento del mensaje entre los puntos de señalización y la administración de la red SS7, además del control de tráfico cuando ocurre alguna congestión.

Este protocolo es el encargado de asegurar que los mensajes sean correctamente enrutados, es decir dirigir el mensaje a los puertos correctos de origen y de destino.

SCCP

Se sitúa sobre la capa MTP-3 y utiliza los servicios de esta capa, su función consiste en recibir mensajes de la MTP-3 y determinar que protocolo de nivel superior deberá recibir el tráfico.

La SCCP provee funciones de encaminamiento adicionales a la MTP para poder llevar a cabo servicios de red orientados y no orientados a la conexión con los nodos SS7..

TCAP

Provee un servicio orientado a las transacciones y no orientado a la conexión, es decir un conjunto de protocolos y funciones utilizados por aplicaciones distribuidas en la red, con el objetivo de comunicarse con otra, lo que facilita la transferencia de mensajes en tiempo real entre MSC, VLR, HLR.

TUP

Usado para soportar llamadas básicas en algunas partes del mundo, maneja circuitos análogos, soporta los servicios de establecimiento básico y cierre de llamadas en la red PSTN. En algunos países ISUP ha reemplazado a TUP para manejo de llamadas.

ISUP

Define los mensajes y el protocolo utilizado en el establecimiento y ejecución de llamadas de voz y datos a través de la red pública conmutada (PSTN)

Es usado para llamadas ISDN y no-ISDN, además contiene usuarios de telefonía TUP, usuarios de datos DUP, usuarios de red ISDN ISUP. En las redes inalámbricas es usada para poder establecer la conexión con la red PSTN.

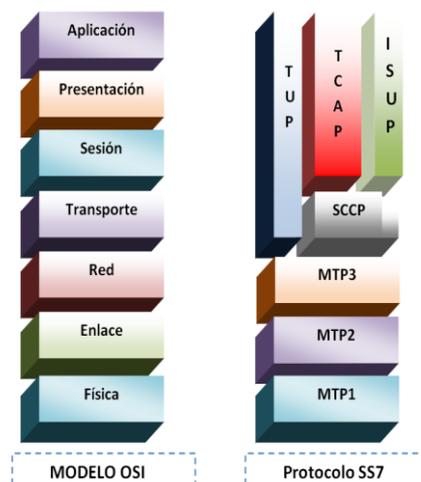


Figura 2. Modelo OSI vs Protocolo SS7 [9]

4.4 Unidades de Señal SS7

Las unidades de señalización representadas por SU, son las encargadas de transportar el mensaje, además contienen información de señalización, control de transferencia para de esa manera asegurar un funcionamiento adecuado en el enlace de señalización.

Estructura LSSU (Unidad de Señal de Estado de Enlace)

Carga uno o dos octetos sobre la información del Estado del Enlace de Señalización, es utilizado para el control de alineación, para indicar el estado de un punto de señalización.

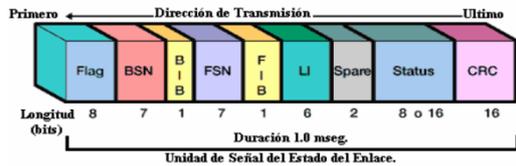


Figura 4. Formato de LSSU [9]

Estructura FISU (Unidad de Señal de Relleno)

Se encarga de la transmisión continua sobre el enlace de señalización en ambas direcciones a menos que otras señales MSU o LSSU se encuentren presentes.

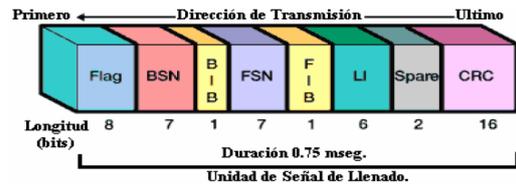


Figura 5. Formato de FISU [9]

Estructura MSU (Unidad de Señal de Mensaje)

Se encarga del control de llamadas, consulta y respuesta de bases de datos, gestión de red, mantenimiento en el campo de información de señalización. Posee una etiqueta de encaminamiento que permite un punto de señalización de origen para enviar información a través de la red

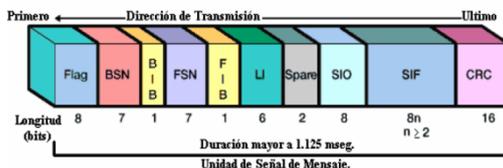


Figura 6. Formato de MSU [9]

Formato del mensaje SU

Flag. Indica el inicio y final del mensaje. [15].

BSN. Indica la última unidad señalización recibida [15].

BIB. Corrección de errores de unidades de señalización defectuosas, trabaja en conjunto con BSN [15].

FSN. Sirve para llevar una correcta secuencia de las unidades que van llegando, además de que sirve como protección de errores de transmisión [15].

FIB. Es empleado para corrección de errores y para indicar si una unidad de señalización es transmitida por primera vez [15].

LI. Indica el número de octetos de bits que siguen a LI hasta el campo CK. Consiste en el valor binario entre 0 y 63 (Este valor indica 63 octetos o más) [15].

SIF. Establece la primera pieza de la información necesaria para el enrutamiento y la decodificación del mensaje. [15]

CRC. Sirve para corrección de errores, si es detectado un error se retransmite. Está compuesto por 4 campos FSD, BSN, FIB, BIB [14].

4.5 Mensajes de Señalización

Entre los principales Mensajes de señalización tenemos:

IAM.- Mensaje de Dirección Inicial, es enviado para informar que la llamada ha de ser establecida Contiene el número del llamado y número del llamante [15].

SAM.- Mensaje de dirección Subsiguiente. Puede ser enviado después de IAM, traslada información no transportada por el mensaje inicial [15].

ACM.- Mensaje de Dirección Completa. Indica que toda la información de dirección necesaria ha sido enrutada correctamente hacia el suscriptor de B [15].

ANM.- Mensaje de Respuesta. Indica que la llamada ha sido contestada e inicia la tasación del suscriptor A. Es enviado en dirección hacia atrás [15].

REL.- Mensaje de Liberación. Indica que el circuito ha sido liberado y está listo para ser colocado en el estado de libre cuando reciba el mensaje de liberación completa [15].

RLC.- Mensaje de Liberación Completa. Es enviado como respuesta al mensaje REL e indica que el circuito de la referencia ha sido colocado en el estado libre; además también puede ser transmitido como respuesta al mensaje RSC. Este mensaje puede ser enviado en ambas direcciones [15].

5. Simulación y Análisis de resultados

El esquema general de la simulación usado en el presente proyecto es el que podemos observar en la figura 7, en el mismo se pueden observar cada uno de los elementos que componen la Red de Telefonía.

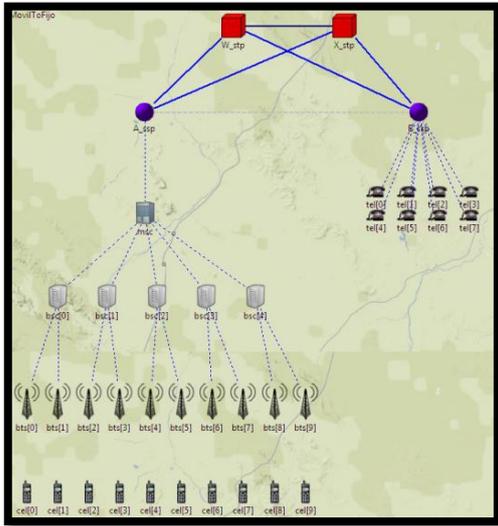


Figura 7. Red de telefonía

5.1 Proceso de llamada de un teléfono móvil a un teléfono fijo

La simulación inicia con una solicitud de llamada generada aleatoriamente en cualquier dispositivo móvil encargado de iniciar la conversación, enviando un mensaje que se ha denominado Link_Torre.



Figura 8. Comunicación desde teléfono móvil a BTS

Este mensaje contendrá toda la información necesaria respecto al teléfono móvil la misma que se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Contenido mensaje Link_Torre

Suscriptor destino	Teléfono	Id teléfono fijo
ESN = Número de serie electrónico	Celular	Id celular

Al llegar el mensaje Link_Torre a la correspondiente BTS, se le añade un Id, conocido como SMC, que es el encargado de identificar al BTS de donde partirá el mensaje el cual será enviado a la BSC.

La BSC recibe el mensaje Link_BSC, la cual procede a agregar el Id correspondiente a la BSC conocido como SMC y lo envía en dirección hacia la MSC tomando el nombre de Link_MSC.



Figura 9. Comunicación desde teléfono BSC A MSC

La MSC recibe el mensaje Link_MSC, procede a agregar el Id correspondiente a la MSC y lo envía en dirección hacia la A_SSP, tomando el nombre de Link_SSP. Este proceso se lo puede observar en la Figura 9 así como el contenido del mensaje se lo visualiza en la Tabla 2

Tabla 2. Contenido mensaje Link_SSP

Suscriptor destino	Teléfono	Id teléfono fijo
ESN = Número de serie electrónico	Celular	Id celular
SCM = Marca de Clase BTS	SMC_BTS	Id BTS
SCM = Marca de Clase BSC	SMC_BSC	Id BSC
Id MSC	Id_MSC	Id MSC



Figura 10. Comunicación desde MSC a A_SSP

A_SSP recibe el mensaje proveniente del MSC, el mismo que se encarga de validar la solicitud de inicio de llamada, verifica que el MIN y el ESN sean válidos, verifica el número de teléfono que debe recibir la llamada y se encarga de enrutarlo el mismo hacia el W_STP correspondiente.

El mensaje proveniente del W_stp, es direccionado hacia B_ssp, el criterio que se usa para direccionar este mensaje es verificar el número de teléfono destino y enrutarlo hacia el SSP correspondiente. El contenido del mensaje IAM se lo puede verificar en la Tabla 3.

Tabla 3. Contenido mensaje IAM

Subscriber destino	Teléfono	Id teléfono fijo
ESN = Número de serie electrónico	Celular	Id celular
Canal	Canal 0 seleccionado	

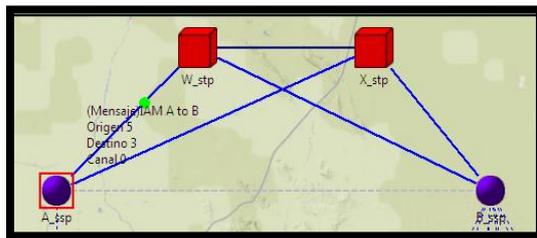


Figura 11. Mensaje IAM

B_ssp, recibe el mensaje proveniente de W_stp, verifica si el teléfono fijo solicitado se encuentra disponible y procede a enviar el mensaje ACM desde B_ssp hacia A_ssp, este mensaje indicará si el teléfono solicitado se encuentra disponible, conjuntamente se enviará una notificación que informará que el teléfono móvil se encuentra sonando y que el teléfono fijo

y enviará una notificación para que el teléfono fijo conteste la llamada

El mensaje ACM se encarga de conectar el canal de voz en ambas direcciones.

Tabla 4. Contenido del mensaje ACM

Subscriber destino disponible	Id teléfono fijo
Canal	Canal 0 seleccionado

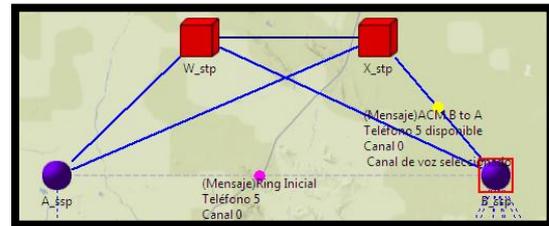


Figura 12. Mensaje ACM

Si el mensaje ACM arriba hacia B_ssp y verifica que el teléfono fijo no se encuentra disponible, enviará un mensaje indicando que al teléfono móvil está siendo utilizado.

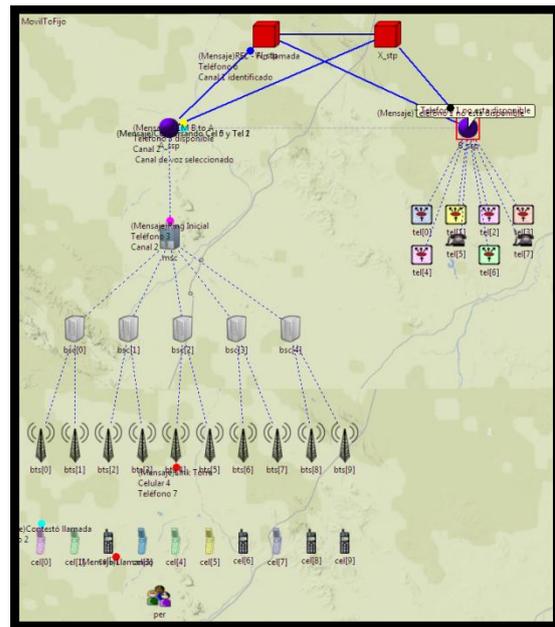


Figura 13. Teléfono no está disponible

Cuando el suscriptor destino contesta el teléfono, se procede a enviar el mensaje ANM desde B_ssp hasta X_stp, en este momento el canal voz debe estar conectado en ambas direcciones. A continuación el X_stp reconoce el ANM y lo direcciona hacia el A_ssp el mismo que se asegura que el suscriptor destino y origen estén enlazados para iniciar la conversación.

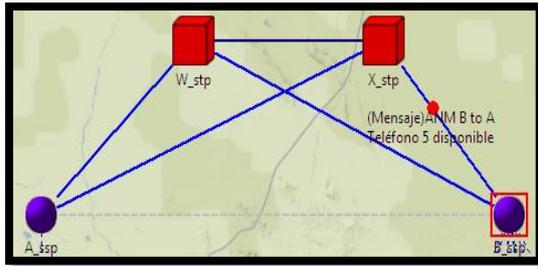


Figura 14. Mensaje ANM

Cuando uno de los dos suscriptores procede al cierre de la conversación se procede a enviar el mensaje REL. Este mensaje se encarga de identificar el canal de voz asociado con esta conversación

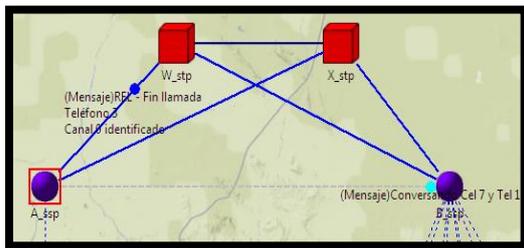


Figura 15. Mensaje REL

Una vez recibido el mensaje REL se envía el mensaje RLC el cual es el encargado de liberar el canal de voz y finalizar la llamada

Tabla 5. Contenido del mensaje REL y RLC

Suscriptor destino disponible	Id teléfono fijo
Canal	Canal 0 identificado

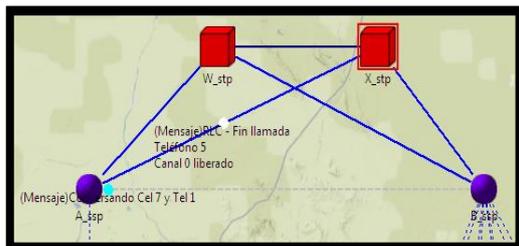


Figura 16. Mensaje RLC

5.2 Proceso de llamada de un teléfono fijo a un teléfono móvil

El proceso de llamada inicia con una solicitud generada aleatoriamente por el teléfono fijo, el dispositivo encargado de iniciar la conversación envía un mensaje que se ha denominado Link_SSP1, que es enrutado hacia el B_SSP, este mensaje contendrá la información del suscriptor origen y del suscriptor destino la misma que se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6. Contenido mensaje Link_SSP1

Suscriptor Origen	Teléfono	Id teléfono fijo
Suscriptor Destino	Celular	Id celular

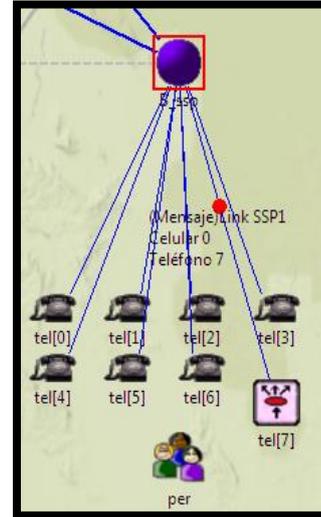


Figura 17. Mensaje Link_SSP1

Se procederá a enviar el mensaje IAM desde el B_SSP el cual llegará hasta X_stp y se enrutará hacia A_SSP, el mismo que contendrá el Id teléfono fijo, Id celular, canal seleccionado.

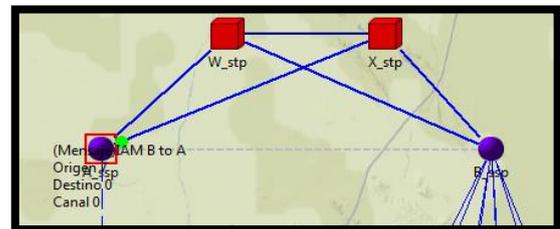


Figura 18. Mensaje IAM

El A_ssp recibe el mensaje IAM y procede a enviar un mensaje de consulta hacia la MSC, para verificar si posee la información del suscriptor destino.



Figura 19. Comunicación desde A_ssp hacia MSC

La MSC recibe el mensaje consulta de A_ssp, procede a verificar los datos enviados y comprueba en que BSC se encuentra el teléfono móvil, y direcciona el mensaje hacia la BSC que corresponda.

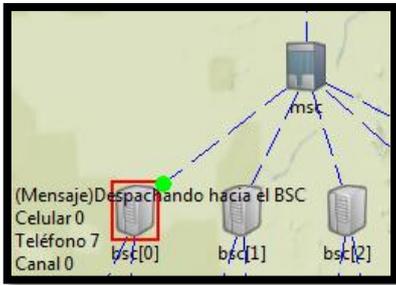


Figura 20. Comunicación desde MSC a BSC

La BSC envía un mensaje de consulta denominado PAGING hacia las BTS conectadas en ese BSC.

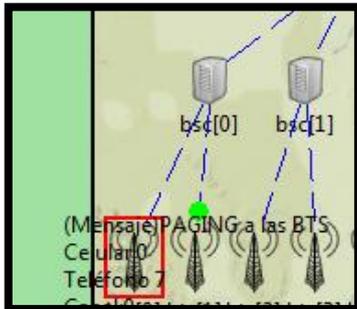


Figura 21. Comunicación desde BSC a BTS

El mensaje PAGING es enviado desde la BSC y procesado por la BTS a la que pertenece, la cual envía la solicitud de llamada al teléfono móvil con el cual se desea establecer comunicación. Al recibir el teléfono móvil la solicitud de llamada, este envía un mensaje de respuesta indicando que se encuentra disponible hacia la BTS, BSC MSC hasta llegar a A_ssp.

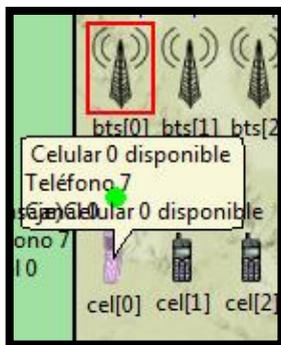


Figura 22. Teléfono disponible

A_ssp, envía el mensaje ACM indicando que el celular llamado se encuentra disponible, este mensaje

es enrutado hasta B_ssp, a su vez enviará una notificación al teléfono móvil para que conteste la llamada.

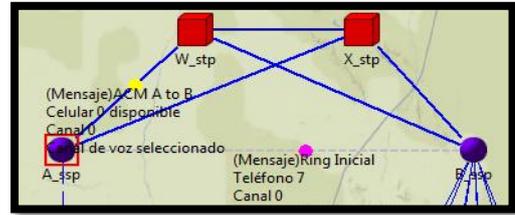


Figura 23. Mensaje ACM

Una vez el dispositivo móvil conteste la llamada se enviará el mensaje ANM hacia B_ssp para iniciar la conversación.

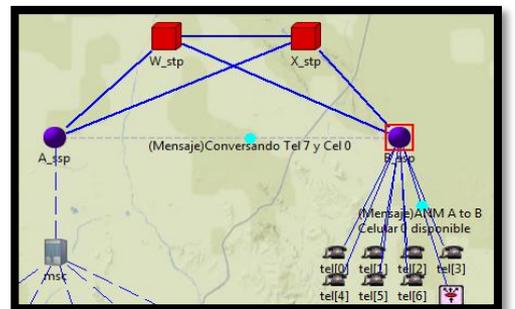


Figura 24. Mensaje ANM

Cuando uno de los dos suscriptores procede al cierre de la llamada, se envía el mensaje REL, el cual se encarga de identificar el canal de voz asociado con esta conversación.

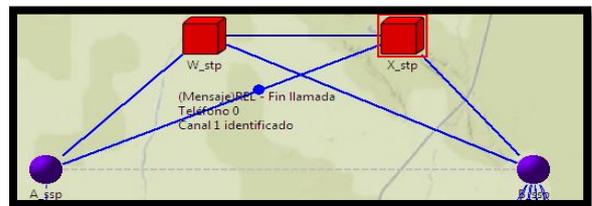


Figura 25. Mensaje REL

Una vez este mensaje arriba al B_ssp se envía el mensaje RLC que es el encargado de liberar el canal de voz y finalizar la llamada

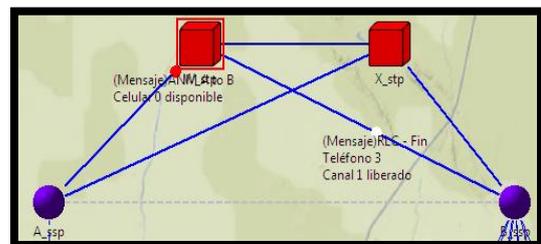


Figura 26. Mensaje RLC

6. Conclusiones

1. El simulador utilizado OMNET++ permitió mostrar el proceso que se realiza durante la ejecución de una llamada, ya sea esta iniciada desde un usuario de telefonía fija o un usuario de telefonía móvil, por lo cual simulamos una red de telefonía, visualizando escenarios como: comunicación exitosa, teléfono ocupado, observando el contenido de los mensajes que llevan la información necesaria para el establecimiento de las comunicaciones entre usuarios fijos y móviles.
2. Se mostró que el Sistema de Señalización N°7 efectivamente manipula canales independientes, el canal de señalización utilizado para establecer conexión entre usuarios, el canal de voz que será únicamente destinado para cuando se haya verificado la disponibilidad y existencia del dispositivo terminal.
3. SS7 posee características de confiabilidad debido a que posee un fuerte mecanismo para la eliminación de problemas, economía ya que requiere menos hardware que sistemas anteriores, flexibilidad ya que puede soportar distintos servicios en una misma red de telecomunicaciones.
4. OMNET++ como software de diseño de redes de telecomunicaciones permitió la reutilización de códigos es decir el uso de librerías para el desarrollo de la programación del proyecto permitiéndonos la simulación de los escenarios mostrados.

7. Referencias

- [1] Achig R. Malena. Estudio de la optimización del plan de señalización 7 en la central de tránsito del Guayas. Trabajo de Grado. Escuela Politécnica del Ejército, 2006
- [2] Alulema Q., Martha. Estudio de la comunicación con comandos AT y microcontroladores caso práctico de un prototipo sistema de gestión de alarma para vivienda con monitoreo mediante telefonía celular. Trabajo de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2011
- [3] Barba M., Antonio. Contribución a la evaluación de parámetros de diseño en la función de handover para un sistema de comunicaciones móviles avanzado. Propuesta de gestión de claves. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona, 1996
- [4] Barba, M. Antonio. Diseño y evaluación del traspaso en redes de comunicaciones móviles avanzadas. Tesis Doctoral, Escuela Superior

- de Ingeniería de Telecomunicaciones, Barcelona, España, 1996.
- [5] Bautista, M., Rosales, D. Protocolo de Señalización 7. Trabajo de Grado, Universidad Francisco Marroquín, Guatemala, 2002
- [6] Castro L. Ricardo y Fusario Rubén. Teleinformática: Para Ingenieros en Sistemas de Información volumen 2, Reverté 2nd Ed, 1999.
- [7] Corrales M. Carlos. Diseño de redes utilizando la tecnología de las femtoceldas en la telefonía móvil. Trabajo de Grado, Escuela Politécnica Nacional, 2011
- [8] Franco R. Xavier. Diseño e implementación de un algoritmo para asignación de HSN que minimice el nivel de interferencia de las redes GSM. Trabajo de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007
- [9] Galeana, E., García, A., Gutiérrez, T. Telefonía Celular y protección de sus enlaces de comunicación. Trabajo de Grado, Instituto Politécnico Nacional, 2007.
- [10] Girón G. Giancarlo. Propuesta de migración de la red NGN de una operadora implementada en IP hacia MPLS. Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2009.
- [11] González M. Joel. Actualización y mejoras en el sistema global de comunicaciones móviles. Trabajo de Grado, Escuela Politécnica Nacional. Instituto Politécnico Nacional de México, 2010.
- [12] Gualpa C. Cesar, Ulloa D. Víctor. Estudio de la factibilidad de una red convergente utilizando la infraestructura actual de Andinatel S.A. para el área rural del cantón Santo Domingo de los Colorados de la provincia de Pichincha. Trabajo de Grado, Escuela Politécnica Nacional, 2006.
- [13] Huidobro M. José, José Manuel Huidobro. Redes y servicios de telecomunicaciones, Paraninfo 4ta Ed, 2006.
- [14] Narváez G. Edison. Planificación de la telefonía celular y diseño de aplicación para la ciudad de Tulcán. Trabajo de Grado, Escuela Politécnica Nacional, 1997.
- [15] Patiño, H.J. Gestión de la Red de Señalización SS7 de Telebucaranga. Trabajo de Grado, Universidad Industrial de Santander, 2004
- [16] Peralta V. Patricio. Estudio, diseño e implementación de un sistema de comunicación celular utilizando tecnología GSM. Trabajo de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2008.
- [17] Rodríguez, L. D. Sistemas Inalámbricos de Comunicación Personal, Marcombo, 1era Ed, 2002.
- [18] Ugalde V. Luis Alfonso (2001). Diseño y planificación de una microcelda en el centro comercial Mall del Sol. Trabajo de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2001.