

Analizador de Tramas de la capa ISUP del Sistema de Señalización n.º7 (SS7): SAT-ISUPSS7

Ana Morales Bezeira^a, Antonio Silva Sprock^b, Ricardo Gutiérrez^a

^a Centro de Investigación en Comunicación y Redes (CICORE), Laboratorio ICARO, Escuela de Computación, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Av. Paseo Los Ilustres, Caracas, Venezuela
ana.morales@ciens.ucv.ve, ricardo.ucv@gmail.com

^b Centro de Investigación en Sistemas de Información, Escuela de Computación, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Av. Paseo Los Ilustres, Caracas, Venezuela
antonio.silva@ciens.ucv.ve

Resumen. El artículo presenta el desarrollo de un sistema de análisis de tramas de la capa ISUP (parte usuario de la red digital de servicios integrados, RDSI), que se define en el sistema de señalización n.º7 (SS7), con el fin de detectar errores y comportamientos irregulares en las llamadas telefónicas establecidas, para con ello sugerir mejoras en la implementación del protocolo de señalización SS7 en las centrales telefónicas que participan en la red. Es un sistema WEB, llamado SAT-ISUPSS7, que permite analizar archivos de hasta 10.000 tramas por captura. Tales archivos son emitidos por la central telefónica en formato de texto plano y luego, un proceso analizador de secuencia de mensajes ISUP determina secuencias de trazas correctas e incorrectas, correspondientes a llamadas telefónicas gestionadas a través de los mensajes de control con SS7, para la determinación de las llamadas válidas y no válidas. El sistema analizador también permite la generación de reportes, ellos permiten soportar los adecuados procesos de facturación de parte de los analistas de CDR (*call detail reports*, reportes detallados de llamadas). Para el desarrollo se utilizó *Ruby on Rails* (RoR), el *framework* UIKIT, y una base de datos MySQL.

Palabras Clave: SS7, ISUP, analizador de tramas, CDR, trazas.

1 Introducción

En la implementación de servicios de telefonía, las redes se diseñan buscando centralizar la transmisión de los datos por troncales, que conectan los nodos pertenecientes a la red, y para esto un número importante de operadoras de servicios de telefonía implementan el Sistema de Señalización 7 (SS7) [1], [2], desarrollado y definido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T, por sus siglas en inglés) [3], como protocolo de control y señalización de las centrales telefónicas.

La función principal de SS7 es proporcionar control de llamadas, gestión remota de la red, y capacidades de mantenimiento para la red de telefonía entre diferentes centrales. SS7 realiza estas funciones mediante el intercambio de mensajes de control entre centrales telefónicas SS7 (puntos de señalización o SP), y los puntos de transferencia de señalización SS7 (STPS).

SS7 define la capa ISUP (parte de usuario de la red digital de servicios integrados, RDSI) como la parte usuario de la RDSI (PU-RDSI) [4], [5], [6] que proporciona las funciones de señalización que soporta el servicio portador básico.

Sin embargo, estudios previos sobre el protocolo SS7 [3], [4], han permitido determinar que el mismo es un estándar sumamente complejo y denso, conformado por decenas de documentos, por lo cual resulta sumamente difícil llevar a cabo una implementación completa del mismo, sin que se incurra en errores involuntarios, o implementaciones incompletas de parte de los fabricantes de tecnologías de centrales telefónicas.

Aunado a lo anterior, las empresas de telefonía, al soportar comunicaciones a gran escala (nacionales e internacionales), deben asegurar el fiel cumplimiento de las normas establecidas en los acuerdos de servicio (*Service Level Agreement*, SLA) regulados por entes gubernamentales. En consecuencia, se realizan mediciones del servicio, para garantizar su cumplimiento, así como para medir el consumo de cada abonado y realizar su posterior facturación.

Este proceso de medición, se puede ver afectado por errores de implementación de los protocolos utilizados; por ejemplo, si un usuario finaliza una llamada y la señal no es interpretada correctamente por las centrales telefónicas involucradas, entonces es probable que el canal quede abierto, generando una medición incorrecta y por ende una facturación errada al abonado.

De tal forma, que resulta de utilidad para las organizaciones de servicios de telefonía, contar con un sistema analizador de las trazas de control del protocolo de señalización SS7, capturadas entre diversas centrales telefónicas [7]. Este análisis permite solventar inconvenientes o diferencias que puedan surgir, en la operación de centrales telefónicas con gran volumen de tráfico.

En este sentido, se desarrolló el sistema SAT-ISUPSS7, que permite obtener reportes de comportamiento, y permite detectar llamadas válidas e inválidas, en archivos de hasta para 10.000 tramas, así como elaborar los reportes de comportamientos y de llamadas, para ser entregados al grupo encargado de los CDR (registros detallados de llamadas, por sus siglas en inglés) y de la facturación.

Este trabajo ha sido organizado de la siguiente forma. En la Sección II se presenta una breve descripción del Sistema de Señalización SS7 y de la capa ISUP. En la sección III se describe el desarrollo del Sistema, posteriormente la sección IV describen las pruebas realizadas y finalmente en la sección V se presentan las conclusiones y trabajos futuros recomendados.

2 Sistema de Señalización 7 (SS7)

El Sistema de Señalización 7 (SS7) es un estándar global de las telecomunicaciones que permite el control, la administración y la gestión de redes de telecomunicaciones,

para lograr la interconexión entre troncales, portadoras y *carriers* [2]. Es un sistema de señalización robusto que otorga el control interno, y la inteligencia esencial en una Red Digital de Servicios Integrados (*Integrated Services Digital Network, ISDN* [8]). SS7 define una Arquitectura de protocolos estructurada en cuatro niveles de señalización, donde las unidades de control son los mensajes transportados sobre paquetes.

La señalización es una herramienta para establecer canales de control, y permite gestionar la red para la realización de llamadas, mediante la transferencia de información en las diferentes redes de comunicaciones que se encuentran enlazadas. Está constituida por un conjunto de estándares que permiten la operatividad de las redes entre diferentes entidades. Estas brindan transporte e intercambio de información entre el abonado y los conmutadores, entre los conmutadores entre sí, y entre los conmutadores y el centro de gestión de red, permitiendo de esta forma una optimización hacia y desde el abonado final.

Algunos ejemplos de aplicaciones soportadas por SS7 son [2]: PSTN (*Public Switched Telephone Network*), ISDN para voz y datos, redes de bases de datos, servicios móviles, administración de operaciones y mantenimiento de redes. En la implementación de redes con SS7 podemos mencionar las siguientes funcionalidades.

- Iniciación básica de una llamada, administración, tarifación y terminación.
- Servicios de valor agregado para la telefonía.
- Administración de red.
- Manejo de la congestión y prioridades para calidad de servicio.
- Servicios inalámbricos de telefonía celular.
- Portabilidad del número local (*Local Number Portability, LNP*).
- Gestión a nivel de base de datos entre elementos de red (*Network Elements, NE*).
- Mecanismos de seguridad y administración de la red de telecomunicaciones.

2.1 Estructura SS7

La estructura de SS7 se basa en el Modelo OSI (*Open System Interconnection*), y presenta cuatro capas para optimizar el tiempo de procesamiento [7]. El objetivo principal de esta implementación es garantizar, y resguardar en gran medida la información de señalización, para que no se pierda el mensaje que se procesa en los centros de conmutación, aun cuando existan problemas en la red de transporte. La Fig. 1 muestra los niveles de la pila de protocolos utilizados en SS7.

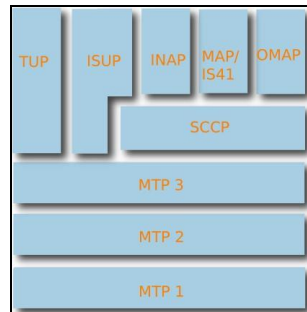


Fig. 1. Pila de Protocolos SS7 [7].

Las capas que conforman esta pila de protocolos son: capa física (*Message Transfer Part Level 1, MTP-1*); capa enlace de señalización (*Message Transfer Part*

Level 2, MTP-2); capa de red de señalización (*Message Transfer Part Level 3, MTP3*); capa de control de la conexión de señalización (*Signaling Connection Control Part, SCCP*); capa de la parte de usuario ISDN (*ISUP*); capa parte de usuario de teléfono (*Telephone User Part, TUP*); capa de capacidades de transacción para la aplicación (*Transaction Capabilities Application Part, TCAP*); capa de operaciones, mantenimiento y administración (*Operations, Maintenance, and Administration Part, OMAP*).

De todas las capas anteriores, la capa objeto de estudio de ésta investigación es la capa ISUP, la cuál será desarrollada en la siguiente sección.

2.2 Parte de usuario de la red digital de servicios integrados (ISUP)

La parte usuario de la RDSI (PU-RDSI) en SS7, proporciona las funciones de señalización, para soportar el servicio portador básico, así como para servicios suplementarios para aplicaciones de voz y datos en una red digital de servicios integrados. Esta capa utiliza los servicios proporcionados por la MTP, y en algunos casos por la SCCP para la transferencia de información entre partes usuario de la RDSI.

En las recomendaciones de la Q.761 [4] a Q.764 [5], se describe el protocolo de la parte usuario de la RDSI que soporta el servicio portador básico. Específicamente los protocolos y procedimientos para el establecimiento y liberación de conexiones nacionales, e internacionales RDSI se describen en la Recomendación Q.764 [5].

Los procedimientos de gestión utilizan mensajes ISUP para controlar el flujo de las llamadas, cada procedimiento tiene definido un diagrama de transición que indica los estados de una llamada, y los mensajes que puede procesar en dicho estado. Bajo estas definiciones se establece el protocolo que permite realizar conexiones entre centrales telefónicas con señales de control mediante mensajes ISUP.

En entornos de producción con gran volumen de llamadas, estos mensajes pueden generarse de manera irregular teniendo como consecuencia serios problemas a nivel de circuitos en las centrales telefónicas, de igual forma en los procesos de tasación de la llamada ya que su comportamiento es completamente irregular.

Un comportamiento irregular en éste contexto has sido definido como aquella secuencia de ocurrencia de mensajes de control ISUP que no conllevan al establecimiento, mantenimiento y terminación de una llamada telefónica que permitan generar la correcta facturación de la llamada.

El análisis de estos mensajes, y la detección de escenarios irregulares es la motivación principal de este trabajo de investigación.

2.3 Mensajes de Señalización ISUP

La capa ISUP de SS7 define la función y el formato de los mensajes generados en la parte de usuario. En la recomendación Q.764 [5] se definen tales tipos de mensaje. A continuación, se describen un subconjunto tales mensajes de señalización, involucrados en la gestión de las llamadas.

- Mensaje de Dirección Inicial (*Initial Address Message*, IAM). Contiene la información para el inicio de una llamada. Es el primer mensaje que se envía a la central destino durante el establecimiento de la comunicación.
- Mensaje Completo de Dirección (*Address Complete Message*, ACM). Indica a la central emisora que se alcanzó la central de destino.
- Mensaje de Respuesta (*Answer Message*, ANM). Cuando el receptor contesta, el conmutador (*Switch*) destino concluye la emisión de tonos de timbrado, y envía un ANM al conmutador (*Switch*) origen. El Switch origen inicia la facturación.
- Mensaje de Progreso de Llamada (*Call Progress Message*, CPG). Es enviado en cualquier dirección durante la fase de puesta en marcha de la llamada, lo que indica que un evento ha ocurrido y debe ser transmitido al Switch de acceso de origen o de destino.
- Mensaje de Continuidad (*Continuity Message*, COT). Es enviado en la dirección inicial que indica si hay o no continuidad en el circuito anterior o anteriores, así como del circuito seleccionado para el siguiente intercambio.
- Mensajes de Resumen (*Resume*, RES) o Suspensión (*Suspend*, SUS). Un RES o un SUS es enviado en uno u otro sentido indicando que la llamada o el abonado llamado, después de haber sido suspendido, se vuelve a conectar.
- Mensaje de Liberación del Canal (*Release Message*, REL). Inicia la disolución de la comunicación por el canal útil e indica la causa de la disolución.
- Mensaje de Liberación Completa (*Release Complete Message*, RLC). Con el RLC se indica el fin de la interconexión de un canal útil, y se confirma la recepción del REL. Se indica el fin de la llamada y de la tarificación.

3 El desarrollo: SAT-ISUPSS7

Con el fin de tener una idea global de la solución a implementar, se realizó un análisis detallado de las trazas capturadas en centrales telefónicas que presentan problemas en la interconexión. Los datos están en archivos de texto plano, que contienen información asociada a la señalización generada cuando el suscriptor “A” levanta el teléfono para comunicarse con el suscriptor “B”.

El proceso para establecer una llamada está sujeto al intercambio de mensajes ISUP, de acuerdo a los eventos ocurridos en la comunicación.

Para el apropiado y correcto análisis de las tramas, fueron tomados los archivos de texto plano, y en función de su detallada observación y exportación de su contenido a documentos Excel, fue posible construir diagramas de secuencia de mensajes ISUP (*Message Sequence Charts*, MSC [9]). La secuencia e intercambio de estos mensajes, es mostrado en el diagrama, asociado a la comunicación entre dos suscriptores (ver Fig. 2).

Esta secuencia de mensajes ISUP describen el proceso regular para establecer una llamada bajo el protocolo definido en el estándar de SS7. Al momento que un suscriptor “A” (*subscriber A*), levanta el teléfono para marcar se envía un mensaje del tipo IAM que le permite reservar un circuito, para establecer la comunicación con el suscriptor “B” (*subscriber B*). Cuando el teléfono del suscriptor “B” repica, se envía un mensaje de vuelta al suscriptor “A” del tipo ACM, para indicar que se espera respuesta, si la llamada es contestada se envía un mensaje del tipo ANM que establece la llamada entre ambos suscriptores. Una vez concluida la comunicación entre los suscriptores, se envía un mensaje del tipo REL, con el objeto de iniciar el procedimiento de disolución de la comunicación y liberación de los canales asociados a la misma, procedimiento que se completa con el envío de un mensaje del tipo RLC de confirmación de la parte contraria a la comunicación. Para el caso de la Fig. 2, el REL es iniciado por el suscriptor “A”, y es confirmada su recepción y la liberación de la conexión de parte del suscriptor “B”, a través del envío del mensaje RLC.

Por cada evento dentro de la comunicación se generan mensajes de señalización que permiten controlar el flujo de la llamada e implementar el servicio a gran escala.

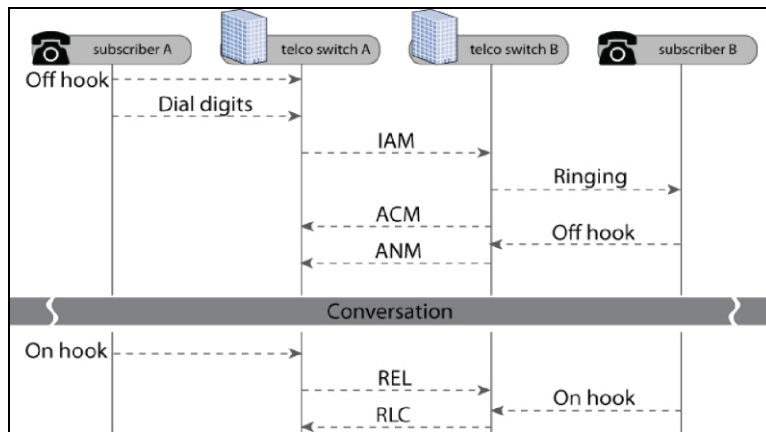


Fig. 2. Diagrama de Secuencia de Mensajes ISUP.

Los elementos a analizar están representados en entradas de archivos de texto que contienen los siguientes campos: número serial, número de enlace, dirección, tiempo absoluto, time, H1H0, CIC/SLC, OPC, DPC y la traza del mensaje. Con esta premisa se realiza la búsqueda de patrones irregulares en los archivos de tramas capturadas, mostrados en la Fig. 3.

Serial Number	Link number	Direction	Absolute time	Time	H1H0	CIC/SLC	OPC	DPC	Message traced
00000001	24	Send	Fri 2012-04-13 14:29:00	61835	REL	0000056	3A2D	1C41	00 05 41 5C 8B
00000002	24	Send	Fri 2012-04-13 14:29:00	61843	IAM	0000099	3A2D	1C41	25 05 41 5C 8B
00000003	24	Receive	Fri 2012-04-13 14:29:01	61896	RLC	0000056	1C41	3A2D	09 05 2D 7A 10
00000004	24	Send	Fri 2012-04-13 14:29:01	61925	COT	0000099	3A2D	1C41	09 05 41 5C 8B
00000005	24	Receive	Fri 2012-04-13 14:29:01	61947	ANM	0000086	1C41	3A2D	09 05 2D 7A 10
00000006	24	Receive	Fri 2012-04-13 14:29:02	61967	ACM	0000044	1C41	3A2D	08 05 2D 7A 10

Fig. 3. Archivo de texto contenido de las tramas.

Una vez establecidas las correctas secuencias de ocurrencia de los mensajes ISUP, determinadas con el uso de los diagramas MSC, fueron implementadas en el Sistema. Para ello se creó una base de datos en MySQL para almacenar cada evento dentro de la comunicación, identificado mediante los mensajes de señalización generados durante la comunicación. La Fig. 4 muestra el diagrama relacional de la base de datos creada.

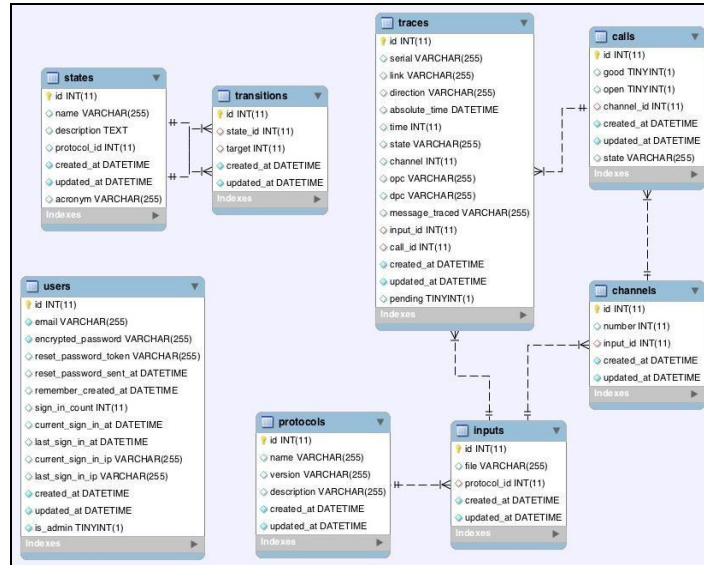


Fig. 4. Diagrama relacional de la base de datos

Seguidamente se describen las relaciones creadas en la base de datos.

Users: contiene los datos del usuario e información requerida para el mantenimiento de su sesión.

States: tabla referida a los mensajes ISUP de SS7, descritos en la recomendación Q.764 de la ITU-T para SS7 [5]).

Transitions: tabla referida a la lógica de la aplicación al albergar las posibles transiciones de cambio de estados que se pueden realizar entre mensajes ISUP.

Protocols: tabla referida a los datos de los protocolos que puede analizar el Sistema.

Inputs: tabla referida a los datos de los archivos cargados al sistema.

Channels: tabla referida a los datos de los canales recolectados de las trazas.

Calls: tabla referida a datos de las llamadas conformadas en el análisis de las trazas.

Traces: tabla referida a los datos de las llamadas conformadas en el análisis de las trazas.

El procesamiento de las tramas, y por ende la correspondiente actualización de la base de datos, se lleva a cabo definiendo el canal y llamada asociada según el siguiente algoritmo:

1. Asignar la traza al canal asociado.

2. Asignar el mensaje ISUP a la llamada en caso de que el canal tenga una llamada abierta, en caso contrario se crea una nueva llamada con el mensaje definido en la traza.

3. Validar que los mensajes subsiguientes contengan una secuencia de intercambio de mensajes ISUP regular, hasta la llegada de un mensaje ISUP con H0H1 igual a RLC para cerrar la llamada.

4. Repetir los pasos #1 y #2 para la asignación de trazas.

5. Repetir el proceso desde el paso #4 para analizar otra llamada hasta completar el análisis de las trazas para todos los canales.

Con cada mensaje ISUP analizado, se actualiza el estado de una llamada hasta que esta es cerrada por un mensaje de liberación del canal (REL) y completada con un mensaje RLC, esta es la condición de parada por defecto, ya que permite que el canal sea utilizado por otro suscriptor para establecer una llamada nueva en el mismo canal.

En función de los mensajes asociados a una llamada, se define si es válida mientras que cumpla con transiciones válidas (es decir, secuencias de ejecución correctas de mensajes de control ISUP), en caso contrario se marca como irregular (no válida) y las tramas son guardadas hasta la liberación del canal.

Para la implementación del algoritmo descrito anteriormente y el cumplimiento de los requerimientos, se utilizó el *framework* de desarrollo WEB *Ruby on Rails* (RoR) [10], [11], basado en la arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC).

En los elementos de la vista, se reforzó el desarrollo utilizando el *framework* para el diseño WEB UIKIT, donde se utilizaron las tecnologías HTML5, CCS, JavaScript y *jQuery*.

El uso del *framework* UIKIT, permitió mejorar las presentaciones WEB y sobre todo contribuyó en la elaboración de las gráficas mostradas en los reportes sobre el análisis de las trazas.

El ambiente de desarrollo estuvo conformado por:

- a. Sistema Operativo: se optó por Linux con las herramientas GNU asociadas a la distribución, a partir de este punto se inició la instalación y configuración del resto de las aplicaciones.
- b. IDE: representado por el conjunto de herramientas asociadas al desarrollo de la aplicación entre las que se pueden mencionar:

Sublime: es un editor de texto muy poderoso que soporta diversos lenguajes de programación, implementa comandos para casi todas sus funcionalidades buscando incrementar la productividad, mantiene los archivos asociados a un proyecto incluso sin haber guardado cambios, incluye una consola para la instalación de plugins permitiendo extender las funcionalidades del editor, es totalmente customizable mediante archivos de configuración.

MySQL Workbench: cliente MySQL con interfaz para la administración del servidor de base de datos, desarrollo SQL y modelado de datos con ingeniería inversa con una interfaz gráfica muy usable.

- c. Terminal: interfaz de comandos del sistema y permite administrar cualquier tarea del sistema operativo, a través de esta herramienta se realizó la instalación de los servidores de aplicación, base de datos y control de versiones.

La Fig. 5 muestra la interfaz inicial del Sistema, donde se aprecia el diagrama de secuencia de mensajes ISUP, asociado a la comunicación entre dos suscriptores.



Fig. 5. Interfaz inicial del SAT-ISUPSS7.

La Fig. 6 muestra la pantalla de carga de los archivos de texto, contentivos de las tramas a ser analizadas.

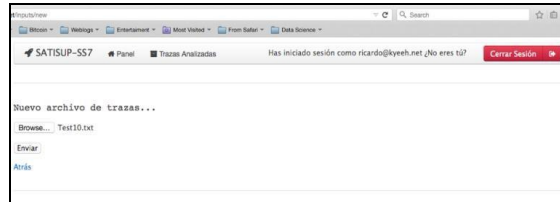


Fig. 6. Interfaz de carga de archivos de tramas del SAT-ISUPSS7.

4 Pruebas al Sistema

A continuación, se describen las pruebas realizadas al sistema, que consistieron en pruebas de ejecución de escenarios, donde se cargaron archivos de tramas en el Sistema, y analizaron para determinar llamadas válidas e inválidas (es decir, secuencias de ejecución correctas o incorrectas de mensajes de control ISUP). Con el objeto de validar los escenarios de prueba, el Sistema verifica las secuencias apoyándose en el cumplimiento de la correcta o incorrecta ejecución de las mismas, determinadas en los diversos diagramas MSC desarrollados en la etapa de análisis y diseño del Sistema analizador de tramas.

Se generaron 5 escenarios diferentes, con datos de archivos capturados y analizados por un software desarrollado en lenguaje C, y que funciona por consola previo a este trabajo, que permite obtener archivos tanto de trazas correctas, como de trazas incorrectas de hasta 2 millones de tramas cada archivo, proveniente de la central telefónica. Los escenarios de pruebas se detallan a continuación:

A. Diez llamadas regulares (todas las trazas son correctas y completas).

En este escenario se generó un archivo de tramas, conteniendo solo llamadas válidas (trazas completas y correctas), que fue cargado en el Sistema y ejecutado el análisis.

Como se observa en la Fig. 7, el Sistema analizó 53 tramas y detectó 8 llamadas válidas y completas, y también determinó 2 llamadas incompletas en un archivo que recrea un escenario con 10 llamadas válidas. Lo que obligó a verificar las trazas de las dos llamadas inválidas y se observó que el mensaje CPG es un factor común. De acuerdo a esto, surgió la necesidad de validar la implementación de las transiciones de ese mensaje en el Sistema.

Durante la revisión del Sistema, se observó la ausencia de una transición que permite mantener la llamada válida para el caso de obtener mensajes CPG consecutivos. De tal forma que se realizó el correctivo y se repitió la prueba para validar los cambios. Los resultados de la Fig. 8 son los esperados de acuerdo al archivo de entrada, ahora se tienen 10 llamadas válidas y completas para un archivo que recrea este escenario. El Sistema muestra los mensajes ISUP, su distribución y las llamadas válidas o completadas.

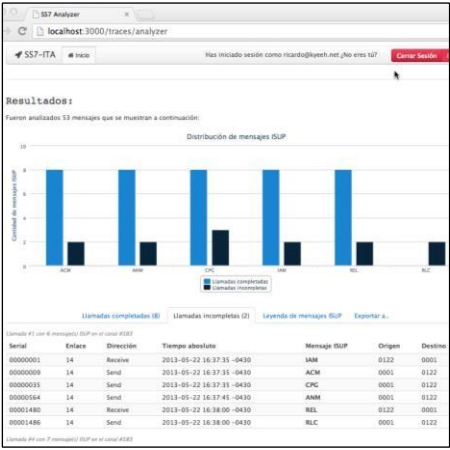


Fig. 7. Resultados del escenario A.

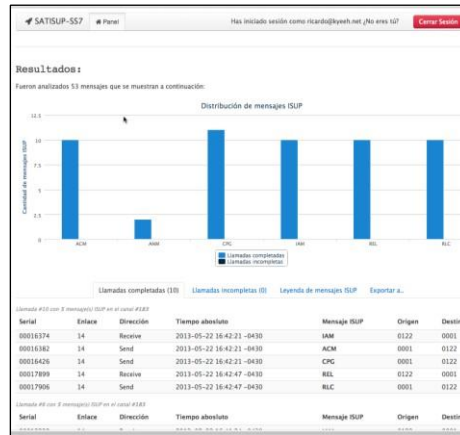


Fig.8 Resultados del escenario A, posterior a corregir la implementación de las transiciones para los mensajes CPG.

B. Diez llamadas irregulares (existen trazas incorrectas o incompletas).

En este escenario se generó un archivo de tramas, contenido solo de llamadas inválidas (trazas incompletas o incorrectas), que fue cargado en el Sistema y ejecutado el análisis.

Como se puede observar en la Fig. 9, el sistema ha detectado diez llamadas incompletas luego de analizar 43 tramas. De esta forma se puede corroborar que el SAT-ISUPSS7 funciona correctamente para la validación de llamadas incompletas.

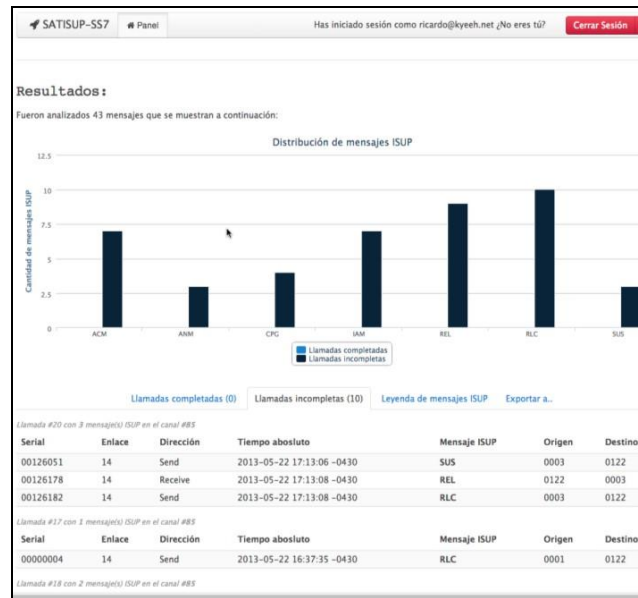


Fig. 9. Resultados correspondientes al análisis del escenario B.

C. Dos mil llamadas regulares (todas las trazas son correctas y completas). Este escenario corresponde a una prueba de rendimiento y desempeño, para lo cual se generó un archivo de 2.000 tramas, contentivo de solo llamadas válidas (trazas completas y correctas), que fue cargado en el Sistema y ejecutado el análisis, mostrado en la Fig.10. El análisis muestra los mensajes ISUP, su distribución, 454 llamadas válidas o completadas y 4 llamadas incompletas. La detección de estas 4 cuatro llamadas incompletas, cumplen con las transiciones regulares definidas por la ITU-T [5], sin embargo, el Sistema las detectó como incompletas porque su comportamiento puede ser irregular dentro de la implementación del servicio y puede que estas llamadas requieran una revisión posterior para verificar su naturaleza.

D. Dos mil llamadas irregulares (todas las trazas son incorrectas o incompletas). Este escenario también corresponde a una prueba de rendimiento y desempeño, para lo cual se generó un archivo de 2.000 tramas, contentivo de solo llamadas inválidas (trazas incompletas o incorrectas), que fue cargado en el Sistema y ejecutado el análisis. La Fig. 11 muestra el análisis realizado. El análisis fue realizado en 0,89 minutos sobre 1.999 tramas, y se aprecia el resultado del análisis, donde se observan los mensajes ISUP, su distribución y 407 llamadas inválidas.



Fig. 10. Resultados correspondientes al análisis del escenario C.

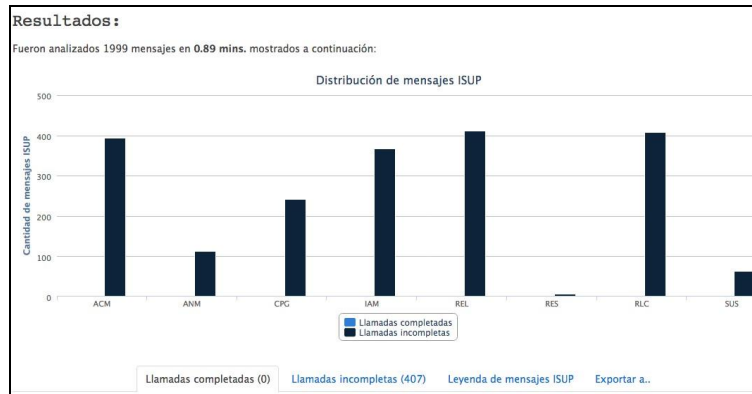


Fig. 11. Resultados correspondientes al análisis del escenario D.

E. Carga y análisis de archivo de 10.000 tramas correspondientes a llamadas regulares e irregulares

Este escenario también corresponde a una prueba de rendimiento y desempeño del Sistema, con un archivo que contiene tanto llamadas completas como llamadas incompletas, con una longitud de 10.000 tramas de tráfico real, obtenido de la central telefónica. La Fig. 12 muestra los resultados emitidos por SAT-ISUPSS7, donde se aprecia el resultado del análisis realizado en 4,69 minutos, específicamente los mensajes ISUP, su distribución, 2.025 llamadas válidas y 222 llamadas inválidas.

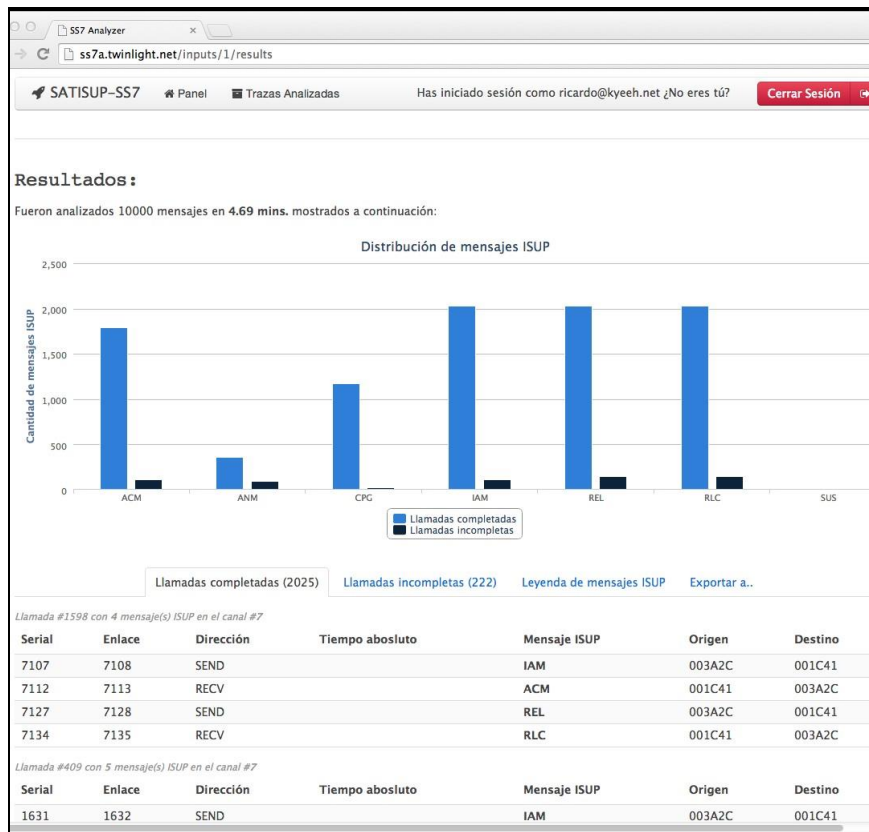


Fig. 12. Resultados correspondientes al análisis del escenario E.

5 Generación de Reportes de Análisis de Tramas

Los resultados generados por SAT-ISUPSS7 pueden ser exportados a archivos .PDF y .XLS, y mostrar en detalle cada llamada, indicado su validez o invalidez, para ser entregados al grupo encargado de los CDR y de la facturación, con fines de poder realizar un análisis más exhaustivo, si así se requiriese.

El contenido de estos reportes, muestran los resultados observados en las páginas correspondientes al análisis de las trazas de las vistas del Sistema, donde se agrupan las tramas por los conjuntos de llamadas válidas y completas, y las llamadas inválidas o incompletas. Así mismo, se muestra información detallada del conjunto de mensajes de control ISUP intercambiados.

Las Fig.13(a) y 13(b) muestran los reportes generados por SAT-ISUPSS7, en archivos .PDF y .XLS, respectivamente.

Sistema Analizador de Tramas de la capa ISUP del Protocolo de Señalización No.7 SATISUP-SS7 ss7a.twinlight.net						
RESUMEN						
Archivo analizado: real10k.bt			Cantidad de tramas analizadas: 10000			
Llamadas válidas: 2025			Llamadas inválidas: 222			
Descripción de llamadas válidas:						
Llamada #1 con 4 mensajes ISUP en el canal #7:						
Serial	Enlace	Dirección	Tiempo Absoluto	Mensaje ISUP	Origen	Destino
7107	7108	SEND		IAM	003A2C	001C41
7112	7113	RECV		ACM	001C41	003A2C
7127	7128	SEND		REL	003A2C	001C41
7134	7135	RECV		RLC	001C41	003A2C
Llamada #2 con 5 mensajes ISUP en el canal #7:						
Serial	Enlace	Dirección	Tiempo Absoluto	Mensaje ISUP	Origen	Destino
1631	1632	SEND		IAM	003A2C	001C41
1635	1636	RECV		ACM	001C41	003A2C
1709	1710	RECV		ANM	001C41	003A2C
2365	2366	SEND		REL	003A2C	001C41
2370	2371	RECV		RLC	001C41	003A2C
Llamada #3 con 4 mensajes ISUP en el canal #7:						
Serial	Enlace	Dirección	Tiempo Absoluto	Mensaje ISUP	Origen	Destino
9672	9673	SEND		IAM	003A2C	001C41
9700	9701	RECV		ACM	001C41	003A2C
9740	9741	SEND		REL	003A2C	001C41
9746	9747	RECV		RLC	001C41	003A2C
Llamada #4 con 5 mensajes ISUP en el canal #7:						
Serial	Enlace	Dirección	Tiempo Absoluto	Mensaje ISUP	Origen	Destino
7999	7900	SEND		IAM	003A2C	001C41
7918	7919	RECV		ACM	001C41	003A2C

Fig. 13 (a) Archivo.PDF.

Sistema Analizador de Tramas de la capa ISUP del Protocolo de Señalización No.7 (SATISUP-SS7) ss7a.twinlight.net						
RESUMEN						
Archivo analizado: real10k.bt			Cantidad de tramas analizadas: 10000			
Llamadas válidas: 2025			Llamadas inválidas: 222			
Descripción de llamadas válidas:						
Llamada #1 con 4 mensajes ISUP en el canal #7:						
Serial	Enlace	Dirección	Tiempo Absoluto	Mensaje ISUP	Origen	Destino
7107	7108	SEND		IAM	003A2C	001C41
7112	7113	RECV		ACM	001C41	003A2C
7127	7128	SEND		REL	003A2C	001C41
7134	7135	RECV		RLC	001C41	003A2C
Llamada #2 con 5 mensajes ISUP en el canal #7:						
Serial	Enlace	Dirección	Tiempo Absoluto	Mensaje ISUP	Origen	Destino
1631	1632	SEND		IAM	003A2C	001C41
1635	1636	RECV		ACM	001C41	003A2C
1709	1710	RECV		ANM	001C41	003A2C
2365	2366	SEND		REL	003A2C	001C41
2370	2371	RECV		RLC	001C41	003A2C
Llamada #3 con 4 mensajes ISUP en el canal #7:						
Serial	Enlace	Dirección	Tiempo Absoluto	Mensaje ISUP	Origen	Destino
9672	9673	SEND		IAM	003A2C	001C41
9700	9701	RECV		ACM	001C41	003A2C
9740	9741	SEND		REL	003A2C	001C41
9746	9747	RECV		RLC	001C41	003A2C
Llamada #4 con 5 mensajes ISUP en el canal #7:						
Serial	Enlace	Dirección	Tiempo Absoluto	Mensaje ISUP	Origen	Destino
7999	7900	SEND		IAM	003A2C	001C41
7918	7919	RECV		ACM	001C41	003A2C
7941	7942	RECV		ANM	001C41	003A2C

Fig. 13 (b) Archivo.XLS de resultados.

6 Conclusiones

El trabajo sirvió para estudiar y analizar la capa o protocolo ISUP de SS7. En función del estudio realizado acerca del intercambio de mensajes de control y señalización presentados en la recomendación T-REC-Q.764, se desarrollaron los diagramas de secuencia de caracteres (MSC), correspondientes a las secuencias de ocurrencias válidas e inválidas de intercambio de mensajes ISUP, estos diagramas permiten determinar el estado de tales mensajes y las correctas transiciones entre estado y estado. Partiendo de tales diagramas de secuencia, posteriormente se utilizaron para construir el algoritmo de análisis de tramas, y así llevarlo a la implementación en el Sistema.

Los archivos de entrada son de texto plano y en ocasiones el volumen de datos es alto, lo que afecta los tiempos de cargas y el tiempo total de análisis del Sistema.

El algoritmo de análisis realiza la lectura del archivo de texto de forma secuencial, a medida que va actualizando la base de datos, y esto influye notablemente en los tiempos de respuesta, como en el caso del escenario de 10.000 tramas.

Los *frameworks* y herramientas tecnológicas utilizadas, resultaron de gran utilidad por la versatilidad y la inclusión de librerías que fueron utilizadas en el desarrollo del Sistema.

Todas las herramientas involucradas son bajo la filosofía de software libre, el SATISUPSS7 será licenciado con *Creative Commons*, y está disponible para la comunidad.

Se propone como trabajo futuro, el desarrollo de una máquina de estados finitos, que permita definir y validar los estados del algoritmo de análisis de tramas ISUP, utilizando como insumo base los diagramas MSC propuestos en éste trabajo, y con ello proponer optimizaciones en los tiempos de análisis.

Igualmente, para mejorar los tiempos, se propone agregar compatibilidad para procesar archivos comprimidos, eso mejoraría de gran forma los tiempos de ejecución, ya que minimiza el tamaño de los archivos subidos al servidor.

Y finalmente, otra propuesta de futuro trabajo, es agregar soporte para otros protocolos, con la idea de crear una herramienta que permita analizar el tráfico de otros servicios o aplicaciones.

Referencias

1. Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T). Sistema de señalización 7. Anexo h: Diagramas de transición de estado, Serie q: conmutación y señalización Q.764. (1995).
2. Telecomspace.com. Signalling system 7 (SS7). Consultado en junio 2015, de: <http://www.telecomspace.com/ss7.html>.
3. Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T). Consultado en abril 2015, de: <https://www.itu.int>.
4. ITU-T Telecommunication Standardization Sector of ITU. Recommendation Q.761, Signalling System No. 7: Functional Description of the ISDN User Part. Geneva. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.761/> (1993).
5. ITU-T Telecommunication Standardization Sector of ITU. Recommendation Q.764, Signalling System No. 7: ISDN User Part Signalling Procedures. Geneva. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.764/> (1993).
6. ITU-T Telecommunication Standardization Sector of ITU. Recommendation Q.767, Signalling System No. 7: Application of the ISDN User Part of CCITT Signalling System No. 7 for International ISDN Interconnections. Geneva. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.767/> (1993).
7. ITU-T Telecommunication Standardization Sector of ITU. International telephone connections and circuits: general recommendations on the transmission quality for an entire international telephone connection. Tech. report, International Telecommunication Union, (2003).
8. ITU-T Telecommunication Standardization Sector of ITU. Recomendación UIT-T Q.766: objetivos de funcionamiento en la aplicación de la red digital de servicios integrados. Geneva. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Q.766-199303-I/> (1993).
9. Blaise G., Anca M, Doron P. Message Sequence Charts. Lecture Notes in Computer Science (LNCS3098). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp 537-558. Disponible en: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-27755-2_15 (2004).
10. Dave, T. and Heinemeier, D. Agile Web Development with Rails. 2 ed. Lewisville, USA. The Pragmatic Programmers. 715 p. ISBN: 978-0-9776-1663-3. (2006).
11. Ruby S., Dave, T. and Heinemeier, D. Agile Web Development with Rails 4 (Facets of Ruby Series). The Pragmatic Programmers. ISBN: 978-1-93778--556-7. (2013).