

Open R.A.N. y Fallas en una red de Telecomunicaciones

Carlos Peliza¹, Fernando Dufour², Ariel Serra³, Gustavo Micieli⁴, Darío Machaca⁵

Universidad Nacional de La Matanza
Florencio Varela 1903 (B1754JEC) - San Justo, Buenos Aires, Argentina
cpeliza@unlam.edu.ar, fdufour@unlam.edu.ar, aserra@unlam.edu.ar

Abstract. Este trabajo, pretende recordar las dificultades que atraviesa una implementación de telecomunicaciones con tecnología novedosa, según la visión de los propios especialistas en el tema.

Con posterioridad, introducir los conceptos fundamentales de una arquitectura abierta que conforma parte de la generación 5G de redes móviles para el acceso a la red (llamada Open R.A.N.), revisando para ello la bibliografía disponible. A continuación, luego de enunciar las posibilidades de desarrollo e implantación de la arquitectura revelaremos la elegida para una prueba de concepto en Argentina y como corolario de los puntos anteriores, exponer las problemáticas encontradas en la PoC realizada en Puerto Madryn.

El análisis de problemáticas en la implantación de nuevas tecnologías dentro de las redes móviles es inherente al desarrollo de estas, sin embargo, parece reñido cada vez más con las políticas económicas de las compañías, por eso cabe interrogarse sobre cuál será el límite entre enfrentar al mercado con un producto en desarrollo o con uno verdaderamente asentado en la red.

Keywords: Open RAN, PoC, Redes Móviles, 5G.

1 Introducción: El pasaje de problema propietario a problema de plataformas abiertas.

En el universo de las comunicaciones, el pasaje de un mundo de redes de conmutación telefónica a redes de paquetes que transportan voz, como una parte más de la información no puede definirse como sencillo.

Ha sido un trabajo de aprendizaje donde se involucran, sistemas de complejidad creciente y expertos con la ductilidad para adaptarse a un cambiante esquema de trabajo. En resumen, el pasaje de hardware de comunicaciones propietario hacia la industria del software de telecomunicaciones encontró y encontrará escollos de diferente dificultad.

Atrás en el tiempo han quedado los problemas para configurar el servicio de llamada en espera de una red NGN que requería de análisis y actuación propias de un mundo telefónico y, en la actualidad, podemos hallarnos frente a la problemática ge-

nerada por el exceso de retransmisiones de segmentos TCP en una red de telecomunicaciones.

Con esta breve introducción hemos pretendido clarificar la situación actual del mundo de las Telecomunicaciones y de la Industria del software para ese mundo. Ambos ecosistemas se hallan en plena fusión y el devenir de las complicaciones, ya no arroja la asignación de soluciones a uno u otro lado (informático o telefónico), sino que espera la comunión de estos para avanzar en más y mejores servicios al usuario final (Roca, Biga, & Del Giorgio, 2012).

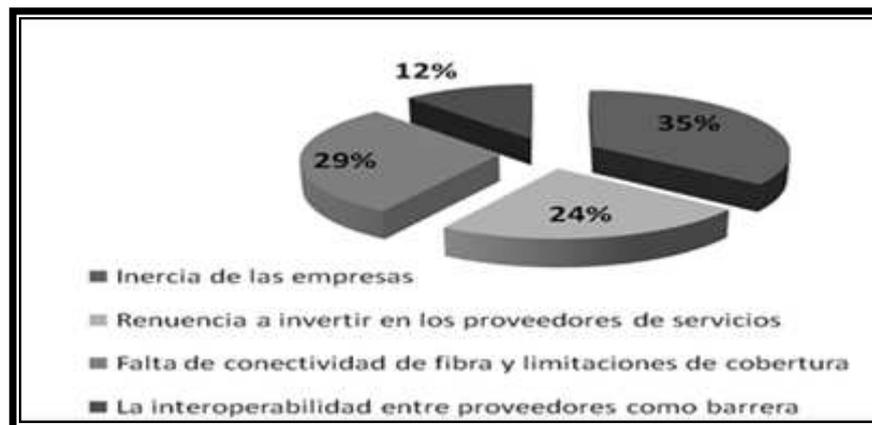


Ilustración 1 La barrera entre proveedores

2 Objetivos

El presente trabajo tiene como objetivo hacer una descripción general de la arquitectura Open R.A.N. y distinguir en ella los desarrollos que fueron elegidos en Argentina, por ello el estilo de este trabajo de investigación es comparativo y se basa en el análisis de fuentes bibliográficas y documentación existente, junto a la realización de pruebas de concepto y funcionamiento del servicio Open R.A.N.

Como objetivo primordial, se pretende exhibir la dificultad de coordinación ante problemas con la red en funcionamiento, para brindar una solución en la velocidad esperada.

3 Algunos antecedentes

En Argentina, el pasaje de 3G a 4G ocurrió casi en simultaneo con el cambio de tecnología en las redes fijas desde conmutación tradicional con hardware propietario a plataformas abiertas basadas en IP, por esa razón resulta pertinente recordar la opi-

nión de los especialistas con relación a los cambios, dado que ya en 2014 se expresaban por la complicación de trabajar con múltiples proveedores.

Más cercano en el tiempo, una nueva consulta, pero esta vez con relación a la virtualización de funciones de red, una de las tecnologías en las que se basa la 5ª generación de redes móviles (Dufour Fernando Javier; Micieli Gustavo; Serra Ariel, 2015) o 5G mostraba los siguientes resultados:



Ilustración 2 Integración entre diferentes proveedores

En ajustada síntesis podemos afirmar que las experiencias de los especialistas en telecomunicaciones consultados se han visto atravesadas tanto por el avance hacia el mundo de la informática partiendo del universo de la conmutación como por incorporar las formas de trabajo propias de ese mundo informático.

La forma de trabajo del mundo informático, enunciada bajo el paraguas de sistema abierto con ejemplo distintivo en el software Open Source, han llegado para buscar imponerse en el mundo de las comunicaciones con sistemas propietarios. Así las cosas, el especialista en sistemas de conmutación NEC, debió mutar a especializarse en sistemas de redes convergentes de paquetes y en la actualidad, especializarse en protocolos y lenguajes de programación.

4 El universo del Open R.A.N.

Este universo surge en 2018 con la conformación de la O-RAN Alliance que según podemos recolectar de su página web:

La O-RAN ALLIANCE fue fundada en febrero de 2018 por AT&T, China Mobile, Deutsche Telekom, NTT DOCOMO y Orange. Se estableció como entidad alemana en agosto de 2018. Desde entonces, O-RAN ALLIANCE se ha convertido en una

comunidad mundial de operadores de redes móviles, proveedores e instituciones académicas y de investigación que operan en la industria de la red de acceso por radio (RAN).

La misión de O-RAN ALLIANCE es remodelar la industria de RAN hacia redes móviles más inteligentes, abiertas, virtualizadas y totalmente interoperables. Los nuevos estándares O-RAN permitirán un ecosistema de proveedores de RAN más competitivo y vibrante con una innovación más rápida para mejorar la experiencia del usuario. Las redes móviles basadas en O-RAN mejorarán al mismo tiempo la eficiencia de las implementaciones de RAN, así como las operaciones de los operadores móviles, como el compromiso de ciertos operadores (O-RAN ALLIANCE, 2018).

Entre las compañías más destacadas que conforman la Oran Alliance se pueden encontrar operadores dentro de los servicios de telecomunicaciones como: AT&T, China Mobile, Deutsche Telekom, NTT DOCOMO, Orange, Bharti Airtel, DISH Network, KDDI, Rakuten Mobile, Reliance Jio, Singtel, TIM, Telefónica, Verizon, Vodafone junto a proveedores de servicios para las telcos como ser: Accelleran, Accenture, AltioStar, AMD, Amdocs, Anritsu, Broadcom, Ciena, Cisco, Commscope, Dell, Facebook, Kyocera, Mavenir e Intel entre otros.

En suma, podemos explicitar que, pese a las dificultades manifestadas, la industria de las Telecomunicaciones ha volcado su energía hacia formas de integración entre diferentes proveedores y puesto especial foco en operar y desarrollar arquitecturas abiertas.

Open RAN significa Open Radio Access Network (RAN), consiste en transformar la red de acceso móvil de radio en una arquitectura abierta que conecta un dispositivo con el núcleo de la red. En los sistemas móviles tradicionales, estaba conformado un sistema donde cada proveedor de tecnología tenía la incumbencia, de esta forma la solución de acceso de una zona geográfica se asignaba a un proveedor / fabricante de hardware/software de acceso por radio.

La Ilustración 3 nos muestra esquemáticamente la transformación desde el universo tradicional hacia la propuesta de O-RAN Alliance. Allí podemos distinguir la tradicional torre con antenas en la parte superior y debajo de ella la radiobase o BBU, cumpliendo la función de conectar y asignar recursos de radio a los usuarios según los mandatos del core de red frente al sistema Open RAN con componentes distribuidos o no, de acuerdo con el diseño tecnológico elegido.

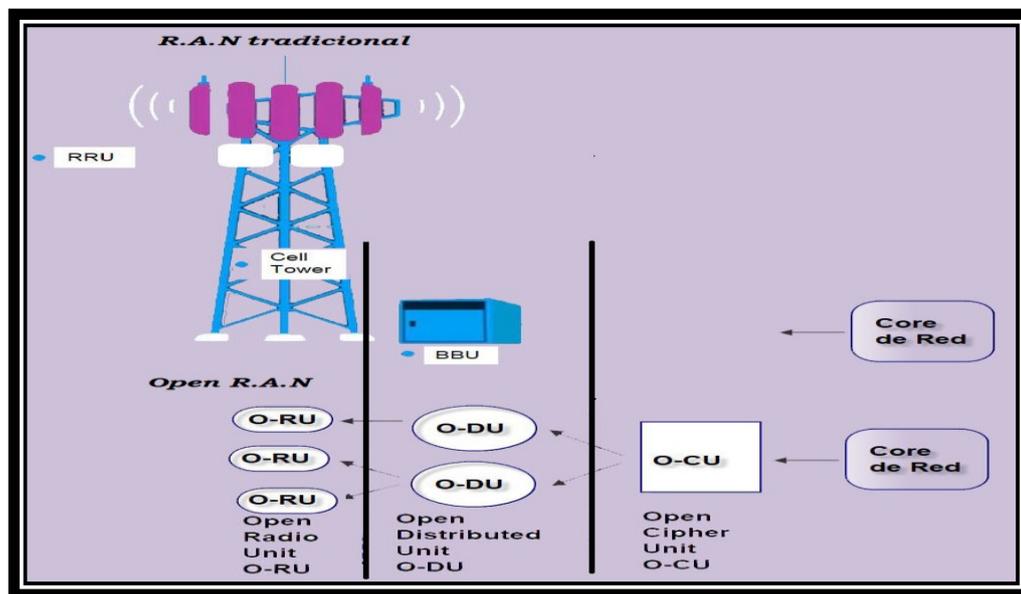


Ilustración 3 Esquema de RAN tradicional vs Open RAN

Es necesario destacar que, tanto las unidades remotas O-RU como las unidades distribuidas O-DU y las unidades de cifrado O-CU, pueden ubicarse en diferentes lugares físicos, ya sea a pie de la torre o en lugares remotos con mayor seguridad.

4.1 Open RAN en Argentina

Como parte del grupo de investigación en redes de 5 generación hemos dedicado energía al análisis del funcionamiento de la arquitectura Open RAN en Argentina, en particular a la prueba de concepto desarrollada por una de las compañías miembros de la O-RAN ALLIANCE en una ciudad de la provincia de Chubut.

Las características demográficas de la ciudad en cuestión la hacen única para una prueba de concepto debido a lo que explica Sergio Kaminker (Cannizzaro, 2014), hallarnos frente a una ciudad portuaria y fabril con una importante cantidad poblacional.

Para la prueba de concepto se han elegido dos modalidades de conexión entre las zonas geográficas a brindar cobertura y el core virtualizado de la red móvil. Una de las modalidades tiene la unidad de distribución (ODU) física y la otra la tiene virtualizada (vODU), en ambos casos la unidad de cifrado es virtual (vCU)

La ilustración 4 permite conocer que se ha elegido usar un escenario donde la unidad de cifrado (vCU) es única y brinda servicio a dos ODU (una física y una virtual) que se ubican en lugares diferentes dentro del esquema, cerca de las ORU y lejos de la ORU, lo que conforma un escenario de pruebas complejo y completo, dado que se cubren muchas variantes de conexión (de ahí su completitud) al mismo tiempo que resulta compleja la detección de fallas por la cantidad de equipamiento involucrado.

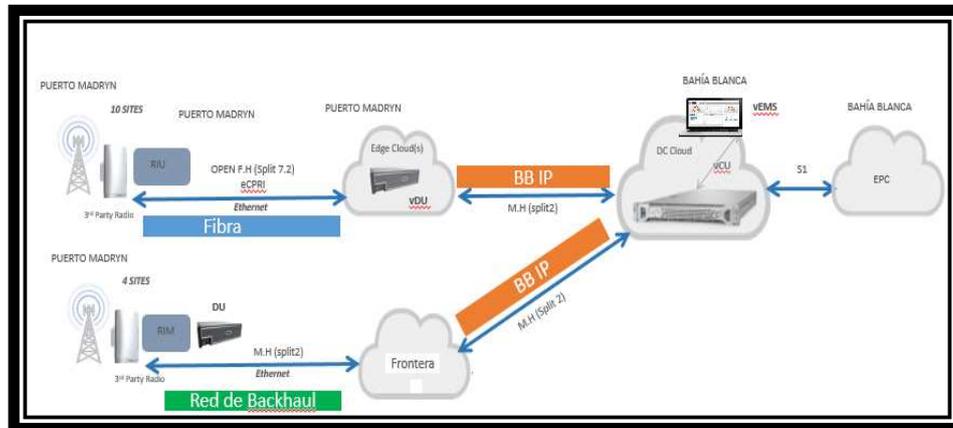


Ilustración 4 Esquema de conexión elegido

La inserción de un ecosistema Open RAN en una red tradicional funcionando, implica la participación de diferentes actores. Podemos describir entre estos actores, los equipos de facturación, los sistemas de gestión y los de monitoreo de alarmas junto a los sectores de ingeniería de red y mantenimiento en sitio.

El sistema de monitoreo de calidad de servicio es en sí mismo un punto necesario de análisis a profundizar, dado que será quien nos brinde los primeros detalles de la complejidad del abordaje. Recordemos que se han seleccionado radiobases en servicio activo y para evitar la falta de cobertura en toda la zona, de las radiobases se han modificado sectores de atención.

Así, ante un corte de energía eléctrica, se obtiene un registro de evento en la red tradicional y el la Open RAN, permitiendo por comparación, el análisis de la respuesta de ambos sistemas, mientras que los reclamos por fallas en zonas de cobertura permitirán asociar el evento a uno de los dos sistemas.

5 Las complicaciones de un sistema abierto

Una vez concluidos los trabajos de puesta en marcha del equipamiento donde se debe destacar la necesidad de un trabajo conjunto de ingeniería de asignación de recursos y de registro en todos los sistemas, a la vez que la accesibilidad a la información de todos los participantes de la prueba se debe avanzar en analizar los indicadores de la calidad de servicio.

El primer punto de negociación ha sido que mirar, donde mirarlo y quien lo mira, porque al producirse degradación en los valores de calidad de la red se presentan cuellos de botella de difícil solución. Los indicadores de calidad surgen de la interacción de diferentes situaciones de la red, como ser interferencias en el acceso por radio, demoras en el procesamiento de la información, latencia de la red, criterios subjetivos de opinión del usuario con relación a un servicio, problemas de cobertura de la radio-base etc.

En resumen, debe acordarse cuáles son los parámetros objetivos de medición para considerar adecuada la respuesta del ecosistema y cuáles son los puntos de interconexión entre las partes intervinientes o cuáles serán los instrumentos o sistemas para la verificación de los problemas hallados.

En particular, en la prueba descrita se descubrió una degradación del servicio en los casos de uso de streaming de video por TCP. Las pruebas de puesta a punto no habían cubierto/previsto esta situación particular porque como resulta natural, en una prueba de puesta a punto no puede considerarse lo mismo que cuando la solución se halla en funcionamiento.

En otras palabras, cuando se definen las pruebas de puesta en servicio se hacen verificaciones completas pero que nunca pueden reemplazar las situaciones a las que el usuario o la red se hallan sometidas y por la contraria, también es posible y necesario hacer pruebas que descarten factores de incidencia, con la razón de detectar la causa raíz de un problema.

6 Retransmisiones en TCP

La RFC 0793 explica el mecanismo de funcionamiento en TCP de la siguiente manera

La transmisión es fiable gracias al uso de números de secuencia y de acuses de recibo. Básicamente, se le asigna un número de secuencia a cada octeto de datos. El número de secuencia del primer octeto de datos en un segmento se transmite con ese segmento y se le denomina el número de secuencia del segmento. Los segmentos también llevan un número de acuse de recibo que es el número de secuencia del siguiente octeto de datos esperado en la transmisión en el sentido inverso.

Cuando el módulo de TCP transmite un segmento conteniendo datos, pone una copia en una cola de retransmisión e inicia un contador de tiempo; si llega el acuse de recibo para esos de datos, el segmento se borra de la cola. Si no se recibe el acuse de recibo dentro de un plazo de expiración, el segmento se retransmite (Postel, 1981).

Donde, en particular pondremos foco en la situación de las retransmisiones que se pueden producir por diferentes causas, a saber: demora en la recepción del acuse de recibo, pérdida de dicho acuse de recibo. Ambas razones, incrementaran el tráfico en la red y por consiguiente producirán una demora en el procesamiento de la información, lo que potencialmente generaría más retransmisiones.

Sin embargo, queda claro que un problema de retransmisiones en TCP se genera a causa de la red y repercute en ella, una de las mayores dificultades surge cuando en un sistema abierto las demoras que produce la red pueden ser atribuidas a ilimitadas causas externas.

Particularmente, en esta prueba de concepto de Open RAN, se ha notado un elevado porcentaje de retransmisiones TCP en las reproducciones de archivos de video en formato streaming.

7 Análisis, Pruebas y Tiempo.

Avanzando con el tema de la dificultad para la integración de proveedores, de Open RAN en conjunto con la prueba de concepto, se ha comprobado que los indicadores de calidad de servicio del proveedor tradicional de red se veían degradados cuando los clientes que formaban parte de la operación de Open RAN hacían consumos de streaming de video en TCP.

Esta condición particular de uso de TCP depende de la OTT que ofrece el servicio (Amazon, Disney+, MovistarPlay, etc.) y no de los proveedores involucrados, por lo que era una condición que no se podía modificar.

Se pudo comprobar un aumento de retransmisiones en la zona de pruebas, que afectaban la medición de calidad del servicio brindado en la zona. El proveedor incumbente junto con el personal de operaciones de la red móvil y la empresa que se hallaba bajo prueba, de manera cooperativa comenzaron una serie de reuniones bajo la forma de mesas de trabajo para mitigar y/o solucionar el problema detectado.

En primer lugar, se decidió realizar una comparativa con un sistema de pruebas que no se hallara bajo influencia de radiación electromagnética pero que al mismo tiempo utilizara parte de la solución diseñada, con la finalidad de poder aislar el origen de la falla, usando una configuración en la cámara de compatibilidad electromagnética y de esta manera se pudo descartar la influencia de elementos externos.

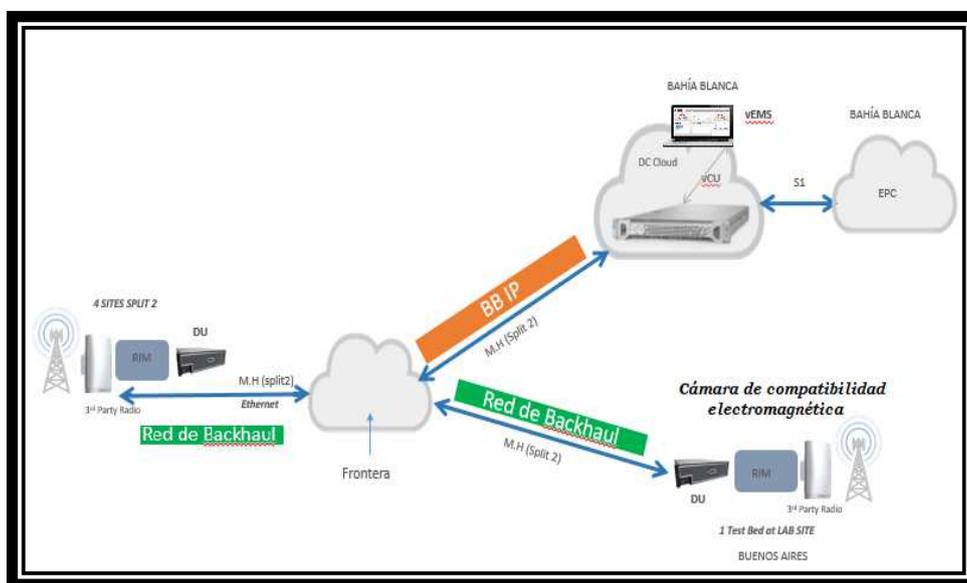


Ilustración 5 Propuesta de análisis por secciones

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
211	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	[TCP 645-65-0x0b] 44663 → 443 [FIN] Seq=385771348 Win=0 Len=0
212	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [FIN, ACK] Seq=476597053 Ack=385771348 Win=0 Len=0
213	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	[TCP 645-65-0x0b] 44663 → 443 [ACK] Seq=385771348 Win=0 Len=0
214	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	[TCP 645-65-0x0b] 44663 → 443 [FIN, ACK] Seq=476597053 Ack=385771348 Win=0 Len=0
215	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	[TCP Retransmission] 44663 → 443 [ACK] Seq=385771348 Ack=476597054 Win=0 Len=0
216	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597054 Ack=385771347 Win=0 Len=0
217	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
218	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597058 Ack=385771347 Win=0 Len=0
219	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476598000 Ack=385771347 Win=0 Len=0
220	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
221	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597058 Ack=385771347 Win=0 Len=0
222	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
223	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
224	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
225	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
226	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
227	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
228	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
229	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
230	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
231	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
232	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
233	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
234	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
235	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
236	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
237	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
238	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
239	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0
240	38.21-87.81	20:27:27,38980	198.134.67.111	TCP	443 → 44663 [ACK] Seq=476597052 Ack=385771347 Win=0 Len=0

Ilustración 6 Retransmisiones medidas en cámara electromagnética

Las mediciones de retransmisiones arrojaron los resultados de la Ilustración 6 que demuestran que las retransmisiones no tienen origen en radiaciones electromagnéticas externas a la red de acceso tanto Open RAN como tradicional.

Una vez descartado el posible ítem electromagnético, se debió recurrir a analizar la posibilidad de cambiar los contadores de espera de TCP, para verificar que no estuvieran mal programados o no se hubiera tenido en cuenta la latencia propia de las distancias desde el core de la red, hasta el lugar de la prueba.

En resumen, las pruebas demostraron que la solución se debe buscar en la red y la interconexión entre la sección Open RAN y fuera del acceso propiamente dicho (cabezales de radio frecuencia, polución electromagnética y unidades ODU) y se optó por analizar los contadores de TCP.

Con posterioridad al cambio en los tiempos de espera en los contadores, la situación no presentó variaciones en cuanto a las retransmisiones y su presencia.

La mesa de trabajo en su última reunión coincidió, tras el análisis de varias mediciones, usando generadores de descargas de diferente tamaño en bytes, en que existía una relación directa entre el tamaño de la descarga y el porcentaje de retransmisiones observado.

Tras poco más de dos meses de trabajos y mediciones no se ha podido determinar el origen de las retransmisiones de TCP que cuando son producidas por archivos de tamaño reducido afectan el funcionamiento de la zona de atención. Esto, si bien no es una situación común en la red es un posible foco de ataque por negación de servicio que debe ser considerado.

La ilustración siguiente muestra la afectación de una celda de la zona cuando se dan las condiciones descritas y cuando no ocurre el streaming de video por TCP de archivos de pequeño tamaño.

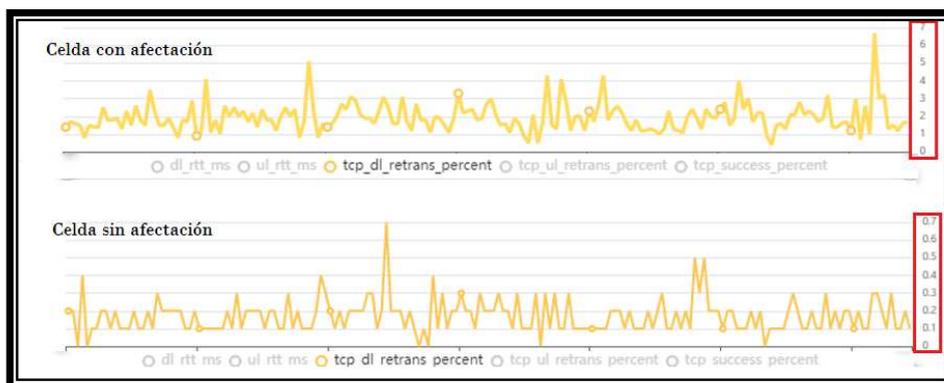


Ilustración 7 Afectación de una celda

En conclusión, a la etapa de pruebas, análisis y mediciones, la solución para reducir los tiempos de espera de los contadores de TCP ha sido beneficiosa para el funcionamiento general de la red móvil, no ha influido de manera notable en solucionar la cantidad de retransmisiones en la zona Open RAN. Esto no representa un problema, porque forma parte del aprendizaje de ambos sectores, y abre un camino de experiencia y análisis a futuros problemas.

8 Conclusiones

El punto de inicio de este desarrollo teórico ha sido la experiencia de campo de los expertos en Telecomunicaciones, que han manifestado cierta renuencia de las empresas a invertir sin un tiempo de retorno de las inversiones acotado, y la dificultad que se presenta al trabajar con múltiples proveedores.

La experiencia de las pruebas de concepto viene a subsanar en alguna medida la mencionada demora en los retornos de inversión, mientras que se presenta como barrera infranqueable para los casos en que los proveedores no tienen una sólida experiencia en puesta en marcha y mantenimiento de los sistemas que comercializan. La complejidad de los nuevos sistemas parece ser tanto su fortaleza como su talón de Aquiles y debe tenerse consideración de los tiempos involucrados en la plena funcionalidad del sistema general.

A modo de síntesis, podemos concluir que la búsqueda de rápidos retornos de inversión, no puede ser basada en la integración de operadores diferentes porque ello eleva los tiempos de respuesta y curvas de aprendizaje si no se trabaja con proveedores de sólida experiencia en el rubro.

Las nuevas tecnologías debido a ser nuevas, no siempre se hallan en una etapa de maduración importante, por el contrario, la competencia entre proveedores genera la búsqueda del sistema novedoso que permita mantener las ventas y debe salir al mercado con rapidez, por lo tanto, si bien el retorno rápido de inversiones puede tomar dependencia directa con un ahorro de costos debido la competencia de proveedores no puede relacionarse con la velocidad de funcionamiento de un sistema.

Sobre la experiencia particular de insertar un entorno Open RAN en una red tradicional funcionando, un punto a mejorar ha sido la dificultad para coordinar las mediciones en todos los puntos de la red y la comparación de esas mediciones, tómesese como ejemplo que la prueba de descarga de un archivo usando celulares, incluye el trabajo de personal en zona, personal conectado de manera remota a los equipamientos intervinientes en el servicio y personal de los proveedores (generalmente con husos horarios diferentes), dicha diferencia horaria, puede resultar una barrera elevada de franquear.

9 Referencias

- Roca, J. L., Biga, D., & Del Giorgio, H. (1 de Diciembre de 2012). *Secretaria de Ciencia y Tecnología UNLaM*. Obtenido de <https://cyt.unlam.edu.ar/index.php?seccion=17&idArticulo=672>
- Dufour Fernando Javier;Micieli Gustavo;Serra Ariel. (1 de 11 de 2015). C189_Redes LTE. San Justo, Bs.As, Argentina.
- Cannizzaro, A. (15 de 10 de 2014). *www.conicet.gov.ar*. Obtenido de Puerto Madryn aumentó su población 14 veces desde 1970 hasta la actualidad: <https://www.conicet.gov.ar/puerto-madryn-aumento-su-poblacion-14-veces-desde-1970-hasta-la-actualidad/>
- O-RAN ALLIANCE. (2018). Acerca de O-RAN ALLIANCE.
- Postel, J. (Septiembre de 1981). *IETF*. Obtenido de Transmission Control Protocol: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6093>