



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

# **Integración de Nueva Infraestructura en Radio Acceso para la Red de Sprint**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**  
Que para obtener el título de  
**Ingeniero Eléctrico Electrónico**

**P R E S E N T A**

Arreola Granados Pedro Aldo

**ASESOR DE INFORME**

M. en C. Edgar Baldemar Aguado Cruz



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017**

## Tabla de contenido

<b>Introducción</b> .....	<b>4</b>
Objetivos.....	6
<b>Capítulo Primero. Descripción de la empresa</b> .....	<b>7</b>
1.1 Historia .....	7
1.2 Visión.....	7
1.3 Misión .....	7
<b>Capítulo Segundo. Marco Teórico</b> .....	<b>8</b>
2.1 Estaciones Radio Base .....	8
2.2 CDMA .....	9
2.3 Unix .....	10
2.3.1 Ordenes clásicas .....	10
2.4 Internet Protocol (IP) .....	11
2.4.1 Direccionamiento IP y enrutamiento .....	12
2.4.2 Dirección IP .....	12
2.4.3 Enrutamiento .....	13
2.5 LTE .....	13
<b>Capítulo Tercero. Puesto</b> .....	<b>14</b>
3.1 Cargo .....	14
3.2 Temas y principales responsabilidades .....	14
<b>Capítulo Cuarto. Antecedentes del Proyecto</b> .....	<b>15</b>
4.1 Antecedentes .....	15
4.2 Tema y problemática .....	16
<b>Capítulo Quinto. Contexto de la Participación Profesional</b> .....	<b>17</b>
<b>Capítulo Sexto. Metodología Utilizada</b> .....	<b>19</b>
6.1 Actividades de Integración .....	19
6.2 Metodología Pre Integración .....	19
6.3 Metodología durante la Integración .....	21
<b>Capítulo Séptimo. Participación Profesional</b> .....	<b>22</b>
7.1 Componentes en la Red de Radio Acceso .....	22
7.1.1 BTS .....	22

7.1.2 RBS .....	23
7.2 Desarrollo de Procesos de Integración .....	23
7.2.1 Retiro de servicio y desmontaje de equipo BTS .....	23
7.2.2 Integración de equipo tipo DBA (CDMA) .....	25
7.2.3 Integración de la tarjeta de datos AEM .....	25
7.3 Troubleshooting .....	26
7.3.1 Alarmas consideradas como afectación de servicio .....	26
7.3.2 Alarmas consideradas como no afectación de servicio .....	27
7.3.3 Falla en alguno de los puertos en los equipos de procesamiento .....	27
7.3.4 Falla física en los radios, antenas o RETs .....	27
7.3.5 Falla en equipos de alimentación eléctrica .....	28
<b>Resultados .....</b>	<b>29</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>30</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>31</b>
<b>Glosario .....</b>	<b>32</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>34</b>

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo describiré de forma general y concisa las actividades que realicé durante mi estancia en la empresa; cuyo cargo fue el de Ingeniero Integrador, específicamente para el proyecto del cliente operador celular norteamericano Sprint.

El trabajo de Ingeniero Integrador es de vital importancia, ya que se encarga de poner en servicio las estaciones radio base (RBS<sup>1</sup>). Estas son parte fundamental durante el proceso de radio acceso para establecer llamadas celulares, así como para tener acceso móvil a internet mediante tecnologías 3G/4G.

El Ingeniero Integrador debe contar con ciertas competencias adquiridas principalmente en su formación académica, esto para desempeñar de manera satisfactoria sus actividades. Algunos de estos conocimientos básicos son: En el área de sistemas (Programación), en el área de señales (Propagación, Modulación, Transmisión, Recepción), electrónica (Comprensión de la tecnología usada para procesar las señales, conocimientos de los protocolos de comunicación), Inglés (sostener conversaciones con empleados de habla inglesa, así como de ser capaz de entender manuales y diversa literatura en esta lengua).

Gran diversidad de proyectos eran llevados a cabo en el área de integración y los equipos requeridos para cada uno de ellos eran formados de acuerdo a las necesidades de los clientes, en mi caso Sprint requería gente con conocimientos en tecnología GSM, CDMA y LTE<sup>2</sup>, así como de conocimientos básico en equipos diseñados por empresas competitivas en el área como Nortel. Esto era necesario ya que Sprint solía trabajar con equipo diseñado e implementado por Nortel.

El objetivo principal del proyecto consistió en migrar la tecnología Nortel (GSM/WCDMA) a tecnología propia de la empresa (CDMA/LTE), con esto quiero decir literalmente, retirar el equipo Nortel, ponerlo fuera de funcionamiento, retirarlo del sitio y posteriormente instalar equipo de última generación, adecuado a los requerimientos de Sprint y su correspondiente infraestructura.

Una vez reemplazado todo el equipo, se requería la puesta en marcha de las respectivas estaciones radio base, para esto debía programar remotamente desde una consola Unix todos los equipos que así lo requerían, posteriormente verificaba el correcto funcionamiento del mismo comprobando llamadas telefónicas y el procesamiento de datos a través de la nueva infraestructura en la radio base. En caso de un incorrecto funcionamiento, llámese de manera parcial o total; recurría a ciertos protocolos perfectamente establecidos para resolver problemas (troubleshooting process).

---

<sup>1</sup> Ver Glosario

<sup>2</sup> Ver Glosario

Posterior a la integración de la estación radio base (RBS) y a la comprobación de su adecuado funcionamiento y como consecuencia su correcta puesta en marcha, se llevó a cabo un par de proyectos relativos a optimización de infraestructura y por tanto de servicio a usuarios de la red de Sprint. Algunos de estos cambios se verán lo más detalladamente posible dentro del apartado de “Participación Personal”. Algunos ejemplos son el reemplazo de hardware como lo son: antenas con mayor capacidad, así como algunos de sus complementos, además de la adición de tarjetas de procesamiento de datos (AEM<sup>3</sup>), tarjetas de procesamiento de voz (XCEM<sup>4</sup>), así como todo el cambio a nivel software que esto implicó.

Como en toda área de ingeniería, siempre se presentarán problemas posteriores y el proyecto de Sprint no fue la excepción. Afortunadamente el fuerte de un ingeniero sea cual sea la especialización, es el saber resolverlos de la manera más eficientemente posible. Esta es la razón por la cual el ingeniero integrador también se desempeñaba como consultor, ya que aún con la red probada y funcionando a su máxima capacidad se presentaban problemas en ambos niveles (Hardware/Software), que el integrador muchas veces ayudado por otra áreas acordes, debía ser capaz de resolver y restablecer el servicio en el sitio, de lo contrario podían existir repercusiones contra los involucrados aun cuando las fallas fuesen debido a errores humanos, entendiéndose esto como falta de atención, mala comunicación al trabajar de manera remota con técnicos de sitio cuya lengua materna es la inglesa, entre otras.

---

<sup>3</sup> Ver Glosario

<sup>4</sup> Ver Glosario

## **Objetivos**

El objetivo principal de este reporte será describir de manera concisa las actividades que desempeñé como ingeniero Integrador, y en particular las actividades realizadas para el proyecto de optimización de la infraestructura de red en la parte de Radio Acceso para el cliente Sprint.

Esto pretendo lograrlo describiendo el porqué de esta modernización, así como la arquitectura de la nueva red, incluyendo las tecnologías involucradas para lograr una mejora en el servicio de datos e internet móvil en los Estados Unidos por parte de Sprint.

Todo esto se presentará de manera combinada con las competencias que se requieren para trabajar en un proyecto de esta magnitud. Aquellas que se desarrollan durante la etapa de formación como Ingeniero.

Algunas de estas competencias que el ingeniero integrador debe conjuntar y por lo tanto haber desarrollado durante su formación académica son: La capacidad de análisis y síntesis, dominio de un lenguaje técnico, capacidad de presentar ideas y toma de decisiones a partir de juicio propio y otras más humanas como lo son: trabajo en equipo, disciplina, responsabilidad y sobre todo tener siempre en cuenta el código ético profesional.

Considero muy relevante ser capaz de describir de manera clara las metodologías o procesos que seguí para completar de manera exitosa cada una de las actividades llevadas a cabo como integrador y así completar los objetivos impuestos diariamente en el área de trabajo.

## Capítulo Primero. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

### 1.1 Historia

Ericsson es una compañía multinacional de Suecia dedicada a ofrecer equipos y soluciones de telecomunicaciones, principalmente en los campos de la telefonía, la telefonía móvil las comunicaciones multimedia e internet.

La compañía fue fundada en 1876 por Lars Magnus Ericsson, originalmente como un taller de reparación de equipos de telegrafía.

En los años 1930 la compañía se mudó a Estocolmo, al entonces poco desarrollado sector de Midsommarkransen. La fábrica pronto se convirtió en el rasgo distintivo del paisaje del sector y cuando el metro se extendió en los años 1960, la estación recibió el nombre de Telefonplan.

En los años 1950 se desarrolló el Ericofon, el cual se constituyó en un hito por su diseño. En los años 1990 Ericsson se convirtió en el fabricante líder de teléfonos celulares. Si bien todavía mantiene un liderazgo en los equipos de conmutación telefónica, principalmente en la tecnología GSM; la fabricación de terminales (teléfonos) móviles quedó en manos de una nueva compañía: Sony Ericsson, creada en asociación con Sony. Igualmente el negocio de equipos de fuerza se vendió a Emerson y el negocio de centralitas de empresa en su mayoría a Damovo, aunque en España y otros países está dividida en diferentes distribuidores como el Grupo Eriotel distribuidor en España y Latinoamérica, Landata.

En octubre de 2005, Ericsson adquirió la mayor parte de la compañía británica Marconi.

Actualmente el grupo Ericsson se compone de tres unidades de negocio:

- Redes
- Servicios
- Multimedia

### 1.2 Visión

La visión de la empresa consiste en construir una sociedad conectada: una donde la conectividad una a la gente. Con más del 40 % de la información fluyendo a través de sus redes, la compañía tiene la oportunidad de liderar esta transformación.

### 1.3 Misión

Su misión yace en liderar a través de la movilidad. El potencial de la sociedad conectada está en la transformación a través de la movilidad. Transformación en el sentido en que la gente organiza sus vidas de manera individual y lleva a cabo tareas vitales. Transformación en el sentido en que compartimos información, y hacemos negocios. Transformación en la manera en la que consumimos y en la que creamos.

## Capítulo Segundo. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estaciones Radio Base



Figura 1

En comunicaciones por radio, una estación base es una instalación fija o moderada de radio para la comunicación media, baja o alta bidireccional. Se usa para comunicar con una o más radios móviles o teléfonos celulares. Las estaciones base normalmente se usan para conectar radios de baja potencia, como por ejemplo la de un teléfono móvil, un teléfono inalámbrico o una computadora portátil con una tarjeta WiFi. La estación base sirve como punto de acceso a una red de comunicación fija (como la Internet o la red telefónica) o para que dos terminales se comuniquen entre sí yendo a través de la estación base.

En el área de las redes informáticas inalámbricas (WiFi o WiMAX), una estación base es un transmisor/receptor de radio que sirve como nexo (hub) de la red de área local inalámbrica. También puede servir como pasarela entre las redes inalámbrica y fija.

En el contexto de la telefonía móvil, una estación base (en inglés: Base Transceiver Station (BTS)) dispone de equipos transmisores/receptores de radio, en la banda de frecuencias de uso (850 / 900 / 1800 / 1900 MHz) en GSM y (1900/2100Mhz) en UMTS que son quienes realizan el enlace con el usuario que efectúa o recibe la llamada(o el mensaje) con un teléfono móvil. Las antenas utilizadas suelen situarse en lo más alto de la torre (si existe), de edificios o colinas para dar una mejor cobertura y son tipo dipolo. Normalmente, está compuesta por un mástil al cual están unidas tres grupos de una o varias antenas equidistantes. El uso de varias antenas produce una diversidad de caminos radioeléctricos que permite mejorar la recepción de la información.

Además, la Estación Base dispone de algún medio de transmisión, vía radio o cable, para efectuar el enlace con la Central de Conmutación de Telefonía Móvil Automática, que a su vez encamina la llamada hacia el teléfono destino, sea fijo o móvil. Por lo general estas estaciones disponen también de baterías eléctricas, capaces de asegurar el funcionamiento ininterrumpido del servicio. En zonas densamente pobladas (Ciudades,..), hay muchas estaciones base, próximas entre sí (células pequeñas). Las frecuencias deben ser cuidadosamente reutilizadas, ya que son escasas, por lo que cada Estación Base transmite con poca potencia a fin de que no se produzcan interferencias de una célula con otra célula próxima que use las mismas frecuencias. En cambio, en las zonas de baja densidad (carreteras,..) las Estaciones Base están alejadas unas de otras y transmiten a elevada potencia para asegurar la cobertura en una célula extensa.

## 2.2 CDMA

La multiplexación por división de código, acceso múltiple por división de código o CDMA (Code Division Multiple Access) es un término genérico para varios métodos de multiplexación o control de acceso al medio, basados en la tecnología de espectro expandido.

Uno de los problemas que resolver en comunicaciones de datos es cómo repartir entre varios usuarios el uso de un único canal de comunicación o medio de transmisión, para que puedan gestionarse varias comunicaciones al mismo tiempo. Sin un método de organización, aparecerían interferencias que podrían bien resultar molestas, o bien directamente impedir la comunicación. Este concepto se denomina multiplexado o control de acceso al medio, según el contexto como tal.

Se aplica el nombre "multiplexado" para los casos en que un sólo dispositivo determina el reparto del canal entre distintas comunicaciones, como por ejemplo un concentrador situado al extremo de un cable de fibra óptica; para los terminales de los usuarios finales, el multiplexado es transparente. Se emplea en cambio el término "control de acceso al medio" cuando son los terminales de los usuarios, en comunicación con un dispositivo que hace de nodo de red, los que deben usar un cierto esquema de comunicación para evitar interferencias entre ellos, como por ejemplo un grupo de teléfonos móviles en comunicación con una antena del operador.

Para resolverlo, CDMA emplea una tecnología de espectro expandido y un esquema especial de codificación, por el que a cada transmisor se le asigna un código único, escogido de forma que sea ortogonal respecto al del resto; el receptor capta las señales emitidas por todos los transmisores al mismo tiempo, pero gracias al esquema de codificación (que emplea códigos ortogonales entre sí) puede seleccionar la señal de interés si conoce el código empleado a pesar que todas las señales compartan la misma frecuencia.

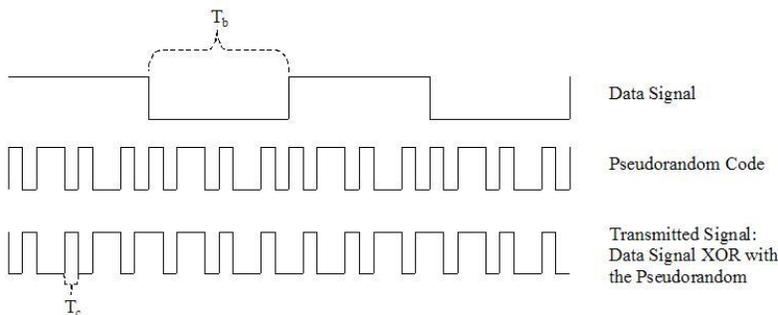


Figura 2. Generación de señal CDMA

En CDMA, la señal se emite con un ancho de banda mucho mayor que el precisado por los datos a transmitir; por este motivo, la división por código es una técnica de acceso múltiple de espectro expandido. A los datos a transmitir simplemente se les aplica

la función lógica XOR con el código de transmisión, que es único para ese usuario y se emite con un ancho de banda significativamente mayor que los datos.

A la señal de datos, con una duración de pulso  $T_b$ , se le aplica la función XOR con el código de transmisión, que tiene una duración de pulso  $T_c$ . (Nota: el ancho de banda requerido por una señal es  $1/T$ , donde  $T$  es el tiempo empleado en la transmisión de un bit).

Por tanto, el ancho de banda de los datos transmitidos es  $1/T_b$  y el de la señal de espectro expandido es  $1/T_c$ . Dado que  $T_c$  es mucho menor que  $T_b$ , el ancho de banda de la señal emitida es mucho mayor que el de la señal original, y de ahí el nombre de "espectro expandido".

Cada usuario de un sistema CDMA emplea un código de transmisión distinto (y único) para modular su señal. La selección del código a emplear para la modulación es vital para el buen desempeño de los sistemas CDMA, porque de él depende la selección de la señal de interés, que se hace por correlación cruzada de la señal captada con el código del usuario de interés, así como el rechazo del resto de señales y de las interferencias multi-path (producidas por los distintos rebotes de señal).

El mejor caso se presenta cuando existe una buena separación entre la señal del usuario deseado (la señal de interés) y las del resto; si la señal captada es la buscada, el resultado de la correlación será muy alto, y el sistema podrá extraer la señal. En cambio, si la señal recibida no es la de interés, como el código empleado por cada usuario es distinto, la correlación debería ser muy pequeña, idealmente tendiendo a cero (y por tanto eliminando el resto de señales). Y además, si la correlación se produce con cualquier retardo temporal distinto de cero, la correlación también debería tender a cero. A esto se le denomina autocorrelación y se emplea para rechazar las interferencias multi-path.

## 2.3 UNIX

El sistema Unix es un sistema operativo que admite múltiples usuarios, así como también múltiples tareas, lo que significa que permite que en un único equipo o multiprocesador se ejecuten simultáneamente varios programas a cargo de uno o varios usuarios. Este sistema cuenta con uno o varios intérpretes de comando (shell) así como también con un gran número de comandos y muchas utilidades (ensambladores, compiladores para varios idiomas, procesador de textos, correo electrónico, etc.). Además, es altamente transportable, lo que significa que es posible implementar un sistema Unix en casi todas las plataformas de hardware.

Actualmente, los sistemas Unix se afianzaron en entornos profesionales y universitarios gracias a su estabilidad, su gran nivel de seguridad y el cumplimiento de estándares, especialmente en lo que se refiere a redes.

### 2.3.1 Ordenes Clásicas

Algunos comandos básicos de UNIX son:

Navegación/creación de directorios/archivos: ls cd pwd mkdir rm rmdir cp.

Edición/visión de archivos: touch more ed vi nano.

Procesamiento de textos: echo cat grep sort uniq sed awk tail head.

Comparación de archivos: comm cmp diff patch.

Administración del sistema: chmod chown ps find xargs sd w who.

Comunicación: mail telnet ssh ftp finger rlogin.

Shells: sh csh ksh.

Documentación: man.

Esta es una lista de los sesenta comandos de usuario de la sección 1 de la Primera Edición:

ar as b bas bcd boot cat chdir check chmod chown cmp cp date db

(Unix) dbppt dc df dsw dtf du ed find for form hup lbppt ld ln ls mail mesg makedirs mou

nt mv nm od pr rew (Unix) rkd rkf rkl rm rmdir roff sdate sh stat strip (Unix) su sum tap

(Unix) tm tty type un wc who write

Otros comandos

Tiempo: cal

## 2.4 Internet Protocol (IP)

Internet Protocol (en español 'Protocolo de Internet') o IP es un protocolo de comunicación de datos digitales clasificado funcionalmente en la capa de red según el modelo internacional OSI.

Su función principal es el uso bidireccional en origen o destino de comunicación para transmitir datos mediante un protocolo no orientado a conexión que transfiere paquetes conmutados a través de distintas redes físicas previamente enlazadas según la norma OSI de enlace de datos.

El diseño del protocolo IP se realizó presuponiendo que la entrega de los paquetes de datos sería no confiable. Por ello, IP tratará de realizarla del mejor modo posible, mediante técnicas de encaminamiento, sin garantías de alcanzar el destino final pero tratando de buscar la mejor ruta entre las conocidas por la máquina que esté usando IP.

Los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas (en el protocolo IP estos términos se suelen usar indistintamente). En particular, en IP no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes.

IP provee un servicio de datagramas no fiable (también llamado del "mejor esfuerzo": lo hará lo mejor posible, pero garantizando poco). IP no provee ningún mecanismo para determinar si un paquete alcanza o no su destino y únicamente proporciona seguridad (mediante checksums o sumas de comprobación) de sus cabeceras y no de los datos transmitidos. Por ejemplo, al no garantizar nada sobre la recepción del paquete, éste podría llegar dañado, en otro orden con respecto a otros paquetes, duplicado o simplemente no llegar. Si se necesita fiabilidad, ésta es proporcionada por los protocolos de la capa de transporte, como TCP. Las cabeceras IP contienen las direcciones de las máquinas de origen y destino (direcciones IP), direcciones que serán usadas por los enrutadores (routers) para decidir el tramo de red por el que reenviarán los paquetes.

El IP es el elemento común en el Internet de hoy. El actual y más popular protocolo de red es IPv4. IPv6 es el sucesor propuesto de IPv4; poco a poco Internet está agotando las direcciones disponibles por lo que IPv6 utiliza direcciones de fuente y destino de 128 bits, muchas más direcciones que las que provee IPv4 con 32 bits. Las versiones de la 0 a la 3 están reservadas o no fueron usadas. La versión 5 fue usada para un protocolo experimental. Otros números han sido asignados, usualmente para protocolos experimentales, pero no han sido muy extendidos.

Si la información a transmitir ("datagramas") supera el tamaño máximo "negociado" (MTU) en el tramo de red por el que va a circular podrá ser dividida en paquetes más pequeños, y reensamblada luego cuando sea necesario. Estos fragmentos podrán ir cada uno por un camino diferente dependiendo de cómo estén de congestionadas las rutas en cada momento.

#### 2.4.1 Direccionamiento IP y enrutamiento

Quizás los aspectos más complejos de IP son el direccionamiento y el enrutamiento. El direccionamiento se refiere a la forma como se asigna una dirección IP y cómo se dividen y se agrupan subredes de equipos.

El enrutamiento consiste en encontrar un camino que conecte una red con otra y, aunque es llevado a cabo por todos los equipos, es realizado principalmente por routers, que no son más que computadoras especializadas en recibir y enviar paquetes por diferentes interfaces de red, así como proporcionar opciones de seguridad, redundancia de caminos y eficiencia en la utilización de los recursos.

#### 2.4.2 Dirección IP

Una dirección IP es un número que identifica de manera lógica y jerárquicamente a una interfaz de un dispositivo (habitualmente una computadora) dentro de una red que utilice el protocolo de Internet (Internet Protocol), que corresponde al nivel de red o nivel 3 del modelo de referencia OSI. Dicho número no se ha de confundir con la dirección MAC que es un número físico que es asignado a la tarjeta o dispositivo de red (viene impuesta por el fabricante), mientras que la dirección IP se puede cambiar.

El usuario al conectarse desde su hogar a Internet utiliza una dirección IP. Esta dirección puede cambiar al reconectar. A la posibilidad de cambio de dirección de la IP se denomina dirección IP dinámica. Existe un protocolo para asignar direcciones IP dinámicas llamado DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol).

Los sitios de Internet que por su naturaleza necesitan estar permanentemente conectados, generalmente tienen una dirección IP fija (IP fija o IP estática); es decir, no cambia con el tiempo. Los servidores de correo, dns, ftp públicos, servidores web, conviene que tengan una dirección IP fija o estática, ya que de esta forma se facilita su ubicación.

Las máquinas manipulan y jerarquizan la información de forma numérica, y son altamente eficientes para hacerlo y ubicar direcciones IP. Sin embargo, los seres humanos debemos utilizar otra notación más fácil de recordar y utilizar, por ello las direcciones IP pueden utilizar un sinónimo, llamado nombre de dominio (Domain Name), para convertir los nombres de dominio en direcciones IP, se utiliza la resolución de nombres de dominio DNS.

### 2.4.3 Enrutamiento

En comunicaciones, el encaminamiento (a veces conocido por el anglicismo ruteo o enrutamiento) es el mecanismo por el que en una red los paquetes de información se hacen llegar desde su origen a su destino final, siguiendo un camino o ruta a través de la red. En una red grande o en un conjunto de redes interconectadas el camino a seguir hasta llegar al destino final puede suponer transitar por muchos nodos intermedios.

Asociado al encaminamiento existe el concepto de métrica, que es una medida de lo "bueno" que es usar un camino determinado. La métrica puede estar asociada a distintas magnitudes: distancia, coste, retardo de transmisión, número de saltos, etc., o incluso a una combinación de varias magnitudes. Si la métrica es el retardo, es mejor un camino cuyo retardo total sea menor que el de otro. Lo ideal en una red es conseguir el encaminamiento óptimo: tener caminos de distancia (o coste, o retardo, o la magnitud que sea, según la métrica) mínimos. Típicamente el encaminamiento es una función implantada en la capa 3 (capa de red) del modelo de referencia OSI.

## 2.5 LTE

Long Term Evolution (LTE, por sus siglas en inglés, lo que en español se traduce como Evolución a largo plazo), en telecomunicaciones, es un estándar para comunicaciones inalámbricas de transmisión de datos de alta velocidad para teléfonos móviles y terminales de datos. Es un protocolo de la norma 3GPP definida por unos como una evolución de la norma 3GPP UMTS (3G), y por otros como un nuevo concepto de arquitectura evolutiva (4G).

LTE se destaca por su interfaz radioeléctrica basada en OFDMA, para el enlace descendente (DL) y SC-FDMA para el enlace ascendente (UL).

La modulación elegida por el estándar 3GPP hace que las diferentes tecnologías de antenas (MIMO) tengan una mayor facilidad de implementación.

## **Capítulo Tercero. PUESTO**

### **3.1 Cargo**

Mi función era la de ingeniero integrador y este consistía en analizar, preparar, implementar y verificar la configuración e integración de un nodo / red / sistema. El alcance de un integrador incluía varios escenarios de introducción como lo son las mejoras en expansión, funcionalidad y capacidad, esto para formar parte del legado del cliente.

### **3.2 Tareas y Principales Responsabilidades:**

- Planear la implementación del producto de acuerdo a las soluciones en el portafolio de la empresa.
- Ejecución en la configuración del producto.
- Ejecución en el trabajo de integración.
- Preparar pruebas de aprobación y entrega al cliente.
- Identificar y hacer mejoras.
- Llevar a cabo actividades posteriores al proyecto.

## Capítulo Cuarto. Antecedentes del Proyecto

### 4.1 Antecedentes

La modernización en la infraestructura de Sprint en cuanto a radio bases se refiere; consistía en el reemplazamiento de equipo que ya no se consideraba competitivo en el campo de la telefonía inalámbrica en Norte América, ya que como bien se sabe, al igual que el mismo Sprint; AT&T, T-Mobile, Verizon Wireless son empresas con un continuo crecimiento en todos los ámbitos tecnológicos y empresariales, así como con un bien definido concepto de “mejora continua” que aplican de manera constante.

Esta mejora en infraestructura debía implementarse debido a que el equipo con el que contaban se consideraba prácticamente obsoleto para los futuros propósitos de la empresa Americana en cuanto a la calidad de servicio que pretendían ofrecer a sus clientes. Algunas de estas mejoras en los servicios que Sprint pretendía implementar y además optimizar en su ya creciente infraestructura, se podrían enlistar a continuación:

- Mayor calidad en la transmisión/recepción de voz y datos.
- Multiplexado entre dos o más tecnologías.
- Mejora en sus sistemas de administración y mantenimiento de las redes a nivel lógico.
- Aumento en el número de usuarios por radio base.

Sprint, previo al inicio del proyecto contaba con una infraestructura a nivel radio base del tipo BTS<sup>5</sup>, las cuales contaban con equipo diseñado por Nortel (del cual la compañía adquirió parte de su tecnología en lo que se refiere a CDMA y LTE posterior al anuncio del cese de operaciones en 2009). Este equipo trabajaba bajo los protocolos correspondientes a GSM y WCDMA, para lo cual, ambas no encajaban dentro del plan de desarrollo y mejoras que Sprint pretendía realizar de acuerdo a sus especificaciones.

La empresa como a cada uno de sus clientes; presentó a Sprint una de las soluciones que se adecuaba más a sus necesidades y especificaciones. La propuesta consistía en migrar de las tecnologías previamente usadas (GMS/WCDMA) a CDMA y LTE. La atracción de Sprint hacia la solución que contenía CDMA se debió a que la empresa se encontraba desarrollando gabinetes (RBS) de última generación que además a la larga podrían consistir con la implementación de LTE como segunda tecnología para procesar la parte de datos.

---

<sup>5</sup> Ver Glosario

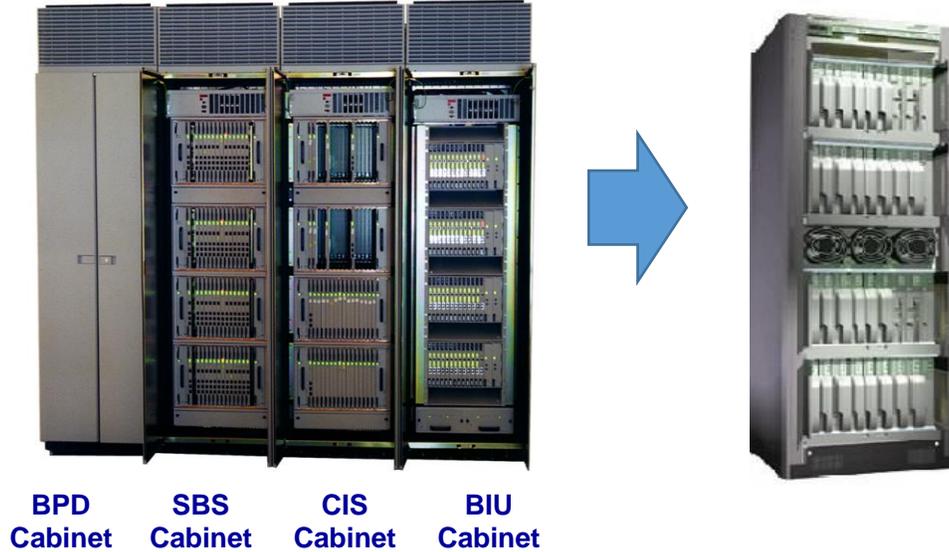


Figura 3. Migración de BTS a RBS

#### 4.2 Tema y Problemática

El tema de este trabajo no solo consiste en mencionar el trabajo de integración que requería la migración en sí, sino también el mantenimiento y optimización del servicio posterior a esta. Algunos ejemplos para visualizar mejor estos conceptos se presentan a continuación:

- La incorporación de nuevas tarjetas de procesamiento de voz/datos.
- Aplicación de protocolos de resolución de problemas (troubleshooting) en dispositivos fuera de servicio.
- La adición de nuevas portadoras o reconfiguración de parámetros a nivel lógico para aumentar la capacidad de usuarios en el sitio.

Uno de los problemas principales que se presentaron al comienzo del proyecto, consistía en que muchos ingenieros en la empresa no se encontraban familiarizados con la integración de CDMA, ya que la mayoría de los proyectos de esta envergadura involucraba más usualmente a tecnologías como GSM, WCDMA y LTE; esto debido a que la empresa no había desarrollado con anterioridad tecnología basada en CDMA lo suficientemente viable como para presentar propuestas basadas en esta solución. Esto dificultó mucho el formar un equipo con las aptitudes técnicas suficientes para enfrentar los obstáculos del proyecto.

## Capítulo Quinto. Contexto de la Participación Profesional

Durante mi formación académica como ingeniero, desarrollé al igual que mis demás compañeros y colegas; la capacidad de detectar problemas, analizarlos de la mejor manera posible y aplicar el método más eficiente para así resolverlos.

Primeramente había que tener sólidos conocimientos en el área de las tecnologías y de las telecomunicaciones, lo cual cubría debido a que mi elección como módulo de salida fue en el área de electrónica y como es bien sabido, el plan de estudios de la carrera incluye asignaturas relacionadas con telecomunicaciones, tales como: sistemas de comunicaciones electrónicas, procesamiento digital de señales, electrónica para telecomunicaciones, entre otras.

Cuando el equipo que estaría encargado de la integración para el proyecto de Sprint fue conformado; como se mencionó anteriormente, ninguno estaba familiarizado con la tecnología que se estaría manejando durante las actividades correspondientes a integración en CDMA y LTE, ni siquiera los colegas que ya contaban con más experiencia en el área.

Por lo tanto procedí a estudiar toda la literatura del tema que estuviese disponible, tales como: Hojas técnicas (datasheet) de los equipos diseñados por la empresa y que serían empleados durante la reestructuración de la red de Sprint, fundamentos teóricos de CDMA y LTE, topologías de las redes que serían aplicadas en el proceso, así como la familiarización con las respectivas herramientas para configuración remota de todos los equipos.

Conocer todos estos conceptos de manera sólida y de igual manera comunicarlos correctamente de manera escrita y verbal en el idioma inglés era de vital importancia, ya que las actividades de un ingeniero integrador debían sincronizarse vía remota con el trabajo de los técnicos en sitio (FE), así que resultaba de suma importancia comprender de manera profunda toda la parte técnica del proyecto, en especial, la arquitectura de red, así como de manera individual los elementos que la conformaban en el sentido funcional.

Lo anterior implica desde el punto de vista técnico-ingenieril algunos de los siguientes puntos:

- Analizar los componentes electrónicos para así comprender el procesamiento de las señales a través de ellos para así discernir su comportamiento resultante o la señal de salida en cada dispositivo que así lo requiriese.
- Conocer y comprender todos los protocolos de señalización involucrados, así como todos los puertos y conexiones necesarios para cumplir con los requerimientos del proyecto.
- Entender el sistema operativo Unix, para así poder realizar todas las modificaciones que así lo requieran a nivel lógico.
- Correcta interpretación de los datos o parámetros visualizados en la misma consola.

Si lo anterior lograba ser dominado por el ingeniero, resultaba con relativa facilidad las actividades de integración que en la mayoría de los casos se relacionan a su vez con la resolución de problemas en sitios ya previamente completados.

## Capítulo Sexto. Metodología Utilizada

### 6.1 Actividades de Integración

El proyecto se dividió en cierto número de actividades y sub-actividades, ninguna de ellas ajena a la parte de integración. Las metodologías empleadas en cada una de las actividades podían variar significativamente, dependiendo del objetivo de la tarea. Durante el transcurso de la primera etapa del proyecto, diversos documentos fueron desarrollados, estos se dividían en las actividades con las que el ingeniero se podría llegar a encontrar a lo largo del proyecto. Estos documentos (MOP - Method Of Procedure) contenían una serie de algoritmos o procesos que seguir en caso de hallarse con una situación similar.

Algunos de las actividades con las que el ingeniero se encontraba a lo largo de su trabajo diario se muestran a continuación:

- Retiro de servicio y desmontaje de equipo antiguo (BTS).
- Integración de equipo tipo DBA (CDMA).
- Integración de tarjeta de datos AEM.
- Integración de equipo tipo DUL (LTE).
- AEM sobre DOM.
- Tower Work.
- Ground Work.
- Troubleshooting.
- Adición de un módulo externo de tarjetas de procesamiento de voz y datos.

A pesar de seguir con los procesos descrito en los MOPs, algunas situaciones externas y completamente fuera de los métodos de procedimiento podían salir a relucir; en esos casos solo la experiencia o el trabajo en equipo parecían ser las únicas opciones viables para resolver las situaciones inesperadas.

### 6.2 Metodología Pre Integración

La metodología en general consistía en la correcta definición del objetivo de trabajo que se realizaría en el sitio asignado, así como una examinación previa; con esto me refiero a un chequeo del estatus del sitio antes de comenzar la integración. Si este o alguno de los sitios trabajados a lo largo del día contenían un desperfecto en su estructura y por lo tanto una afectación en el servicio, este problema tenía que ser solucionado antes de comenzar los procesos de migración. En estos casos particulares se hacía mucho hincapié en este punto, ya que si por alguna razón el sitio al final de las actividades de integración contenía algún imperfecto en él, que se viera reflejado en afectación de servicio y además no era posible solucionarse en ese momento, el ingeniero se veía obligado a regresar el sitio a la configuración previa y dejarlo tal y como se encontraba antes de iniciar. Una vez que el

ingeniero era informado sobre la reparación del problema suscitado con anterioridad, se procede nuevamente con los procesos de integración.

Información básica para el proceso de integración debe ser reunida y verificada de manera que esta se encuentre completa de acuerdo a los requerimientos y al planteamiento del objetivo. Alguna de esta importante y vital información se puede consultar en los siguientes puntos enlistados a continuación:

- Que el equipo de Scripting haya terminado o al menos se encuentre trabajando en los scripts (programas previamente realizados, que contienen información vital para la correcta y completa configuración de los parámetros del sitio y que además se ejecutan automáticamente por medio de algunos códigos) del sitio asignado.
- Verificar con el técnico en sitio (FE), que todo el equipo haya sido instalado de manera propia y satisfactoria.
- Revisión de conexión remota IP con los equipos en sitio, en caso de no contar con conectividad se realiza un chequeo a los protocolos de enrutamiento, puede ser verificado por el integrador o por el equipo de IPBH (IP Backhaul<sup>6</sup>).

Los scripts son parte fundamental del proceso de integración ya que sin ellos, el equipo quedaría parcialmente integrado o lo que es igual, sin capacidad para que el sitio opere de manera adecuada. Debido a esto los scripts una vez disponibles, el integrador debe encargarse de analizarlos detenidamente, esto para que al ejecutarlo no se produzca un error que pueda tomar demasiado tiempo en resolver; para esto el integrador cuenta con formatos en Excel, los cuales contienen toda la correcta configuración del sitio y esta a su vez debía coincidir con la plasmada en los archivos de configuración o scripts, en caso de identificar un problema con algún valor o parámetro, se debe contactar al equipo de Scripting para que se encargue de corroborar el error informado y en caso de concordancia se procede a generar nuevos archivos con la correcta configuración.

La segunda parte fundamental de la metodología empleada en Ericsson como ingeniero de integración consiste en lo relativo a sistemas, el comprender a nivel general el funcionamiento del sistema operativo UNIX es fundamental para desarrollar las actividades como integrador. La estructura de UNIX funciona a la perfección para este tipo de tareas, ya que aunque yo no estuviese familiarizado del todo con este sistema operativo no gráfico a base de comandos muy similar a la consola MS-DOS de Windows, considero que fue convenientemente fácil de entender y comenzar a usar.

---

<sup>6</sup> Ver Glosario

### 6.3 Metodología durante la Integración

Una vez teniendo en orden todos los puntos mencionados anteriormente, se puede considerar que la actividad comienza. Accedemos a la BSC<sup>7</sup> que no es más que una aplicación o nodo desde donde se controlan, administran y se da mantenimiento a más de 200 sitios. Pueden llegar a existir hasta cuatro BSCs por región.

Con ayuda de los comandos de UNIX correspondientes a comunicación (SSH/Telnet/FTP) y la IP que identificaba a los sitios, era capaz de acceder de manera remota a cada uno de ellos, y desde ahí proceder a cargar los scripts; esto se realizaba con el protocolo de transferencia de archivos FTP y además especificando el directorio desde la raíz, en donde previamente fue colocado la carpeta .zip con los scripts en ella. Era necesario cargar los scripts hasta cierto directorio en específico, debido a que ahí se encontraba un complemento UNIX llamado sequencer, el cual nos permitía ejecutarlos de manera automática e incluso visualizar el avance de la configuración en tiempo real con ayuda de algunos comandos de procesamiento de archivos como por ejemplo el comando “tail”.

En caso de que el script se ejecutase de manera satisfactoria, el próximo paso visto desde una perspectiva muy general, consistía en realizar una revisión muy detallada del sitio, incluyendo pruebas de conectividad con cada uno de los dispositivos involucrados en la topología de red, la correcta configuración de los parámetros ajustados por el script, así como el correcto funcionamiento del sitio o en otras palabras, que el sitio se encuentre ofreciendo servicio de voz y datos.

---

<sup>7</sup> Ver Glosario

## Capítulo Séptimo. Participación Profesional

A lo largo de este capítulo pretendo llegar un poco más a fondo en cuanto a las actividades que desempeñaba como integrador; cada uno de los alcances, temas u objetivos que fueron enlistados en el capítulo relativo a “Actividades de Integración” serán vistos más profundidad.

En las Figura 4 se observa a grandes rasgos la arquitectura de red correspondiente a la parte de Radio Acceso (RAN). Esta topología es una entre varias soluciones que la empresa ofrece a sus clientes dentro de sus servicios, por lo tanto fue la opción más viable que Sprint pudo elegir para cubrir sus necesidades en cuanto a ofrecer un mejor servicio y en cuanto a competitividad en el negocio.

### 7.1 Componentes en la Red de Radio Acceso

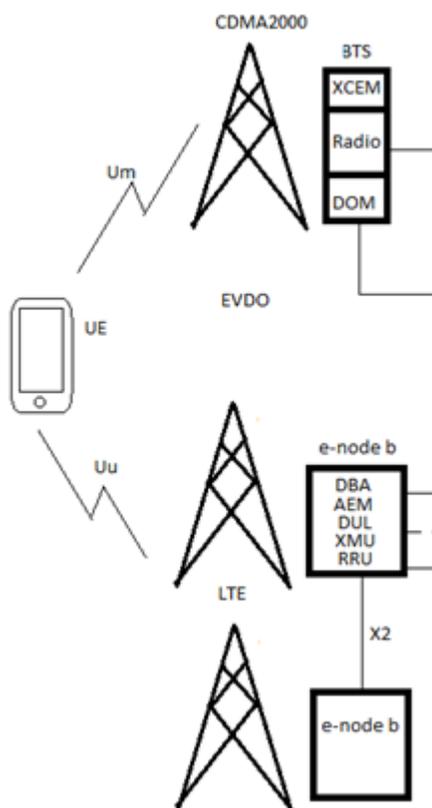


Figura 4. Red de Radio Acceso

Esta topología de red muestra a ambas tecnologías CDMA y LTE trabajando conjuntamente para ofrecer servicios de voz y datos respectivamente. Además es importante resaltar que todos estos bloques constituyen las BTS y RBS, que en esencia son una serie de gabinetes, los cuales albergan todos estos módulos.

A continuación se describe de manera breve la función de cada uno de estos módulos:

#### 7.1.1 BTS

XCEM - Extended Channel Element Module. Módulos de tarjetas que se almacenan en un gabinete y su función es el procesamiento de las señales pertenecientes a la voz.

RRU – Permiten la recuperación de las señales de voz una vez recibidas.

DOM - Módulos de tarjetas que se almacenan en un gabinete y su función es el procesamiento de las señales pertenecientes a los datos.

### 7.1.2 RBS

DBA - Módulo de control capaz de recibir señales bajo VoIP o ATM, alberga ambas funcionalidades, procesamiento de voz y datos.

DUL - Esta tarjeta es responsable del manejo de los recursos de radio. La unidad provee de: switching, manejo de tráfico, sincronización y funciona como interfaz de radio.

XMU - Su principal función es la multiplexión de las señales provenientes de la DBA (CDMA) y la señal de la DUL (LTE), para así compartir equipo de radios (RRU).

AEM - Tarjeta procesadora de datos. Fue la solución de la empresa de las tarjetas DOM (diseñadas y fabricadas anteriormente por Nortel). Estas tarjetas pueden ser internas en la DBA o externas.

Es importante un entendimiento general del funcionamiento de estos módulos de procesamiento, ya que las actividades como ingeniero integrador se centraban en ellos.

A continuación se presentaran un desarrollo más detallado de mi participación en el proyecto, utilizando las actividades más completas para así cumplir el objetivo principal de este trabajo, el cual es que todo lector de él tenga la certeza de comprender de manera general las actividades de un ingeniero integrador.

## 7.2 Desarrollo de Procesos de Integración

### 7.2.1 Retiro de servicio y desmontaje (Decommissioning) de equipo BTS

Esta actividad no se encuentra ente las más complejas pero la escogí con el fin de profundizar de mejor manera en uno de los objetivo de este proyecto, el cual es el mejoramiento de la infraestructura de Sprint en la parte de Radio Acceso. Esto por lo tanto requiere que el equipo con el que Sprint solía dar servicio de GSM y WCDMA a sus usuarios, sea finiquitado y por lo tanto retirado del sitio.

Me he referido a través de todo el trabajo a este equipo como BTS, que como ya vimos anteriormente cuenta con equipo de procesamiento de señales bajo el protocolo ATM, mejor conocido como T1, el cual es un estándar de entramado y señalización para transmisión digital de voz y datos basado en PCM (Modulación por Codificación de Pulsos).

Esta actividad se realiza con la ayuda de un técnico en sitio (FE), ya que se necesitan realizar actividades desde ambos extremos. Una vez que el FE se encontraba en el sitio que le fue asignado, se comunicaba con el equipo de integración directamente en las instalaciones de la empresa, informando el objetivo de la actividad, el cual se identificaba como "Decommissioning".

Una vez esto, el Ingeniero Integrador procedía a acceder a la red de la empresa correspondiente al proyecto de Sprint mediante los correspondientes accesos; posteriormente procedía a conectarme a la aplicación llamada BSC, la cual era capaz de albergar más de 200 sitios a nivel lógico. Esto se realizaba mediante los protocolos de comunicación dentro del lenguaje de UNIX (ssh y telnet).

Una vez localizado el sitio en la aplicación, se procedía a revisar su estatus actual (chequeo de la calidad del servicio, las portadoras de voz y datos, alarmas preexistentes, entre otras) así como de guardar una copia de esa información, esto debido a que si llegase a existir un problema que no fuese capaz de solucionarse en ese momento, se procedía a dejar el sitio tal y como se encontraba previo al inicio de las actividades.

Es importante señalar el tema de Alarmas activas en sitio, ya que cualquiera de las actividades realizadas como integrador deben consistir en dejar en forma el sitio; con esto no solo me refiero a que el sitio ofrezca plenamente servicio de voz y datos a los usuarios sino que este no debe contener ninguna alarma relacionada con afectación de servicio (service affecting).

Más adelante en el apartado sobre mi participación en la actividad correspondiente a resolución de problemas “7.3 Troubleshooting”, se mostraran las alarmas que se presentaban con más frecuencia durante los procesos de integración y se dividirán en las dos categorías existentes (con afectación de servicio y sin afectación de servicio).

Regresando al sitio en el cual se aplicaban los procesos bajo el objetivo de Decommissioning y considerando que luce bien en la revisión general previa de parámetros; se procede a poner fuera de servicio el sitio; esto para evitar accidentes de tipo eléctrico y reducir al mínimo la radiación emitida por los dispositivos en la torre (antenas y radios). Los comandos para apagar el sitio por completo no pueden ser mostrados en este trabajo por cuestiones de confidencialidad.

Una cuestión relevante en este punto del proceso, se refiere a que a pesar de que el equipo BTS se encuentra ya totalmente fuera de servicio y el equipo de técnicos en sitio procede a la instalación del nuevo (RBS), el equipo BTS aún no puede ser desmantelado ni mucho menos retirado del sitio; esto ya que si el proceso de integración de RBS se ve invadido de problemas durante o a la finalización del mismo, recurría a realizar un procedimiento llamado “rollback”, el cual consiste en regresar a la configuración BTS en caso de que el problema persista.

### 7.2.2 Integración de equipo tipo DBA (CDMA)

Algunas metodologías pueden considerarse válidas para la mayoría de los procesos que se llevan a cabo y la integración de DBA no es la excepción.

La serie de procesos que se tienen que tomar en cuenta antes de comenzar la integración de DBA fueron detallados en el capítulo relativo a “Metodología Pre Integración”. Por lo tanto consideraré esta serie de procesos como acreditados para iniciar la integración y entrar por completo a la integración como tal.

Con los scripts una vez posicionados en su correspondiente directorio, se procede a ejecutarlos mediante una serie de comandos. Como se ha hecho hincapié, era muy recomendable monitorear la ejecución del mismo, debido a que, en el caso de que surgiese un error durante el proceso, este pudiese localizarse de manera rápida. Esto contribuía de manera eficiente no solo en la integración del sitio sino en los procesos de resolución de problemas.

Una vez ejecutados de manera satisfactoria, comenzaba una revisión de la nueva configuración realizada en la BSC donde el sitio se alberga a nivel lógico. Con esto la DBA debía ser ya visible desde la aplicación y pudiendo incluso realizar pruebas de conectividad con ella.

Al tener conectividad IP con la DBA, procedía a realizar una serie de configuraciones de enrutamiento en ella. Su correspondiente IP así como su máscara de subred debían ser configurados con el objetivo de que la DBA quedase completamente activada y por lo tanto permitiese la modificación de sus parámetros de RF, así como a las respectivas tarjetas internas de voz y datos, vía scripts.

El procesamiento en tarjeta de voz interna en la DBA (CEM) podía ser visualizado inmediatamente después de los script. Las llamadas activas en tiempo real entre otros parámetros como por ejemplo VSWR<sup>8</sup>, y parámetros relacionados con QoS eran capaces de ser visualizados en la aplicación conocida como MTX, a la cual se podía acceder a través de la BSC con las correspondientes credenciales.

### 7.2.3 Integración de tarjeta de datos AEM

La tarjeta procesadora de datos, interna en la DBA (AEM) debía ser integrada de manera individual, para esto debía ser capaz de tener conectividad IP (En el capítulo correspondiente a “troubleshooting” se darán algunas metodologías usadas en caso de que existiese conectividad IP con las tarjetas). En caso afirmativo, procedía a realizar las modificaciones en sus parámetros de red (IP, Subnetmask), para así ser capaz de activarla y

---

<sup>8</sup> Ver Glosario

por lo tanto habilitar los protocolos de comunicación ssh y ftp, para así tener acceso remoto a ella y ser capaz de cargar sus respectivos scripts de configuración.

Los scripts correspondientes a la configuración de las tarjetas de datos AEM, principalmente establecían los parámetros correspondientes a las portadoras destinadas al manejo del procesamiento de datos y parámetros destinados al proceso de handover<sup>9</sup>. El número de carriers o portadoras configuradas en un sitio dependía de la capacidad del sitio y de la ubicación geográfica del mismo.

Una vez concluida la integración y la correcta revisión de los parámetros, se procedía a comprobar el debido procesamiento de datos en tiempo real a través de la tarjeta, si el o los carriers llevaban de manera distribuida dicho procesamiento, se consideraba satisfactoria la integración de la tarjeta AEM.

Para finalizar el proceso, era necesario como se había mencionado en ocasiones anteriores, la verificación de las alarmas en sitio. Estas eran capaces de visualizarse directamente en la interfaz lógica de la DBA (BSC). Algunas de las alarmas más usuales que se presentaban durante los procesos se detallan en el siguiente capítulo.

### 7.3 Troubleshooting (Metodologías para resolución de alarmas activas en sitio)

El tema de Troubleshooting se encuentra completamente relacionado con la resolución de problemas debidos a las alarmas activas en sitio posteriores o durante las actividades de integración.

Para esclarecer de mejor manera el tema de las alarmas que son y no son consideradas como “service affecting”, se muestran algunos ejemplos para ambos casos.

#### 7.3.1 Alarmas consideradas como afectación de servicio:

Algunos ejemplos de este tipo de alarmas se muestran a continuación:

- Falla en alguno de los puertos en los equipos de procesamiento (requiere cambio de equipo).
- Error durante el proceso de “Software Upgrade” en alguna de las tarjetas.
- Falla física en los radios, antenas o RETs.
- Error durante la carga del módulo GPS o alguna relacionada con este.
- Configuración incorrecta mediante Scripts.
- Pérdida de conectividad IP con alguno de los equipos.

---

<sup>9</sup> Ver Glosario

- Falla en equipos de alimentación eléctrica<sup>10</sup> (PSU, PCU o PDU), SAU (Unidad de alarmas externas al gabinete RBS).

### 7.3.2 Alarmas consideradas como no afectación de servicio

Algunos ejemplos de este tipo de alarmas se muestran a continuación:

- Puerta del gabinete abierta.
- Falla en ventiladores (Fan).
- Falla durante la carga automática del Log de mantenimiento (Archivo con registro diario de actividades por sitio).

A continuación se desarrollaran de manera concisa las alarmas más relevantes, así como las causas que las propiciaban, los protocolos o metodologías que se aplicaban para llegar a las soluciones de los problemas que derivaban en afectación de servicio. Estos procesos se realizaban basados en documentos previamente diseñados o incluso bajo el criterio basado en la experiencia del ingeniero.

### 7.3.3 Falla en alguno de los puertos en los equipos de procesamiento

Este caso podría llegar a relacionarse con el de pérdida de conectividad IP con equipos; ya que este problema se debía a la incorrecta conexión, falla en los puertos o daños en las fibras ópticas, cables coaxiales o RJ-45. El técnico en sitio era el principal actuador en estos casos, ya que él se encargaba de revisar de manera pertinente todo lo mencionado.

En caso de un visto bueno por parte del técnico en sitio, se procedía a revisar junto con el equipo de IPBH, todos los protocolos de enrutamiento usados. En muchas ocasiones se encontraban algunos puertos de comunicaciones no habilitados aún, por lo que se procedía a habilitarlos y verificar de nuevo conectividad, en caso de contar aún con una correcta conexión, se continuaba con la respectiva integración; en caso contrario (no conexión), se concluía que el equipo en cuestión se encontraba dañado y por lo tanto se requería un reemplazo del mismo de forma inmediata para concluir con la actividad.

### 7.3.4 Falla física en los radios, antenas o RETs<sup>11</sup>

Para este caso, primeramente se debía inspeccionar la configuración relativa a los dispositivos RF, para esto era primordial conocer de manera precisa el fabricante de las antenas y radios colocados en la torre, esto debido a que ciertas antenas y radios requieren configuraciones en específico. En muchos casos la falla radicaba en la errónea configuración de estos dispositivos debido al variado tipo de marcas que existen con diferencias en sus especificaciones técnicas. Si el error localizado consistía en una incorrecta configuración, se debía informar al equipo encargado de generar scripts (Scripting Team), para que estos

---

<sup>10</sup> Ver Glosario

<sup>11</sup> Ver Glosario

podiesen generar nuevos archivos con la nueva información de reconfiguración requerida en ellos.

En caso de confirmarse que la configuración establecida es la correcta, procedía a informar al equipo de torre para así ellos verificar la propia conexión de los dispositivos, así como de su correcto funcionamiento. Si el equipo en la torre notaba alguna irregularidad en los equipos, procedían a hacerse cargo y esto se veía reflejado en la limpieza de las alarmas relacionadas con el problema, así como con la restauración del servicio.

Existe un caso muy particular para el caso de los RETs (Dispositivos conectados a las antenas, los cuales modifican el ángulo de inclinación y por tanto la dirección de propagación de la señal de dichos dispositivos en función de las especificaciones requeridas). Estos dispositivos contienen un número de serie dependiendo del fabricante, estos números deben ser introducidos en el sistema para su correcto funcionamiento. En caso de la pérdida de comunicación con estos dispositivos, procedía a revisar su correspondiente configuración, por lo tanto a confirmar el correcto serial establecido; esto se realizaba en conjunto con el equipo de torre ya que ellos eran capaces de revisar los números reales impresos en etiquetas sobre los equipos.

#### 7.3.5 Falla en equipos de alimentación eléctrica (PSU, PCU o PDU), SAU (Unidad de alarmas externas al gabinete RBS)

Este tipo de alarmas solían activarse debido a la incorrecta configuración de los dispositivos a nivel lógico. En este caso la comunicación con el técnico en sitio era vital, ya que ellos se encargaba de informar el número de dispositivos (PDUs, PSUs y PCUs) instalados dentro del gabinete RBS. Conociendo con certeza la cantidad de dispositivos de alimentación eléctrica, se procedía a cambiar la configuración, ya que con frecuencia esta alarma se activaba debido a que el número de dispositivos instalados no coincidían con los configurados en el sistema. Posterior a la reconfiguración mencionada, existía la posibilidad de que la alarma siguiese activa, en este caso, el técnico en sitio procedía a realizar pruebas individuales a los dispositivos y con frecuencia se detectaba uno o varios de ellos con problemas de funcionamiento, por lo tanto se procedía a reemplazar por equipo nuevo. Con esto se solía solucionar los problemas de hardware, sin embargo el reemplazo de equipo siempre debía ser la última opción por cuestiones presupuestales.

## RESULTADOS

Sprint es el tercer operador celular más grande en los Estados Unidos solo rebasado por Verizon Wireless y AT&T. Considero que los resultados del proyecto son un reflejo en los niveles de crecimiento que ha tenido Sprint durante el último año en cuanto a niveles de confiabilidad por parte de sus usuarios, posicionando a Sprint cerca de su rival más cercano Verizon Wireless. Estos niveles son reflejo de la calidad del servicio proporcionado por su nueva y mejorada red, implementada durante el proyecto donde fue participe.

Los resultados obtenidos se traducen en los sitios que en estos momentos se encuentran trabajando a su máxima capacidad y sin problemas mayores que afecten en su servicio. Las actividades para realizar estos objetivos no hubiesen podido realizarse de esa manera sin un amplio conocimiento de todos los sistemas implicados en las redes de radio acceso.

Todas estas habilidades vitales para la correcta realización de proyectos de esta índole fueron desarrolladas durante mi formación profesional universitaria. Desde la capacidad para entender las respectivas técnicas de transmisión de datos a través del aire, así como los dispositivos de radio frecuencia involucrados en el diseño e implementación de la red, pasando por la comprensión a nivel componente electrónico de las tarjetas que se encargan de los procesamientos de estos datos bajo los protocolos de la interface de acceso múltiple por división de código; seguido de la parte de sistemas, en donde estas tarjetas eran configuradas mediante arquitectura UNIX para habilitar el procesamiento de dicha información y ser capaz de comprender los datos técnicos que las aplicaciones de administración desplegaban, para así poder tomar decisiones basadas en mi criterio que a su vez se basa en el conocimiento adquirido y en la propia experiencia, lo cual fue de mucha utilidad para resolver problemas surgidos durante las actividades.

Deseo hacer énfasis en que mi área ingenieril (electrónica), me permitió comprender más a fondo las partes antes mencionadas sobre los dispositivos electrónicos usados, así como las tarjetas y los componentes electrónicos que las forman. Ya que en su mayoría, el equipo se formaba por ingenieros de áreas computacionales y sistemas.

Por esta razón considero que una de mis más notables aportaciones durante el proyecto fue la asignación para realizar dos manuales técnicos, centrándome en el principio de funcionamiento de dos dispositivos, los cuales eran de vital importancia durante los trabajos de integración; estos eran los siguientes:

- RET - Remote Electrical Tilt – Motor a pasos controlado remotamente. Este se conecta a la antena y define su ángulo de inclinación.
- AEM – Access EVDO Module – procesamiento de datos basado en un dispositivo CPLD.

## **CONCLUSIONES**

El objetivo de este trabajo consistió en dar a conocer de manera general y concisa las actividades que desempeñaba como ingeniero integrador en la empresa, así como particularmente mis labores dentro del proyecto de optimización a la infraestructura de Radio Acceso de la red de Sprint.

Introduje y manejé los conceptos teóricos suficientes y sus aplicaciones prácticas dentro del mundo de la telefonía móvil, entre las más importantes tenemos: CDMA, Comunicación IP, procesamiento de señales de voz y datos, manejo del sistema operativo UNIX como administrador de redes, entre otros.

Destaqué la importancia de la formación académica en este campo laboral, ya que es de consideración la gran cantidad de información técnica que se debe asimilar y por lo tanto, tomar en cuenta para realizar dichas actividades, así como si es el caso aplicar el propio criterio profesional para tomar decisiones de suma relevancia.

Se dieron a conocer los retos más relevantes con los que lidiaba con frecuencia y su respectiva solución desde una perspectiva muy general. No solo los que se conocían desde el planteamiento del objetivo al comienzo del proyecto, sino los que surgían de manera prácticamente inesperada y que debían resolverse a toda costa, con la intención de que la afectación de servicio fuese mínima.

Considero que logré plasmar de manera general uno de los objetivos principales de este trabajo, el cual es la metodología o serie de procesos que debían seguirse de acuerdo a las diferentes actividades durante la participación profesional. A pesar de que algunos de estos procesos son comunes y hasta repetitivos en todas las actividades, se debían de tomar a consideración cada uno de ellos para así llegar al resultado esperado de la manera más eficientemente posible.

## BIBLIOGRAFÍA

Amit Dumar, Dr. Yunfei Liu. (2010). Evolution of Mobile Wireless Communication Networks: 1G to 4G. College of Information Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing, China.

Bruschweiler, Paul. (2012). RBS 6000 Maintenance and Commissioning. Ericsson. Disponible en: <http://es.slideshare.net/MohamedAbdelgader/rbs-6000-maintenance-and-commissioning>. Fecha de Consulta 15/01/17.

CDMA Architectural Excellence. (2014). Ericsson Internal.

Integration Engineer. (Nov 22, 2016). Ericsson. Tecnoparque, Mexico City, MX. Disponible en: <https://jobs.ericsson.com/job/Tecnoparque-Integration-Engineer/371432800/>. Fecha de Consulta 15/01/17.

Maya, Miguel Ángel. (2014). Arquitectura CDMA/LTE. Cursos. Ericsson Tecnoparque México.

RBS 6201 and BBS 6201 Installation. (2009). Ericsson. <http://es.slideshare.net/zine22/1-introduction-to-rbs-6000-family>. Fecha de Consulta 15/01/17.

Stanic, Pablo E. (2014). Network Architecture and Evolution (CDMA/LTE). Ericsson Tecnoparque México.

## **GLOSARIO**

AEM - Access EVDO Module. Tarjeta correspondiente al procesamiento de datos. Está integrada internamente en la DBA.

Backhaul - Es la porción de una red jerárquica que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo, y las subredes en sus bordes. Algunos ejemplos: IP, ATM, T1/E1.

BIU - Backhaul Interface Unit. Interface de conexión a las aplicaciones de administración (BSC, MTX).

BPD - Breaker Power Distribution cabinet.

BSC – Base Station Controller. Controlador de las Radio Bases.

BTS – Base Transceiver Station

CDMA – Code Division Multiple Access (3G)

CIS - CDMA Interconnect Subsystem. Gabinete para ruteo en distribución de Frecuencia y tiempo.

DBA - Digital Baseband Advanced

DUL - Digital Unit LTE

GSM – Global System For Mobile (2G)

Handover – Proceso utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente en una de las estaciones.

LTE – Long Term Evolution (4G)

PCU - Power Connection Unit. Conecta la energía entrante de la RBS a las unidades de suministro de energía (PSUs) en la RBS.

PDU - Power Distribution Unit. Es la unidad de distribución interna en la RBS. Su función principal es distribuir los 48 V DC a las unidades que lo requieran como lo RRUs.

PSU - Power Supply Unit. Su función principal es convertir el voltaje entrante a -48 VDC.

RBS – Radio Base Station

RET – Remote Electrical Tilt

RRU - Remote Radio Unit

SAU - Support Alarm Unit. Es una unidad de supervisión de alarmas, el cual soporta y monitorea las alarmas externas provenientes del equipo externo en la RBS. También monitorea las fallas en los ventiladores.

SBS - Selector Bank Subsystem. Gabinete para procesar las llamadas.

WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access (3G)

VSWR – Voltage Standing Wave Ratio. El parámetro VSWR es una medida que numéricamente describe que tan bien esta acoplada la impedancia de la antena al radio o la línea de transmisión a la cual está conectada.

XCEM - Extended Channel Element Module. La Tarjeta XCEM ejecuta procesamiento de señales de voz. La tarjeta puede presentarse de forma interna en la DBA o como un módulo de extensión externo.

XMU - AuXiliary Multiplexing Unit.

# CDMA 1X AND EVDO ROADMAP

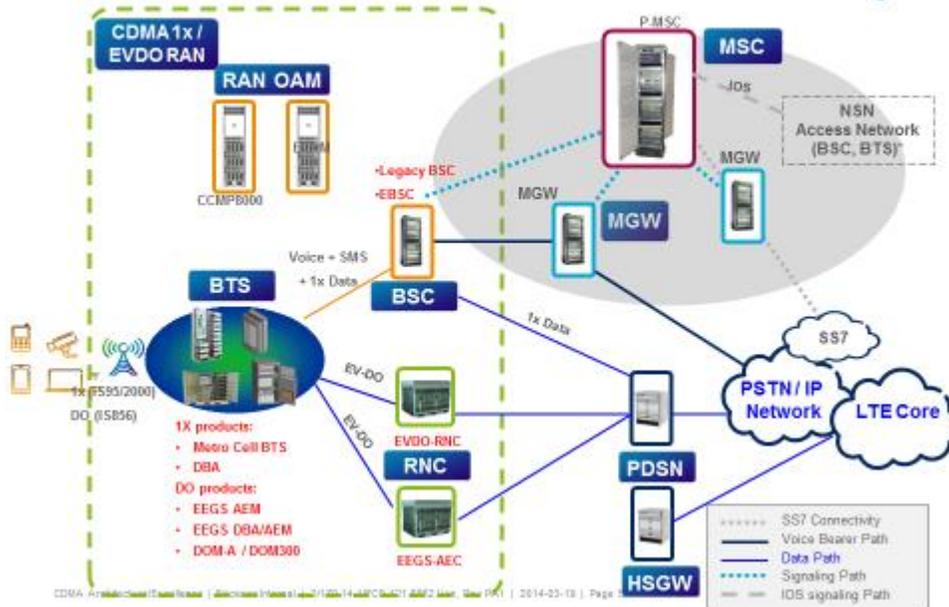
## › Standards Compliance

- Ericsson 1X products support 1x Advanced.
- Ericsson EVDO products has two product lines.
  - › EVDO product line supports Rev-B and DO Advanced.
  - › EEGS product line supports Rev-A and DO Advanced.



CDMA Architectural Excellence | Ericsson Internal | 31170 14-1PCF 121 0052 User, Rev RA | 2014-03-18 | Page 4

# CDMA NETWORK ELEMENTS

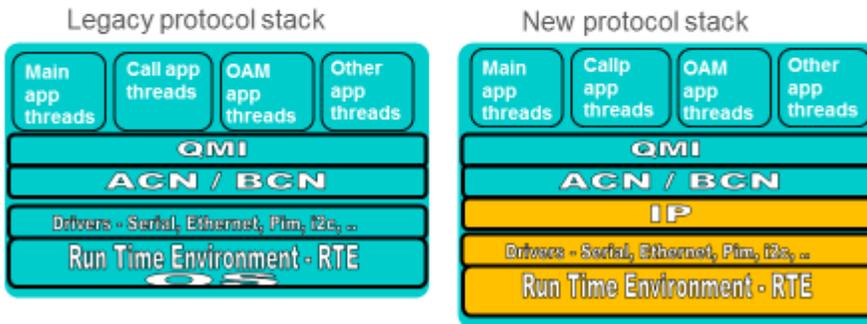


CDMA Architectural Excellence | Ericsson Internal | 31170 14-1PCF 121 0052 User, Rev RA | 2014-03-18 | Page 5

# PROTOCOL STACK EVOLUTION

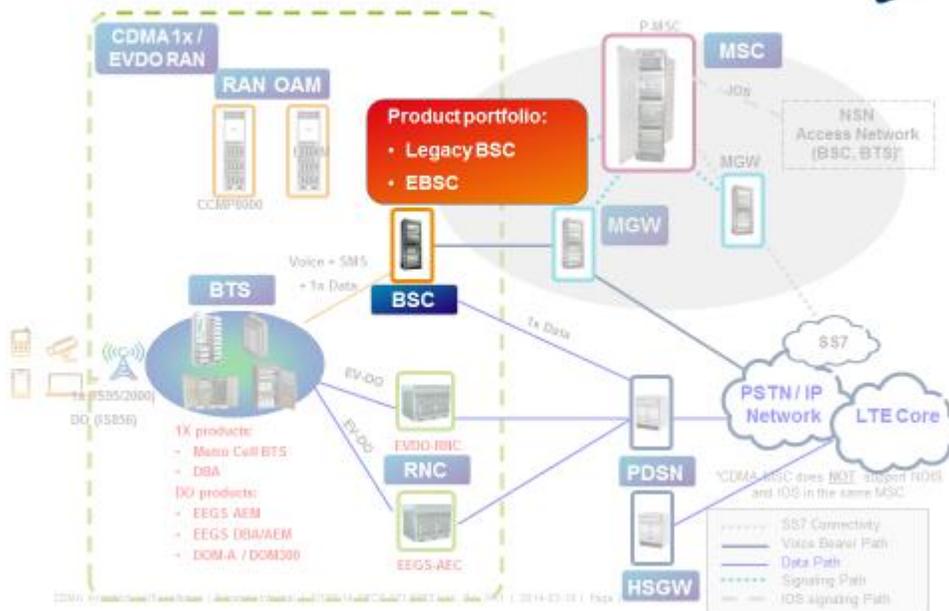


- > CDMA legacy product is built on top of QUALCOMM platform.
- > CDMA current product is built on top of new platforms
- > Migration
  - Connectivity between BTS and BSC are changed from T1 to IP.
  - Connectivity between EBSC shelves / blades are migrated from ATM based to IP based.
  - Minimal change on application layer.



CDMA Architectural Excellence | Ericsson Internal | 3/170 14-1PCP 121 6852 Use, Rev PA1 | 2014-03-19 | Page 6

# CDMA NETWORK ELEMENTS



CDMA Architectural Excellence | Ericsson Internal | 3/170 14-1PCP 121 6852 Use, Rev PA1 | 2014-03-19 | Page 7

# BSC PLATFORM



## Legacy BSC



BPD Cabinet SBS Cabinet CIS Cabinet BIU Cabinet

Minimum 4 Frames.

1. BPD - Breaker Power Distribution cabinet.
2. SBS - Selector Bank Subsystem cabinet for call processing
3. CIS - CDMA Interconnect Subsystem cabinet for routing and timing/ frequency distribution.
4. BIU - Back-haul Interface Unit for to the LPP at the MTX or to network BTSs.

## Enhanced BSC

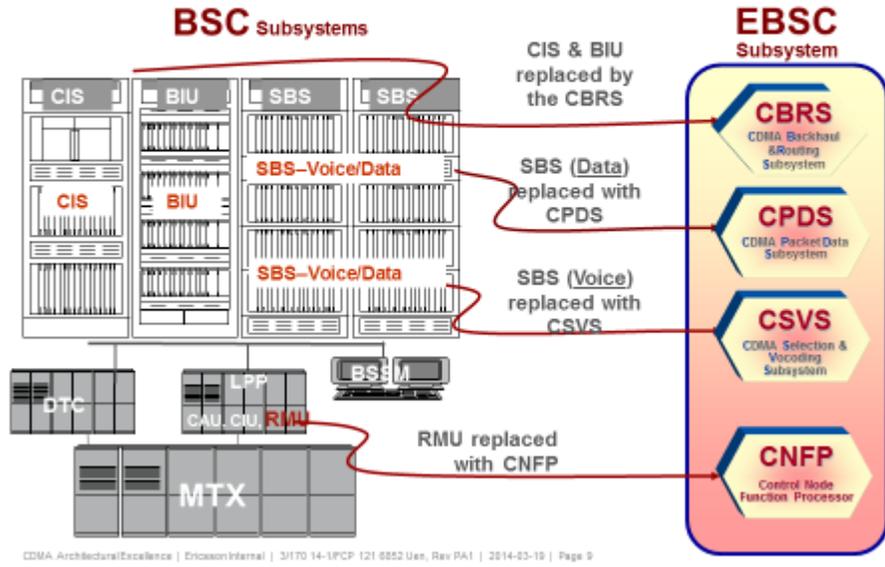


PPX 15000 platform

- › 40 Gb redundant fabrics
- › Redundant AC and DC Power Options
- › 16 slots/ chassis; 2 chassis/ frame
- › Standard 2125\*800\*600mm ETSI/NEBS footprint
- › Application Server Functional Processor
- › GigE, T1/ E1, OC3c/STM-1 ATM

CDMA MTX or to network BTSs | 31170 14-1PCP 121 6852 Use, Rev PA1 | 2014-03-18 | Page 8

# BSC PLATFORM EVOLUTION



CDMA Architectural Excellence | Ericsson Internal | 31170 14-1PCP 121 6852 Use, Rev PA1 | 2014-03-18 | Page 9

# SMALLER FOOTPRINT AND FLEXIBLE DEPLOYMENT



**Significant reduction in footprint and power consumption**

92+% Footprint Reduction vs. legacy BSC\*

80+% Power Consumption Reduction vs. legacy BSC\*

**Flexible Deployments**

**Fully Redundant EBSC**

100% hardware & software redundancy

**High Density EBSC**

Trades Call Processing redundancy for smaller footprint, cost

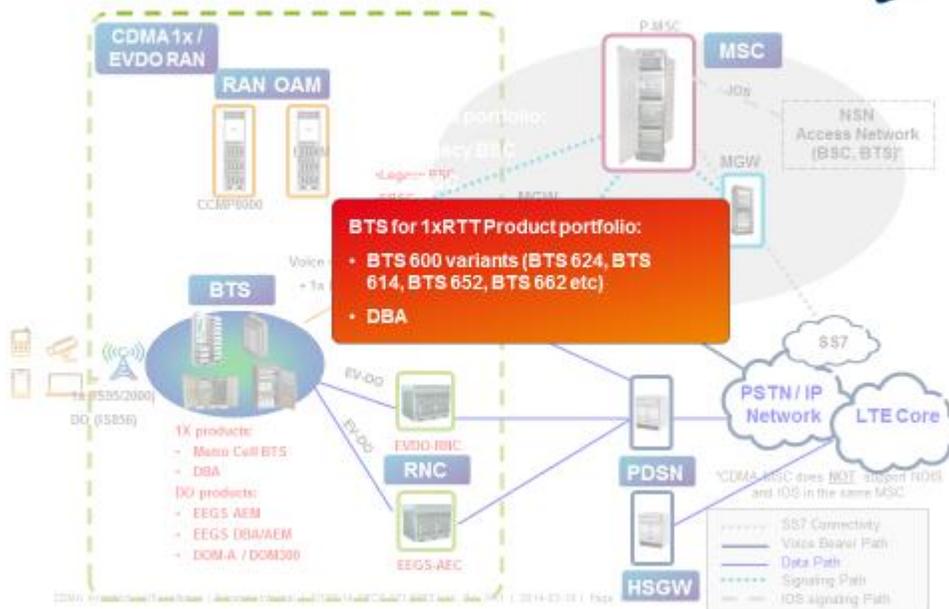
**Remote EBSC**

No collocated MSC reduces backhaul overhead & core cost

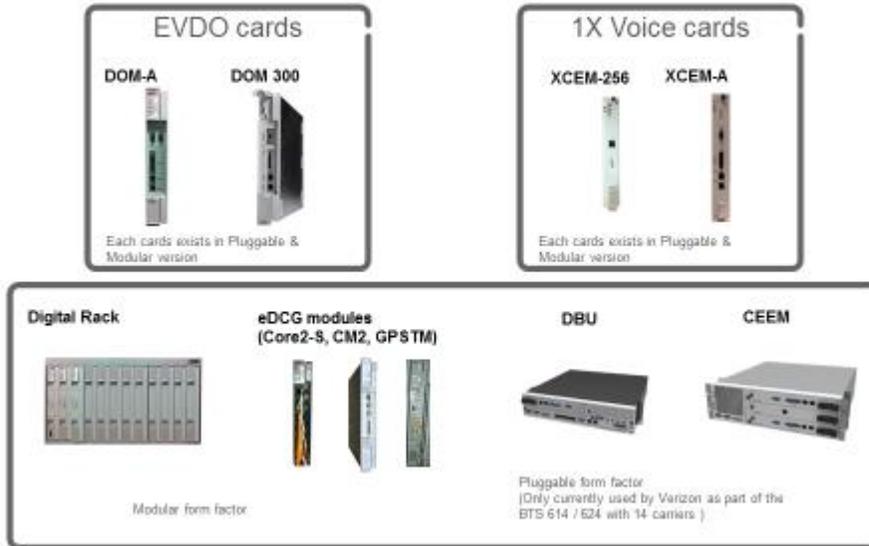
**REDUCE OPEX**  
Improved Energy Efficiency and Footprint Reduction

CDMA Architectural Excellence | Ericsson Internal | 3/17/10 14-1PCP 121 6852 Use, Rev PA1 | 2014-03-19 | Page 10

# CDMA NETWORK ELEMENTS



# CDMA DIGITAL BASEBAND

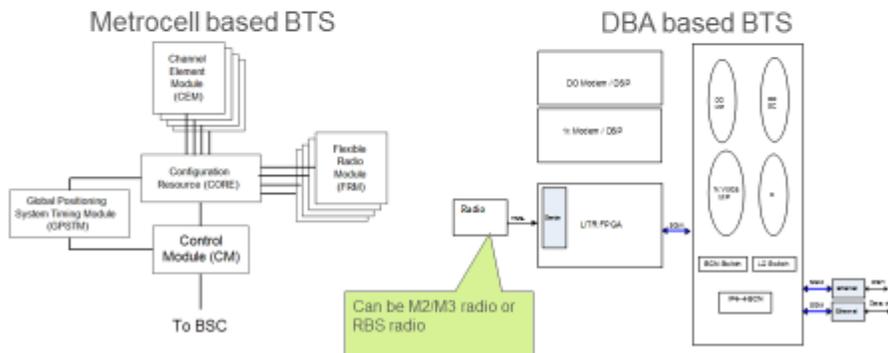


CDMA Architectural Excellence | EricssonInternal | 3/170 14-1PCP 121 6852 Ues, Rev PA1 | 2014-03-19 | Page 12

# BTS PRODUCT ROADMAP



- › BTS is evolved from Metrocell based BTS to DBA for cost reduction.
- › BTS is evolved from supporting Nortel radio to E/// radio.
- › Only base layer, drivers, transmission protocol stack are changed with platform change; Minor modification to BTS application.



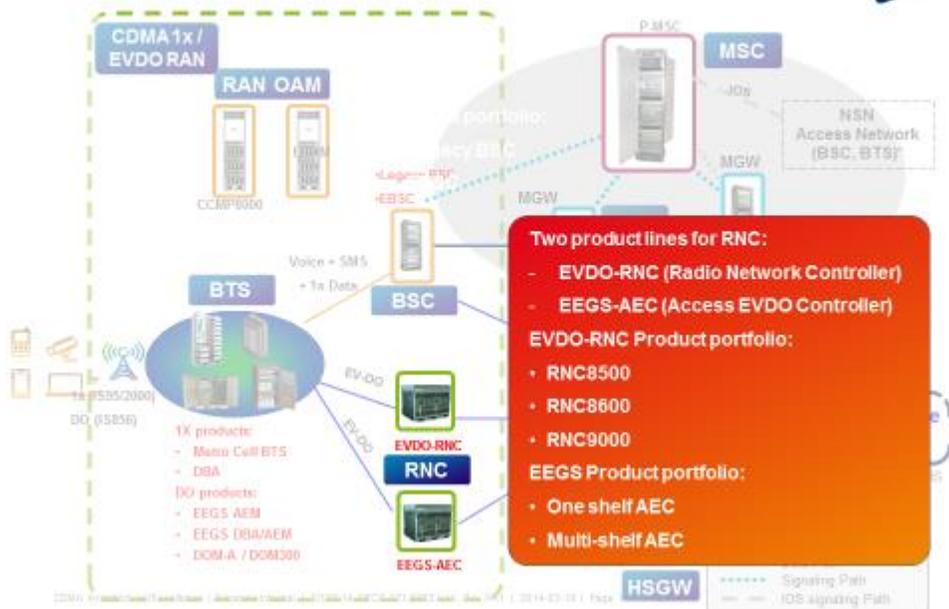
CDMA Architectural Excellence | EricssonInternal | 3/170 14-1PCP 121 6852 Ues, Rev PA1 | 2014-03-19 | Page 13

# CDMA RADIO EVOLUTION



CDMA Architectural Excellence | Ericsson Internal | 3/170 14-LPCP 121 6852 User, Rev PA1 | 2014-03-19 | Page 14

# CDMA NETWORK ELEMENTS



# RNC 8500/8600 PLATFORM



## 16-slot Compact PCI Chassis

**System Controller (SC)**

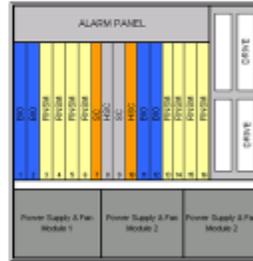
- 2 per Chassis operating in Active/Standby mode
- Works in pair with HSC Module
- Provides OSS function in the chassis

**Radio Node Server Module (RNSM)**

- Up to 8 Modules per Chassis
- Operates in load-sharing mode
- Provides call processing and resource management functions

**Base Input/Output Module (BIO)**

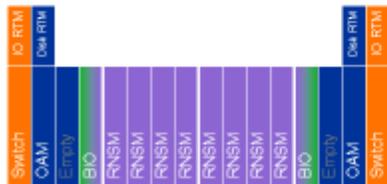
- Up to 4 Modules per Chassis
- Operates in Load Sharing mode
- Provides 2 100Base-T/GigE ports per BIO



**RNC8500 and RNC8600 has similar Hardware but RNC8500 has 1/4 of capacity of RNC8600**

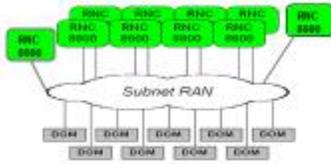
# RNC 9000 PLATFORM

BASED ON VSE PLATFORM



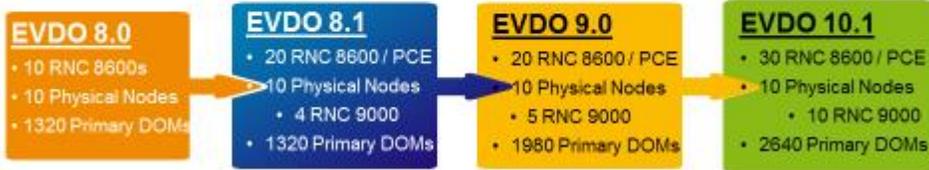
- > 16-slot ATCA chassis :
  - Up to 8 RNSMs
  - 2 Base Input Output (BIO) Modules
  - 2 System Controller (SC) Modules
  - 2 10GHz Switch Modules with RTM providing 1G Optical Ethernet I/F.
- > 4x Capacity of RNC8600
- > Fewer RNC nodes in the Network
  - Reduced footprint & power consumption
  - Simplified IP network planning
  - Lesser Inter-System borders
- > Application functionality is the same with RNC8600

# RNC CLUSTERING



- › Creates Ultra-High Capacity RNC
- › Minimizes Inter-System Borders
- › Reduces Signaling Due To Fewer Borders
- › Scalable Growth
- › High Availability Due Mesh Architecture
- › Load-Sharing Geographic Redundancy

## Cluster Capacity Evolution



**RNC Clustering Provides a Flexible and Scalable Architecture for Capacity Expansion and Availability**

CDMA Architectural/Excellence | Ericsson/Interrel | 31170 14-1PCF 121 8852 User Rev RA1 | 2014-03-18 | Page 18

# EEGS AEC (ACCESS EVDO CONTROLLER)



## High capacity EV-DO network controller

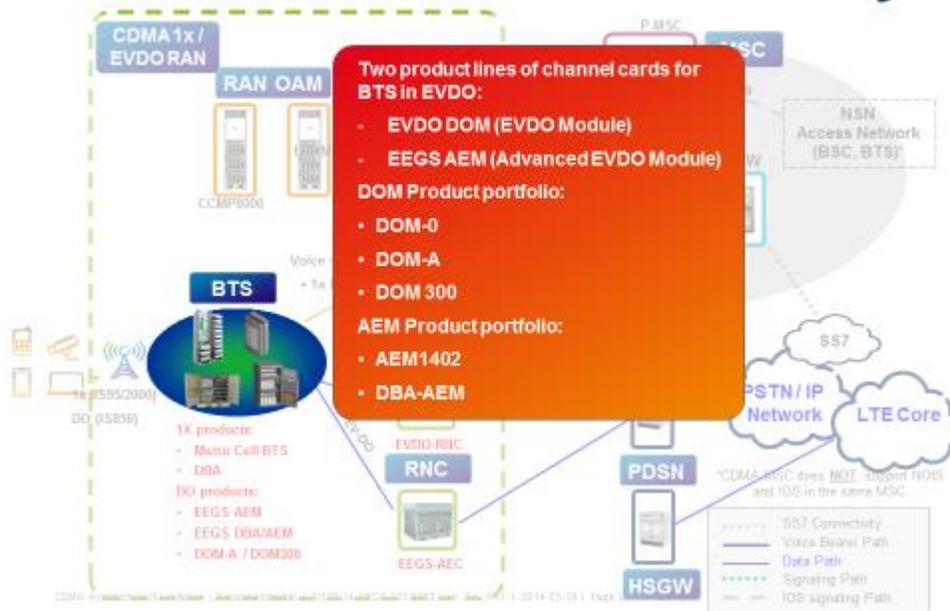
- › Centralized EV-DO Control
  - All EV-DO baseband modules are homed to the AEC 1000
- › Reliability
  - AEC 1000 built upon the Ericsson ATCA platform
- › Scalable Capacity
  - AEC 1000 is scalable with multiple shelves
- › Same ATCA platform with that of RNC9k



**Utilizing High Availability ATCA platform**

CDMA Architectural/Excellence | Ericsson/Interrel | 31170 14-1PCF 121 8852 User Rev RA1 | 2014-03-18 | Page 18

# CDMA NETWORK ELEMENTS



## DOM (EVDO MODULE)



- > Provides EVDO air interface modem & control functionality
- > Deployable in all Ericsson CDMA capable base stations
- > Native backhaul options include up to 4 T1s / E1s or one Fast Ethernet interface
- > Three variants: DOM-0, DOM-A and DOM-300
- > DOM A:
  - > Based on Qualcomm 6800 chipset
  - > 1 carrier, up to three sectors
- > DOM 300:
  - > Based on Qualcomm 6850 chipset
  - > 2 carriers, up to three sectors per carrier
- > Additional DOMs can be added to a BTS for additional EVDO carriers
- > 192 Channel Elements available per Carrier
  - > 96 provided by default
  - > 96 licensable in blocks of 32 CE

# AEM (ADVANCED EVDO MODULE)



- › AEM is evolved from AEM1402 to DBA based AEM.
- › AEM is evolving from supporting Nortel radio to supporting both former radio and RBS radio
- › Base layer, drivers, and transmission protocol stack are changed along with platform change
- › Minor modification to AEM application with platform change

