

Sincronización de Red en Redes Móviles de Radio

por Björn Neihoff

Björn Neihoff posee un M. Sc. E. E. degree del Royal Institute of Technology de Estocolmo. Ha trabajado para Ericsson a lo largo de 18 años, centrado inicialmente en el dimensionado de sistemas ópticos. Estuvo durante muchos años al cargo de un centro de trabajo dedicado a la sincronización de redes. Actualmente ha fundado su propia compañía *BN Global Sync Consultancy* que proporciona servicios de sincronización a la industria de las telecomunicaciones.

El termino Sincronización de Red se usa frecuentemente en una gran variedad de contextos tales como la alineación de datos en ordenadores fijando a la misma hora los relojes [1], etc. En este artículo, el término Sincronización de Red se usa como definición de la distribución de una frecuencia común a todos los equipos que forman parte de una red de telecomunicaciones y en particular a los equipos localizados en un Red de Radio Móvil.

La distribución de la señal de Sincronización de Red se ha conseguido tradicionalmente mediante la sincronización de la frecuencia de trama (normalmente 8 KHz) de las señales de tráfico en el lugar donde se genera el interface de la señal de tráfico y extrayendo la frecuencia de la trama donde se termina el interface de señal de tráfico.

Las nuevas tecnologías tales como las Redes Ópticas Sincronas

(Synchronous Optical Networks o SONET), la Jerarquía Digital Síncrona (Synchronous Digital Hierarchy o SDH), el Modo de Transferencia Asíncrona (Asynchronous Transfer Mode o ATM) y el Protocolo Internet (Internet Protocol o IP) han incrementado la complejidad del transporte de la señal de sincronización debido a la introducción de grandes variaciones de fase y variaciones de retardo.

Redes de Radio Móviles

Redes de Radio Móviles (Mobile Radio Networks) es el termino comúnmente utilizado para la parte de acceso a la red en una red móvil, independientemente de la tecnología.

Una red de radio móvil contiene en primer lugar dos tipos de equipamiento de conmutación (nodo), un nodo de control o Controlador de Estación Base (Base Station Controller) en GSM y CDMA2000, o un Controlador de Red de Radio (Radio Network Controller) en redes D-AMPS y 3G/W-CDMA y Estaciones Base. La transmisión entre estos nodos muestra un amplio abanico de tecnologías y equipamientos proporcionando funciones y características de sincronización muy diferentes.

La figura ilustra una Red de Radio Móvil genérica conteniendo los diferentes tipos de nodos e interfaces analizados en este artículo.

Nodos de Control

El Nodo de Control se localiza con frecuencia en una oficina central junto con gran cantidad de equipo variado esto es diseñado para un ambiente de sincronización muy similar a cualquier equipo de conmutación tradicional.

El parámetro clave para el Nodo de Control desde una perspectiva de sincronización de red es la caracterís-

tica de deslizamiento (slip). Los requerimientos de deslizamiento (slip) han sido especificados por la ITU-T en la recomendación G.822. La interpretación de esta recomendación ha sido duramente debatida entre expertos en sincronización de todo el mundo.

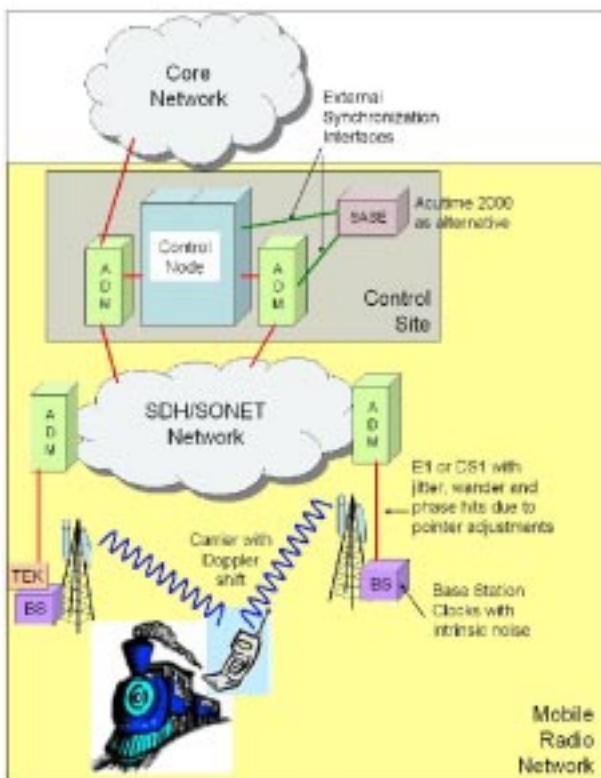
En la interpretación que hace el autor del presente artículo, resulta que, para el nodo de control se requiere una especificación de deslizamiento correspondiente a una desviación máxima en frecuencia a largo plazo de 7.2 partes por billón (ppb) en los interfaces de sincronización.

Es muy común que haya una Fuente de Tiempo de Construcción Integrada (Building Integrated Timing Source o BITS) o bien un Suministro Autónomo de Sincronización (Stand-Alone Synchronization Supply o SASE) para suministrar esta precisión en frecuencia al Nodo de Control.

En el caso de Nodos de Control que no dispongan de BITS/SASE, existen muchos otros productos que podrían ser desplegados como alternativas. Por ejemplo, si el nodo de control dispone de interfaces de sincronización externos que puedan ser conectados a un receptor GPS, el receptor GPS Trimble Acutime 2000 proporciona una solución óptima y de bajo coste para emplazamientos pequeños.

Estaciones Base

Actualmente, las estaciones Base en las diferentes tecnologías de radio se hallan desplegadas por todo el mundo en enormes cantidades. Es importante entender que la introducción de las nuevas tecnologías de transmisión en las Redes de Radio Móviles puede enmascarar las prestaciones de gran número de las bases instaladas dado que las estaciones base han sido frecuentemente desarrolladas, asumiendo que deberían de ser conectadas a una Red de



Transmisión al primer nivel de interfaces PDH (DS1 o E1) transportando una frecuencia precisa de 8KHz de trama.

En las estaciones base provistas con interfaces de sincronización la conexión a una antena GPS tal como el receptor GPS Trimble Acutime 2000 GPS receiver sirve como una alternativa de futuro a la sincronización E1/DS1.

Una solución alternativa cuando la estación base no tiene una interfaz de sincronización externa, podría ser la utilización de una unidad de re-sincronización como la Trimble TEK 150 o los enlaces DS1 o E1, usados para la distribución de la sincronización.

Esto es particularmente cierto si se realiza el transporte sobre líneas alquiladas (Leased Lines) a través de redes SDH/SONET o a través de redes correspondientes a otros dominios de operador. Cuando las redes IP alcancen un amplio despliegue vía radio incluso esta solución puede demostrarse insuficiente.

El parámetro clave para una base independiente de la tecnología radio es, desde la perspectiva de la sincronización de red, la precisión de la portadora del interface de señal aéreo.

Numerosos estándar, por ejemplo el 02 [2] tienen especificada la desviación:

$$\left| \frac{\Delta f}{f} \right|$$

de la portadora del interface radio que debe de ser inferior a 0.05 partes por millón (ppm) del nominal. En el caso de que la desviación exceda de 0.05 ppm, los móviles no podrán llevar a cabo la conmutación (handover) entre las diferentes estaciones base y las llamadas caerán. Grandes desviaciones en frecuencia pueden asimismo enmascarar la integridad del canal y en el peor de los casos la integridad del interface radio entre los diferentes operadores de red localizados en el espectro.

Análisis Individual de los fenómenos que contribuyen a la desviación total de la frecuencia

Desviación en Frecuencia (Frequency Deviation)

Una desviación en frecuencia en el E1/DS1 puede ser el resultado de muchas causas diferentes. La causa mas común, es probablemente que un fallo en la red de como resultado que un equipo con un reloj corriendo libremente esté sincronizando el E1/DS1. Dado que esto es consecuencia de una pobre planificación de la sincronización de la red y en consecuencia responsabilidad del propio operador de la red no analizaremos en profundidad este fenómeno.

Error de la Red (Network Wander)

Si una estación base con un interface E1 se halla expuesta al máximo Error de la Red tal como se especifica en la recomendación G-823 [3] de la ITU-T, el reloj de la estación base debe atenuar el error por encima de 0.88 mHz evitando exceder el limite de 0.05 ppm, por ejemplo, el filtro del reloj ha de ser muy estrecho.

El filtro de paso banda correspondiente para una estación base con una interface DS1 y un error G.824 [4] es de 1.44 mHz.

Ajustes de Puntero (Pointer Adjustments)

Un DS1 o un E1, transportados sobre SONET/SDH y sujetos a un ajuste de puntero simple resultan en un paso de fase de aproximadamente 4.8 microsegundos y 3.6 microsegundos respectivamente.

Cuando este paso de fase alcanza la Estación Base ha de proveerse de un filtro de reloj con un ancho de banda aproximado de 10mHz.

Ruido Intrínseco (Intrinsic Noise)

El ruido intrínseco del reloj contribuye a la degradación de la precisión del interface aéreo. Un análisis preciso requiere el conocimiento del equipo en particular. El diseñador, debe de estar seguro que el ruido nunca se traduzca en una deriva de la frecuencia mayor de 0.05 ppm, medidos sobre cualquier periodo.

Efecto Doppler (Doppler Effect)

Un móvil, moviéndose a una velocidad v y alejándose de su Estación Base, utilizando una frecuencia portadora f_0 tiene un desplazamiento relativo de frecuencia:

Con el requerimiento:

$$\left| \frac{\Delta f}{f_0} \right| = \left| \frac{v}{c} \right|$$

la velocidad máxima v es de 15 m/s

$$\left| \frac{\Delta f}{f_0} \right| = 0.05 \text{ ppm}$$

(54 km/h). Como esto significa que el requerimiento de 0.05 ppm es frecuentemente excedido solamente por los efectos del desplazamiento Doppler, la relevancia del requerimiento de 0.05 ppm puede debatirse.

Este artículo ha sido escrito como un servicio de consultoría a TRIMBLE: www.trimble.com. Para saber mas acerca de los servicios que presta BN Global Sync Consultancy, puede acceder a www.bn-gsc.se. □

Referencias

- [1] Are you Slow in Coordinating your Thoughts? Press Release from Max Planck Society, March 8, 2004.
- [2] ETSI TS 125 402; Universal Mobile Telecom System (UMTS); Synchronisation in UTRAN; Stage 2.
- [3] ITU-T recommendation G.823; The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 2048 kbit/s hierarchy.
- [4] ITU-T recommendation G.824; The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 1544 kbit/s hierarchy.