



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

## **“SERVICIO DE LOCALIZACION A TRAVES DE UNA RED UMTS”**

**TESINA DE SEMINARIO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACION ELECTRÓNICA**

**Presentado por**

**SANCHEZ BALCAZAR ROBERT ALFREDO**

**TIMBIANO MONCAYO RICHARD ANTONIO**

**Guayaquil - Ecuador**

**Año 2009 - 2010**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por todas sus bendiciones, a mis padres Aníbal y Rita, a mis hermanos Virginia y Daniel, a mis familiares, a mi enamorada Grace y a mis amigos(as) como Roberto Quintero, que me alentaron para lograr esta meta, a nuestro Director de Proyecto Ing. Washington Medina quien fue de mucha ayuda para la realización de este proyecto y a la ESPOL por haberme acogido en mis años universitarios.

R.A.T.M.

A Dios por sus bendiciones, a mis padres, a mis hermanos(as), a mis tías, que me apoyaron para lograr esta meta, al Ing. Washington Medina quien fue de mucha ayuda para la realización de este proyecto y a la ESPOL por haberme acogido en mis años universitarios.

R.A.S.B.

## DEDICATORIA

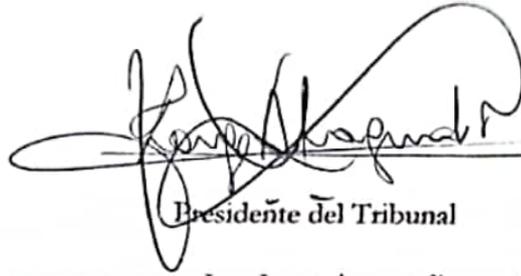
A mis sobrinos Gloria y Alexander, y a la memoria de mis abuelos Antonio y Virginia, Germán y Rita.

R.A.T.M

A mi padre, a mi madre, a Diana, Yolanda, Antonieta, Víctor, Merlín y Jaime.

R.A.S.B.

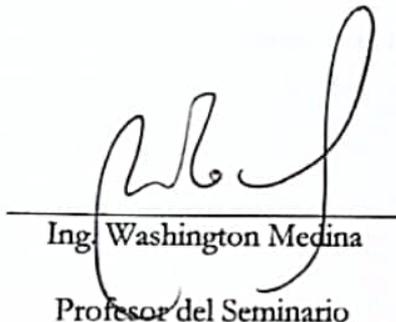
**TRIBUNAL DE SUSTENTACION**



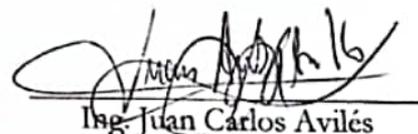
Presidente del Tribunal

Ing. Jorge Aragundi

Subdecano de la FIEC



Ing. Washington Medina  
Profesor del Seminario



Ing. Juan Carlos Avilés  
Delegado del Decano

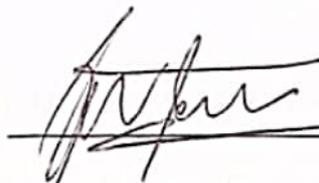
## DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Trabajo Final de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)



Richard Antonio Timbiano Moncayo



Robert Alfredo Sánchez Balcázar

## RESUMEN

Hoy en día la necesidad de localizar personas, objetos o cosas tiene una demanda cada vez mayor, por lo que los Servicios de Localización se están convirtiendo en un servicio muy popular para los usuarios de telefonía móvil, para fines informativos, de seguridad, entretenimiento, etc.

Al principio establecemos el concepto de localización, su aplicación e importancia. Se habla de forma general de cada uno de los métodos de posicionamiento existentes para localizar objetivos móviles tales como: Cell-ID o Cobertura de Celda, Tiempo de Viaje Redondo (RTT o Round Trip Time), Rho – rho o Tiempo De Arribo (TOA), Theta – theta o Angulo De Arribo (AOA), Rho-Theta, Diferencia de Tiempo de Arribo (TDoA), Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y Sistema de posicionamiento Galileo.

Se presenta un resumen sobre las redes móviles UMTS, sus principales características, su arquitectura, sus componentes y demás.

Se especifican los principales métodos de posicionamiento usados en las redes UMTS: Cell-ID, TDoA-IPDL y Asistido por GPS. Además, se identifica parámetros, procedimientos generales, y los componentes requeridos para realizar el posicionamiento.

Se estudia la arquitectura funcional y los protocolos de servicios de localización, la composición de la data de localización, las entidades funcionales y los procedimientos de localización.

Finalmente se hace una representación-simulación en Matlab de los métodos de localización anteriormente indicados; sus gráficas, procedimientos y resultados.

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	<b>VI</b>
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ABREVIATURAS.....	XV
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>XIX</b>
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>FUNDAMENTOS DE LOCALIZACIÓN</b>	
1.1 NAVEGACIÓN.....	2
1.2 ADMINISTRACION DE TRANSPORTE.....	2
1.3 LOCACION .....	3
1.4 RESUMEN DE METODOS DE POSICIONAMIENTO .....	4
1.4.1 Posicionamiento basado en cobertura de celda .....	5
1.4.2 Posicionamiento basado en tiempo de viaje redondo (RTT).....	6
1.4.3 Rho – rho o Tiempo de arribo (TOA) .....	6
1.4.4 Theta – theta o Angulo de arribo (AOA).....	8
1.4.5 Rho-Theta .....	9
1.4.6 TDOA y Curvas Hiperbólicas.....	9
1.4.7 Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....	12
1.4.8 Sistema de Posicionamiento Galileo .....	13
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>REDES UMTS</b>	
2.1 CAPACIDADES .....	16

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA .....	17
2.2.1 Equipo del usuario .....	18
2.2.2 Subsistema de Red de Radio.....	19
2.3 PROTOCOLOS.....	21
2.4 INTERFAZ DE AIRE.....	21
2.5 ENSANCHAMIENTO (SPREADING) .....	23
2.6 SINCRONIZACIÓN .....	25
2.7 CONTROL DE POTENCIA .....	27
2.8 FRAMES, SLOTS Y CANALES .....	28
2.8.1 Canales lógicos .....	30
2.8.2 Canales de transporte .....	31
2.8.3 Canales físicos.....	34
2.9 PAQUETES DE DATOS .....	38
2.10 CAPAS DE PROTOCOLO DE ESTRATO DE ACCESO .....	39
2.11 HANDOVER.....	41
2.12 HANDOVER INTER-SISTEMA.....	43
 <b>CAPITULO 3</b>	
<b>POSICIONAMIENTO EN REDES UMTS</b>	
3.1 SET ACTIVO, EFECTO CERCA-LEJOS Y CAPACIDAD DE ESCUCHA.....	46
3.2 CANALES LÓGICOS, DE TRANSPORTE, FÍSICOS Y POSICIONAMIENTO	50
3.3 COMPONENTES DE POSICIONAMIENTO UMTS.....	51
3.4 MÉTODOS BASADOS EN CELDA. ....	53
3.4.1 OTDoA-IPDL.....	56
3.4.1.1 Mediciones del RIT en UMTS. ....	59
3.4.1.2 Mediciones OTD en UMTS.....	60

3.5 GPS ASISTIDO EN UMTS (A-GPS). .....	61
---	----

## **CAPITULO 4**

### **ARQUITECTURA Y PROTOCOLOS PARA SERVICIOS DE LOCALIZACIÓN.**

4.1 SERVICIOS DE LOCALIZACIÓN UMTS.....	69
4.2 ARQUITECTURA DE RED LCS.....	72
4.3 ENTIDADES FUNCIONALES LCS .....	74
4.3.1 Componente de manejo del cliente. ....	75
4.3.2 Componente de manejo del sistema. ....	76
4.3.3 Componente de Manejo de Subscriptor. ....	77
4.3.4 Componente de Posicionamiento. ....	78
4.4 PROCEDIMIENTOS DE LOCALIZACIÓN.....	80
4.4.1 Petición de Localización Terminada en Móvil.....	80
4.4.2 Petición de Localización Originada en Móvil.....	84

## **CAPITULO 5**

### **SIMULACION DE LAS TECNICAS DE LOCALIZACION CELL-ID/RTT/AoA, TOA,**

#### **TDOA Y A-GPS**

5.1 Cell ID/RTT/AoA .....	89
5.2 TOA .....	92
5.3 TDOA.....	94
5.4 A-GPS.....	97

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....105**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	111
----------------------------------	-----

## INDICE de FIGURAS

<i>Número</i>	<i>Página</i>
Fig. 1.1 Configuración de medición de localización Rho-rho.....	7
Fig. 1.2 Configuración de medición de localización Theta-theta.....	8
Fig. 1.3 Configuración de medición de localización Rho-theta.....	9
Fig. 1.4 Geometría del Método de localización TDOA.....	10
Fig. 1.5 Localización TDOA usando 3 estaciones fijas.....	11
Fig. 2.1 Arquitectura de dominios UMTS. ....	17
Fig. 2.2 Arquitectura de Red UMTS.....	17
Fig. 2.3 Proceso de ensanchamiento y scrambling.....	24
Fig. 2.4 Estructura de frame y de slot.....	29
Fig. 2.5 Mapeo de canales lógicos a canales de transporte.....	34
Fig. 2.6 Estructura de slot de enlace de subida de DPCCH y DPDCH.....	35
Fig. 2.7 Estructura de slot de enlace de bajada de DPCCH y DPDCH.....	36
Fig. 2.8 Mapeo de canales de transporte a canales físicos.....	38
Fig. 3.1 Ramas de señal entre el terminal y la estación base.....	47
Fig. 3.2 Efecto cerca-lejos y control de potencia.....	48
Fig.3.3 Problema de capacidad de escucha y periodo inactivo.....	49
Fig. 3.4 Arquitectura de posicionamiento UMTS.....	53
Fig. 3.5 Control del posicionamiento basado en Celda.....	55
Fig. 3.6 Mediciones RIT y OTD.....	57
Fig. 3.7 Relaciones entre GTD, OTD y RTD.....	58
Fig. 3.8 Arquitectura A-GPS.....	62

Fig. 3.9 Proceso de posicionamiento A-GPS.....	63
Fig. 4.1 Modelo de referencia lógico LCS.....	70
Fig. 4.2 Esquema de la Arquitectura LCS 3GPP.....	73
Fig. 4.3 Arquitectura funcional LCS .....	76
Fig. 4.4 Petición de localización inmediata terminada en móvil.....	81
Fig. 4.5 Petición de localización diferida terminada en móvil.....	84
Fig. 4.6 Petición de localización originada en móvil.....	85
Fig. 5.1 Menú de la simulación .....	89
Fig. 5.2 Modelo en Simulink para la Técnica de localización Cell ID.....	90
Fig. 5.3 Clúster de 7 celdas .....	91
Fig. 5.4 Paging .....	91
Fig. 5.5 Celda en la que se encuentra el móvil .....	92
Fig. 5.6 Refinamiento de la posición usando RTT y AOA .....	92
Fig. 5.7 Modelo TOA en Simulink .....	93
Fig. 5.8 Posicionamiento del UE usando TOA.....	94
Fig. 5.9 Modelo TDOA en Simulink.....	95
Fig. 5.10 Posicionamiento del UE usando TDOA.....	96
Fig. 5.11 Construcción de la red UMTS .....	97
Fig. 5.12 Paging .....	98
Fig. 5.13 Medición de las señales GPS en el terminal móvil.....	99
Fig. 5.14 Aplicación de TOA e intersección de esferas.....	100
Fig. 5.15 Precisión de la localización .....	101
Fig. 5.16 Visión desde el espacio de los satélites GPS.....	102

Fig. 5.17 Localización en área urbana.....	103
Fig. 5.18 Localización en área suburbana. ....	103
Fig. 5.19 Localización en área rural.....	104

## INDICE DE TABLAS

<i>Número</i>	<i>Página</i>
Tabla 1 Bandas de frecuencia UMTS .....	22
Tabla 2 Parámetros A-GPS de una petición de medición de posición .....	64
Tabla 3 Parámetros A-GPS de una respuesta de petición de posición .....	66
Tabla 4. Elementos de dato de localización .....	68
Tabla 5 Mapeo de entidades funcionales LCS en componentes de red.....	79

## ABREVIATURAS

3GPP	3rd Generation Partnership Project
A-GPS	Assisted GPS
AICH	Acquisition Indicator Channel
AOA	Angle of Arrival
AT	Absolute Time
AuC	Authentication Center
BCCH	Broadcast Control Channel
BCH	Broadcast Channel
BS	Base Station
BSC	Base Station Controller
CCCH	Common Control CHannel
CD/CA-ICH	Collision Detection/Channel Assignment Indication Channel
CDMA	Code Division Multiple Access
CPCH	Common Packet CHannel
CPICH	Common Pilot CHannel
CSICH	CPCH Status Indicator CHannel
CTCH	Common Traffic CHannel
DCCH	Dedicated Control CHannel
DCH	Dedicated CHannel
D-GPS	Differential GPS
DPCCH	Dedicated Physical Communication CHannel
DPDCH	Dedicated Physical Data CHannel
DQPSK	Differential QPSK
DRNC	Drifting RNC
DSCH	Downlink Shared CHannel
DTCH	Dedicated Traffic CHannel
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EIR	Equipment Identity Register
E-OTD	Enhanced-Observed Time Difference
FACH	Forward Access CHannel
FBI	FeedBack Information
FDD	Frequency Division Duplexing
GERAN	GSM/EDGE Radio Access Network
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GLR	Gateway Location Register
GMLC	Gateway Mobile Location Centre

GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
GTD	Geometric Time Difference
HLR	Home Location Register
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HS-DSCH	High Speed DSCH
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
LBS	Location-based Services
LCAF	Location Client Authorization Function
LCCF	Location Client Control Function
LCCTF	Location Client Coordinate Transformation Function
LCF	Location Client Function
LCS	LoCation Services
LCZTF	Location Client Zone Transformation Function
LMU	Location Measurement Unit
LSAF	Location Subscriber Authorization Function
LSBcF	Location System Broadcast Function
LSBF	Location System Billing Function
LSCF	Location System Control Function
LSOF	Location System Operations Function
LSPF	Location Subscriber Privacy Function
LSTF	Location Subscriber Translation Function
MAC	Medium Access Control; Message Authentication Code
MS	Mobile Station
MSC	Mobile service Switching Centre
MSISDN	Mobile Subscriber ISDN
NPDB	Number Portability DataBase
OTD	Observed Time Difference
OTDoA-IPDL	Observed Time Difference of Arrival-Idle Period DownLink
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor
P_CCPC	Primary Common Control Physical Channel
PCCH	Paging Control CHannel
P-CCPC	Primary Common Control Physical Channel

PCH	Paging Channel
PCPCH	Physical Communication Packet Channel
PCF	Positioning Calculation Function
PDSCH	Physical Downlink Shared CHannel
PDU	Packet Data Unit; Protocol Data Unit
PICH	Paging Indicator CHannel
PLMN	Public Land Mobile Network
PN	Pseudo Noise
POI	Privacy Override Indicator
PRACH	Packet Random Access CHannel
PRCF	Positioning Radio Coordination Function
PRRM	Positioning Radio Resource Management
P-SCH	Primary SCH
PSMF	Positioning Signal Measurement Function
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RACH	Random Access CHannel
RIT	Radio Interface Timing
RLC	Radio Link Control
RMS	root mean square
RNBP	Reference Node Base Positioning
RNC	Radio Network Controller
RNS	Radio Network Subsystem
RRC	Radio Resource Control
RSCP	Received Signal Code Power
RSS	Received Signal Strenght
RSSI	Received Signal Strength Indicator
RTD	Real Time Difference
RTT	Round Trip Time
SAS	Standalone SMLC
SCCPCH	Secondary Common Control Physical Channel
SCH	Synchronisation CHannel
SFN	System Frame Number
SGSN	Serving GPRS Support Node
SHCCH	Shared Channel Control Channel
SIM	Subscriber Identification Module
SMLC	Serving Mobile Location Centre
SMS	Short Message Service
SRNC	Serving Radio Network Controller

S-SCH	Secondary Synchronisation CHannel
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TD <sub>o</sub> A	Time Difference of Arrival
TFCI	Transport Format Combination Indicator
TGL	Transmission Gap Lengths
TOA	Tiempo de Arribo
TPC	Transmit Power Control
UARFCN	UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USIM	Universal Subscriber Identity Module
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VLR	Visitor Location Register
W-CDMA	Wideband-Code Division Multiple Access

# INTRODUCCION

El posicionamiento es una tecnología clave para muchos servicios basados en la localización del usuario u otras personas u objetos móviles. Lo atractivo de estos servicios es el hecho de que los participantes no tienen que ingresar la información de localización manualmente, sino que son localizados y rastreados automáticamente, para lo cual existen varios métodos diferentes entre sí, en un número de parámetros de calidad y otras circunstancias. Una vez que la información de localización es obtenida, necesita ser procesada en varias maneras, incluyendo la transformación al formato de otro sistema de referencias.

El capítulo 1 establece el concepto de localización, ejemplos de servicios basados en localización y un breve resumen de las diferentes técnicas utilizadas para hallar la locación de un dispositivo móvil, como TOA, TDoA o GPS.

El capítulo 2 trata sobre las redes móviles UMTS, una tecnología de Tercera Generación (3G) para comunicaciones móviles, sus principales características, su arquitectura, sus componentes y demás.

El capítulo 3, una vez estudiadas las redes UMTS, especifica los métodos utilizados en este tipo de red para lograr el posicionamiento en redes UMTS, entre los cuales destacan los métodos basados en celda, como OTDoA-IPDL, y asistido por GPS. Además, identifica los parámetros medidos durante el posicionamiento, el procedimiento general, así como la infraestructura requerida.

Finalmente el capítulo 4 abarca el estudio de los Servicios de Localización (LCS) en redes UMTS, la arquitectura utilizada en LCS's, las entidades funcionales y los procedimientos de localización.

# OBJETIVOS

## **Objetivos generales**

El objetivo de este trabajo es realizar una investigación sobre los métodos de localización de terminal móvil en una red UMTS, conocer las diferentes técnicas empleadas para el efecto y los procedimientos llevados a cabo en cada técnica y representar de una manera gráfica, minuciosa y comprensible, mediante una simulación, dichas técnicas y procedimientos así como reconocer sus requerimientos, ventajas y limitaciones.

## **Objetivos específicos**

Realizar una simulación de las técnicas empleadas en localización y presentar los procedimientos y resultados de una manera gráfica.

# **CAPITULO 1**

## **FUNDAMENTOS DE LOCALIZACIÓN**

Los servicios de localización se encargan de la ubicación de personas y objetos y de hacer disponible el dato de localización resultante a actores externos.

Información de Localización y Servicios Basados en Localización son a menudo mencionados como ejemplos de servicios avanzados en redes celulares. El usuario de telefonía móvil es libre de moverse y hacer o recibir llamadas o activar servicios casi en cualquier parte. Es evidente que los beneficios de los servicios móviles pueden ser mejorados si la información es de alguna manera aplicable considerando la localización actual del móvil. Algunos servicios toman ventaja de la información de localización , siendo el más obvio, la navegación.

## **1.1 NAVEGACIÓN.**

Cuando se entra en una ciudad o se baja de un bus en una ciudad que no se conoce muy bien, o se necesita encontrar una dirección en particular, o descubrir la ruta más corta a la dirección en cuestión, los LCS's son aplicados directamente en estos casos.

## **1.2 ADMINISTRACION DE TRANSPORTE.**

La información de localización puede ser usada para incrementar la eficiencia de los transportes de una flota, dependiendo de circunstancias tales como el cambio en las condiciones del tráfico. También es útil para rastrear paquetes que están siendo transportados y verificar su progreso. La precisión de la información de localización puede variar de unos pocos kilómetros a unos pocos metros, sin embargo la precisión puede ser vital en ciertos casos (en caso de vehículos robados o situaciones de emergencia).

La información de taxis disponibles habilita a una oficina central a asignar el más cercano al cliente, acortando el tiempo de espera y mejorando la eficiencia de la flota, el cliente puede tener un tiempo estimado de llegada y el conductor puede usar el sistema para navegar como se indicó antes.

Algunos de los servicios más comunes basados en localización son los siguientes:

- Provisión de instrucciones de navegación de transporte.

- Identificación de instituciones comerciales, – restaurantes, bancos, hoteles, etc.
- Rastreo de personas, animales y cosas, buscador de niños y recuperación de vehículos robados.
- Facturación celular sensible a locación .
- Detección de fraude en uso de redes celulares.
- Diseño de sistemas celulares y administración de recursos, mejora del rendimiento, ayuda a la red con los procedimientos de handoff de una base a otra, y, conociendo la localización de los subscriptores, ayudar a planear la carga y asignar canales, así también como el despliegue de celdas adicionales.
- Administración de flotas y sistemas de transporte inteligentes.
- Confinamiento de criminales a su residencia en lugar de ocupar espacio en una institución penal, un aparato de monitoreo dispara una alarma si el criminal deja el área donde le está permitido estar, pacientes con Alzheimer, etc.
- Recolección electrónica de peajes en carreteras, puentes, túneles, etc., eliminando estructuras, personal y embotellamientos.

### **1.3 LOCACION**

Básicamente, el término “locación” está asociado con un cierto lugar en el mundo real, como un aeropuerto, un bar, una oficina o aún el lugar de residencia, es decir locaciones físicas.

Las categorías de locaciones físicas pueden ser divididas en 3 sub-categorías relevantes:

**Locaciones descriptivas:** territorios, montañas, lagos, fronteras, ciudades, países, caminos, edificios y salones dentro de un edificio, estructuras que son referidas por descripciones, nombres, identificadores o números, de ahí el nombre.

**Locaciones espaciales:** un término intuitivo para esto es *posición*, expresado por medio de coordenadas de 2 ó 3 dimensiones, no son usadas en nuestra vida diaria porque la gente prefiere los términos geográficos en lugar de coordenadas.

**Locaciones de red:** se refieren a la topología de una red de comunicaciones, estas redes están compuestas de muchas redes locales o subredes, la provisión de servicios en estas redes asume que la locación del aparato del usuario con respecto a la topología de la red es conocida por medio de direcciones de red, por ejemplo direcciones IP en internet o estaciones base en telefonía móvil.

## 1.4 RESUMEN DE METODOS DE POSICIONAMIENTO.

Varios métodos han sido investigados a fin de determinar la posición geográfica de un móvil en una red celular, los más importantes son:

- \* Posicionamiento basado en cobertura de celda
- \* Posicionamiento basado en Tiempo de Viaje Redondo (RTT o Round Trip Time)
- \* Tiempo de Diferencia De Arribo (TDoA)
- \* Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
- \* Posicionamiento por Tiempo De Arribo (TOA)

\* Posicionamiento por Angulo De Arribo (AOA)

\* Rho-Theta

\* Sistema de posicionamiento Galileo.

#### **1.4.1 Posicionamiento basado en cobertura de celda**

La posición del terminal puede ser estimada descubriendo la celda de radio donde se encuentra el terminal. El controlador de red de radio (RNC en 3G), el controlador de estación base (BSC en 2G) o un dispositivo separado llamado Servidor del Centro de Localización Móvil (SMC) estima las coordenadas geográficas que corresponden a la celda indicada y envía el resultado al servidor de localización en la red.

Como el tamaño/cobertura de la celda varía de acuerdo a las características del canal de radio y la estrategia de planeación de red, este método puede no cumplir la calidad de posicionamiento para ciertos servicios basados en localización, por lo tanto es a menudo combinado con RTT para determinar las coordenadas con mayor seguridad. En su forma más simple la posición es derivada de mapear el identificador de celda a las coordenadas de la estación base servidora. Si se desea, la posición puede ser más refinada tomando en cuenta la distancia entre el terminal y la estación base y el ángulo de arribo de las señales que llegan a la estación base.

### 1.4.2 Posicionamiento basado en Tiempo de Viaje Redondo (RTT)

El RTT de una señal puede también ser usado para incrementar la seguridad de la posición estimada. RTT es el tiempo de retardo de propagación de una señal viajando del terminal a la estación base y de regreso. Por tanto la distancia entre el terminal y la estación base es:

$$D = \frac{RTT}{2} \cdot c + \varepsilon$$

Donde D es la distancia del móvil a la BS, c la velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  m/s) y  $\varepsilon$  la medida del error.

### 1.4.3 Rho – rho o Tiempo de arribo (TOA)

La distancia puede ser estimada usando los datos de la fuerza de la señal recibida (RSS), o mediciones de tiempo de vuelo. Se asume que el transmisor y el receptor tienen relojes sincronizados. Entonces el receptor puede encontrar el tiempo de vuelo restando el tiempo en que la señal es recibida del tiempo de transmisión.

Las coordenadas de dos terminales fijos  $F_1$  y  $F_2$  son conocidas, si encontramos las distancias  $q_1$  y  $q_2$  podemos determinar las coordenadas de T del punto de intersección de dos círculos, (Fig. 1.3) Para una mayor precisión un tercer terminal fijo es requerido.

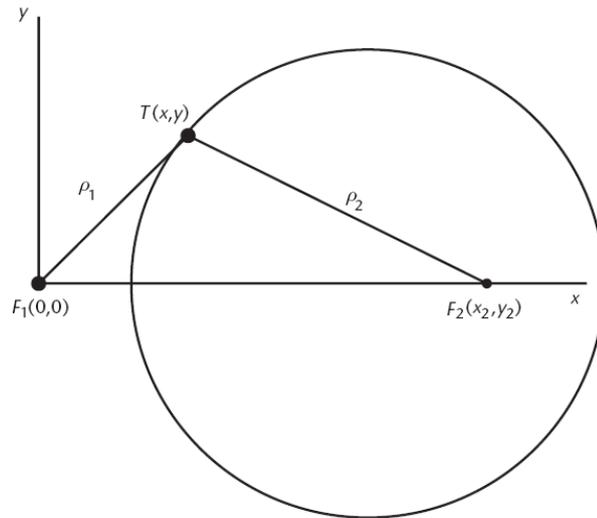


Fig. 1.1 Configuración de medición de localización Rho-rho [1]

Si asumimos que las estaciones tienen relojes de alta precisión, T envía un pulso al tiempo  $t_0$  y es recibido en  $F_1$  y  $F_2$  en los tiempos  $t_1$  y  $t_2$  respectivamente, las distancias son:

$$\rho_1 = (t_1 - t_0) \cdot c \quad \rho_2 = (t_2 - t_0) \cdot c$$

Y las ecuaciones de los círculos son:

$$\begin{aligned} \rho_1^2 &= x^2 + y^2 \\ \rho_2^2 &= (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 \end{aligned}$$

Estas dos ecuaciones no lineales pueden ser resueltas para encontrar  $x, y$ .

#### 1.4.4 Theta – theta o Angulo de arribo (AOA)

Se puede usar antenas direccionales en dos o más terminales fijas para encontrar la posición del objetivo cuando las coordenadas de los terminales son conocidas en relación a

un punto de referencia. Una ventaja de este método es que la dirección del objetivo puede ser encontrada sin necesidad de sincronización de tiempo o restricciones del tipo de modulación o protocolo de la señal. La Fig. 1.4 muestra el objetivo móvil T y dos estaciones fijas  $F_1$  y  $F_2$  con antenas direccionales. Las coordenadas de  $F_1$  y  $F_2$  son conocidas y se han medido los ángulos de arribo  $\theta_1$  y  $\theta_2$  de la señal referenciada en sentido del reloj desde el norte. Con el origen en  $F_1$  las coordenadas de T son:

$$y = \frac{y_2 \cdot \tan(\theta_2) - x_2}{\tan(\theta_2) - \tan(\theta_1)} \quad x = y \cdot \tan(\theta_1)$$

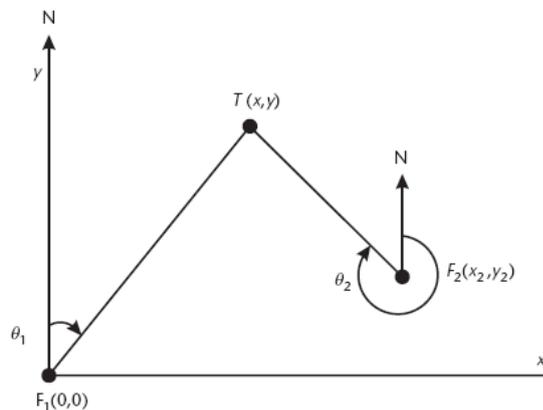


Fig. 1.2 Configuración de medición de localización Theta-theta [1]

#### 1.4.5 Rho-Theta

Cuando la distancia y dirección están disponibles, solo un terminal fijo es necesario para determinar las coordenadas de posición del objetivo, como se muestra en la Fig. 1.5. Si F es el origen, las coordenadas de T son:

$$x = \rho \cdot \text{sen}(\theta) \quad y = \rho \cdot \text{cos}(\theta)$$

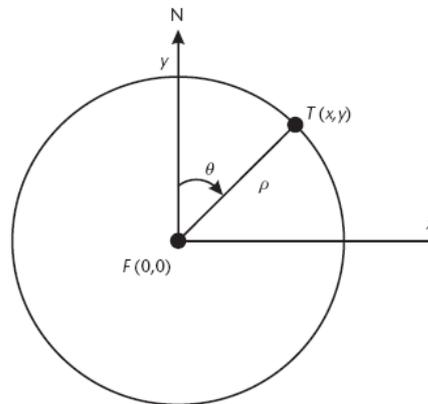


Fig. 1.3 Configuración de medición de localización Rho-theta [1]

#### 1.4.6 TDoA y Curvas Hiperbólicas.

Mientras TOA da una forma directa de encontrar locación a partir de la medición de la distancia, tiene desventajas para muchas aplicaciones. Relojes exactos y sincronizados deben ser mantenidos en todas las estaciones participantes en las mediciones. La información debe ser pasada del iniciador al receptor especificando cuando empezó la transmisión. TDoA no tiene esa desventaja. Todo lo que se necesita es una transmisión que tenga un punto de inicio reconocible no ambiguo. El dato usado en el cálculo es la diferencia de tiempo en la recepción desde ese punto de inicio a las diferentes estaciones base y no el tiempo de vuelo actual de la señal desde el objetivo a las estaciones fijas. En un arreglo teniendo un objetivo móvil cuyas coordenadas van a ser determinadas y dos estaciones base fijas, podemos encontrar la diferencia de tiempo de arribo de la señal enviada desde el móvil y recibida en las estaciones base. Este valor no es suficiente para calcular las coordenadas del móvil así que se necesita una estación base más. Los relojes de las estaciones fijas deben estar sincronizados, pero no el del objetivo.

La Fig. 1.1 muestra el esquema de TDoA en dos dimensiones. El objetivo T transmite un pulso en  $t_0$  que es recibido en  $F_1$  a  $t_1$  y en  $F_2$  a  $t_2$ . Los relojes de  $F_1$  y  $F_2$  están sincronizados, pero no el de T, así que  $t_0$  es desconocido, sin embargo, la diferencia de arribo, la cual es  $t_2 - t_1 = (t_2 - t_0) - (t_1 - t_0)$  puede ser calculada.

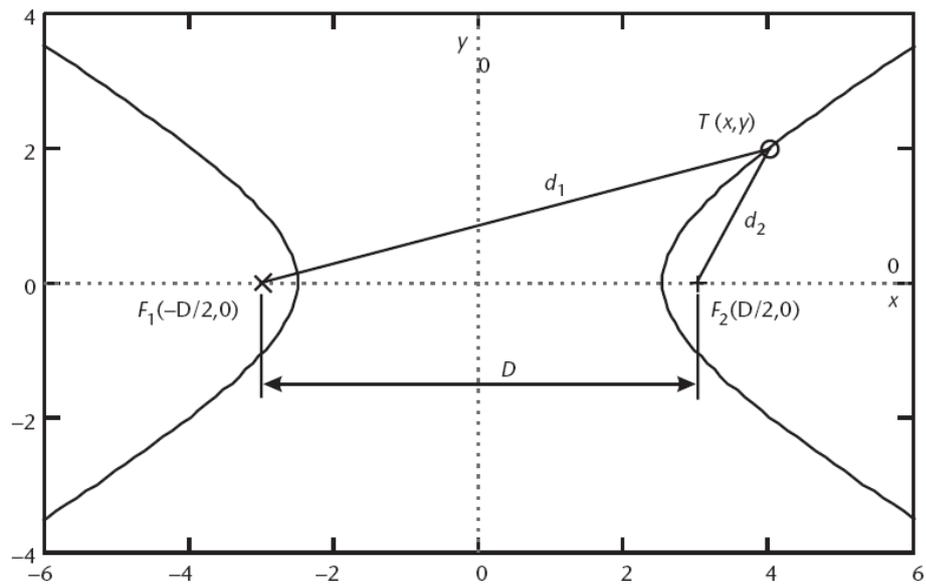


Fig. 1.4 Geometría del Método de localización TDoA [1]

Los tiempos en el lado derecho de la ecuación son proporcionales a las distancias  $d_1$  y  $d_2$ , ya que la distancia es proporcional al tiempo de vuelo, por lo tanto la diferencia de las distancias entre las dos estaciones fijas y el objetivo es  $\Delta d = d_2 - d_1 = c(t_2 - t_1)$ . Cuando todas las estaciones están en un plano, el lugar de los puntos cuyas diferencias de distancia desde  $F_1$  y  $F_2$ ,  $\Delta d$ , es constante, describe una hipérbola, en la cual se halla el objetivo buscado. La rama particular de la hipérbola donde está el objetivo, es aquella más cerca a la estación base que recibe primero la señal. La figura es trazada con  $F_1$  y  $F_2$  en el eje x y cada una a igual distancia  $D/2$  del origen. La expresión para la hipérbola es:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

Expresando a y b en términos de cantidades conocidas  $\Delta d$  y D, tenemos:

$$a^2 = (\Delta d / 2)^2 \quad b^2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 - a^2$$

Es necesario usar el tiempo de arribo a una tercera estación fija para precisar la localización del objetivo. Con la adición de esta tercera estación podemos encontrar tres diferencias de arribo entre  $F_1$  y  $F_2$ ,  $F_2$  y  $F_3$  y  $F_1$  y  $F_3$ . La intersección de un mínimo de dos hipérbolas, construidas de dos tiempos de arribo determinados y graficados en el mismo sistema de coordenadas, da la ubicación de T como se muestra en la Fig. 1.2.

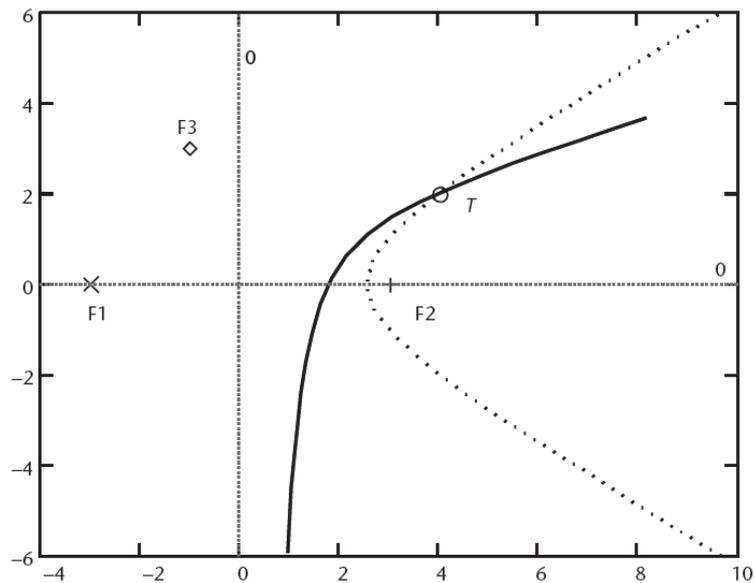


Fig. 1.5 Localización TDoA usando 3 estaciones fijas [1]

### **1.4.7 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)**

Es un sistema de posicionamiento basado en satélites, el cual en muchas formas ofrece la mejor ayuda de radio navegación disponible. Es operado por el gobierno de los Estados Unidos y usado con propósitos militares y públicos.

GPS puede ser combinado con aplicaciones celulares en varias maneras. El primer paso es implementar un receptor GPS en el terminal, el cual ofrece los mismos beneficios que un receptor independiente GPS.

La seguridad y velocidad de el receptor GPS puede ser radicalmente mejorada enviando data de asistencia GPS al terminal. Esto es lo que hace a GPS muy útil en la redes celulares, porque la data de asistencia GPS puede ser generada por unos pocos receptores de referencia y entregada a los terminales móviles sobre conexiones celulares.

El principio detrás de GPS está basado en el método TOA, pero, debido a la seguridad de sincronización, la implementación puede ser complicada. El satélite GPS transmite una señal de espectro ensanchado con un cronometraje muy preciso, hacia la tierra en la banda L. Un reloj de precisión en el receptor mide el retardo de tiempo de la señal entre los satélites y el receptor. Esto permite el cálculo de la distancia del receptor a cada satélite. Cuando un receptor observa tres satélites, su posición puede ser estimada usando aproximación de triangulación. En la práctica, el reloj del receptor no necesita ser tan preciso, si las señales de un cuarto satélite son usadas para corregir los errores del reloj del receptor. La señal de radio de un satélite GPS puede formar una esfera alrededor del

satélite que puede ser trazada basándose en el tiempo de viaje de la señal. Habiéndose definido tres esferas desde tres satélites, la posición del receptor es calculada como la intersección de las esferas, proveyendo coordenadas de latitud, longitud y altitud.

El posicionamiento GPS es uno de los sistemas más seguros actualmente en existencia, sin embargo los receptores normalmente deben tener línea de vista con al menos cuatro satélites, y esto a veces causa problemas, especialmente en interiores. Además, el receptor GPS incrementa los costos de manufactura y el consumo de potencia del terminal móvil. A fin de superar o al menos aliviar tales problemas, el posicionamiento GPS y la entrega de data asistida por GPS ha sido estandarizada para UMTS.

#### **1.4.8 Sistema de Posicionamiento Galileo**

Es una iniciativa conjunta entre Estados Unidos y la Agencia Espacial Europea, que comprende una constelación de 30 satélites orbitando a una altitud de 24000 km. Su principio de operación es similar a GPS; los satélites son adaptados con un reloj que mide el tiempo con mucha precisión y este tiempo es indicado en la señal transmitida. El terminal móvil recibe señales de varios satélites y mide el tiempo tomado por la señal en arribar. Usando estos resultados el móvil puede calcular su propia posición.

## **CAPITULO 2**

### **REDES UMTS**

El Sistema de Telecomunicación Móvil Universal, es una tecnología de tercera generación (3G), sucesor de las tecnologías de segunda generación basadas en GSM, incluyendo GPRS, y EDGE. Aunque UMTS utiliza un interfaz de aire totalmente diferente, los elementos del núcleo de la red han estado migrando hacia los requerimientos de UMTS con la introducción de GPRS y EDGE. De esta manera, la transición de GSM a UMTS no requiere una inversión instantánea tan grande.

UMTS, que utiliza CDMA de banda ancha (W-CDMA), ha tenido una larga historia. Aún cuando los primeros sistemas 2G estaban recién desplegándose, estaba claro que éstos no abastecerían la demanda por siempre. Serían requeridas nuevas tecnologías e instalaciones capaces de proporcionar nuevos servicios. Con esto en mente, la Conferencia de Radio

Administrativa Mundial empezó a reservar asignaciones del espectro para un nuevo servicio en sus reuniones en 1992.

La siguiente etapa en el desarrollo se presentó cuando la Unión Internacional de Telecomunicaciones empezó a definir un sistema, y el Sistema Internacional de Telecomunicaciones Móviles 2000 (IMT2000) comenzó a tomar forma. A fin de manejar el nuevo estándar, formaron a un grupo conocido como el Programa de Sociedad de la Tercera Generación (3GPP). De hecho, 3GPP es una cooperación global entre seis socios organizacionales (ARIB, CCSA, ETSI, ATIS, TTA y TTC) quienes son reconocidos como los principales cuerpos de estandarización del mundo de Japón, China, Europa, E.E.U.U. y Corea. El establecimiento de 3GPP fue formalizado en diciembre de 1998 por la firma del acuerdo del Proyecto de Sociedad de la Tercera Generación.

El alcance original de 3GPP era producir especificaciones técnicas aplicables globalmente e informes técnicos para un sistema móvil de telecomunicaciones de tercera-generación. Éste sería basado en los núcleos de red GSM y las tecnologías de acceso de radio que ellos soportan (es decir, Acceso de Radio Terrestre Universal (UTRA), en ambos modos, duplexación por división de frecuencia (FDD) y duplexación por división de tiempo (TDD)). El alcance de 3GPP fue incrementado más adelante para incluir el mantenimiento y desarrollo de las Especificaciones Técnicas e Informes Técnicos GSM, incluyendo sus derivados de GPRS y EDGE.

Mientras que 3GPP emprendió la administración del estándar UMTS, un comité similar era necesario para supervisar el desarrollo del otro estándar principal 3G, llamado CDMA2000. Este comité adquirió el nombre de 3GPP2, y los cuerpos de estandarización que estaban representados incluían ARIB, TTA, CWTS y TTA.

## **2.1 CAPACIDADES**

UMTS utiliza W-CDMA como el estándar de radio transmisión. Emplea un ancho de banda de canal de 5 MHz (mayor al ancho de banda de canal de cdmaOne/CDMA2000 1XRTT de 1.25 MHz), y como tal tiene la capacidad de transportar 100 llamadas de voz simultáneas, o llevar datos a velocidades de hasta 2 Mbps en su formato original. Sin embargo, con las últimas mejoras incluidas en las últimas versiones del estándar, nuevas tecnologías (incluyendo HSDPA y HSUPA) han permitido velocidades de transmisión de datos de 14.4 Mbps.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA

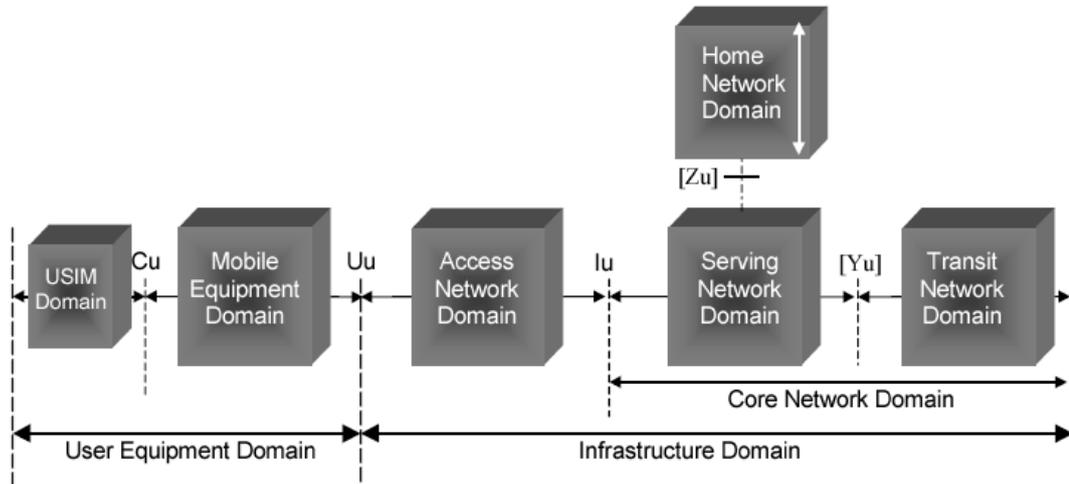


Fig. 2.1 Arquitectura de dominios UMTS. [7]

Como GSM, la red para UMTS se puede dividir en tres componentes principales. Éstos son la estación móvil, llamada el Equipo del Usuario o UE, el subsistema de estación base, conocido como el Subsistema de Red de Radio (RNS), y el Núcleo de la Red.

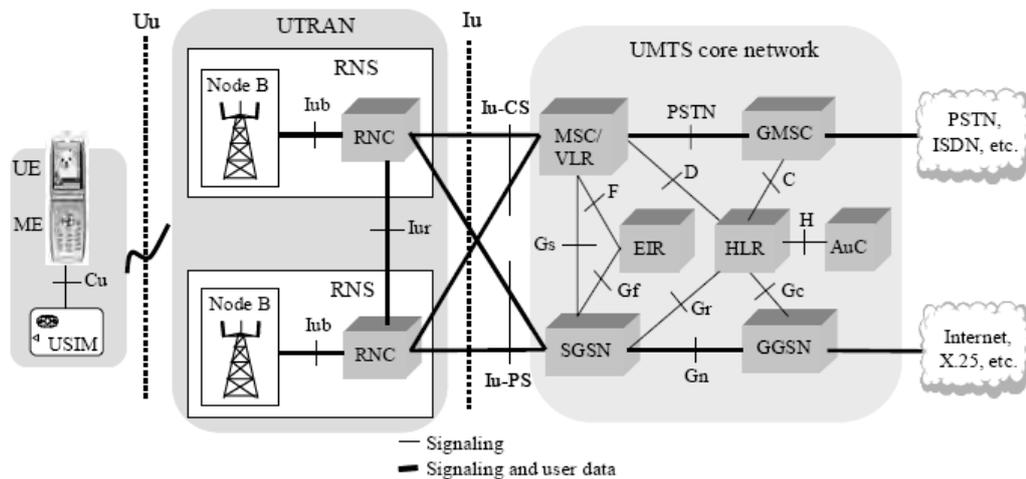


Fig. 2.2 Arquitectura de Red UMTS [5]

### 2.2.1 Equipo del usuario

El equipo del usuario es muy parecido al equipo móvil usado dentro de GSM. Consiste de una variedad de diversos elementos, incluyendo circuitería RF, procesamiento, antena, y batería.

El UE contiene una tarjeta SIM, aunque en el caso de UMTS se llama USIM (Módulo de Identidad del Suscriptor Universal). Ésta es una versión más avanzada de la tarjeta de SIM usada en GSM y otros sistemas, pero incorpora los mismos tipos de información. Contiene el número de Identidad del Suscriptor Móvil Internacional (IMSI) así como el Número ISDN Internacional de Estación Móvil (MSISDN). El USIM puede almacenar más de un MSISDN, permitiendo al teléfono ser utilizado para un número de diversas “líneas” - hogar, negocio, etc. El USIM también se programa con una clase de control de prioridad de acceso. Se utilizan estas clases para dar a diversos usuarios diversos niveles de prioridad al tener acceso al sistema. Los niveles 0-9 son asignados a los clientes regulares, mientras que los niveles 10-14 son asignados a usuarios, tales como la policía y otro personal de seguridad, que pueden necesitar acceso aun cuando el sistema pueda estar cercano a la capacidad. Otra información que el USIM contiene incluye el lenguaje preferido, para permitir que el correcto lenguaje de información sea exhibido, especialmente al hacer roaming, y una lista de las redes móviles públicas preferidas y prohibidas (PLMN).

El USIM también contiene una pequeña área de almacenamiento de mensajes cortos, que permite que los mensajes permanezcan con el usuario aun cuando se cambie de teléfono. Similarmente, almacena el directorio telefónico e información de llamadas con respecto a los números de llamadas entrantes y salientes.

### **2.2.2 Subsistema de Red de Radio**

Ésta es la sección de la red que interconecta al UE y al núcleo de la red. Contiene los equivalentes a la Estación Base Tx-Rx (BTS) y el Controlador de Estación Base (BSC). Bajo terminología de UMTS, el transmisor-receptor de radio se conoce como el nodo B. Éste se comunica con varios UE's, y con el Controlador de Red de Radio (RNC). Esto es realizado sobre un interfase conocida como Iub. La red de acceso de radio total es conocida como la Red de Acceso de Radio UMTS (UTRAN).

El componente RNC de la Red de Acceso de Radio (RAN) se conecta con el núcleo de red. El núcleo de red usado para UMTS se basa en la combinación de los elementos de conmutación de circuitos usado para GSM más los elementos de conmutación de paquetes utilizados para GPRS y EDGE. Así el núcleo de red se divide en dominio de conmutación de circuitos y dominio de conmutación de paquetes. Algunos de los elementos de conmutación de circuitos son el Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC), el Registro de Localización del Visitante (VLR) y la Compuerta MSC (GMSC). Los elementos de conmutación de paquetes son el Nodo de Soporte Servidor GPRS (SGSN)

y el Nodo de Soporte de Entrada GPRS (GGSN). Algunos elementos de la red, como EIR, HLR, VLR y AuC, son compartidos por ambos dominios y funcionan de manera semejante que en GSM.

La arquitectura del núcleo de red puede cambiar cuando se introducen nuevos servicios y características. La Base de Datos de Portabilidad Numérica (NPDB) será utilizada para permitir a los suscriptores cambiar el proveedor de red mientras que conserva su número de teléfono antiguo. El Registro de Localización de la Entrada (GLR) puede ser usado para optimizar el manejo del suscriptor entre los límites de la red. El MSC, VLR y SGSN pueden combinarse para convertirse en un UMTS MSC.

## **2.3 PROTOCOLOS**

El protocolo de señalización usado en redes UMTS es una evolución del usado en redes GSM/GPRS. El protocolo ha sido subdividido en Estrato de Acceso y Estrato de No-Acceso. El estrato de no-acceso es responsable de la administración de la movilidad y las funciones de control de llamada y, como su nombre implica, es independiente del tipo de red de acceso de radio, permitiendo a la señalización ser mantenida tan común como sea posible entre las redes GSM/GPRS y UMTS. El estrato del acceso consiste en la capa 2 y una parte más inferior de la capa 3. La porción de la capa 3 del estrato del acceso consiste del Controlador de Recursos de Radio (RRC), que corresponde a la sub-capa RR en redes GSM, y es responsable del control y asignación de los recursos de radio. La capa 2,

responsable de mantener un enlace apropiado y de proveer datos a la capa 1, se ha dividido en dos sub-capas, Control de Acceso al Medio (MAC) y Control de Enlace de Radio (RLC).

Otra subdivisión aplicada al protocolo está entre el plano del control (plano-C) y el plano del usuario (plano-U), donde el plano-C abarca los protocolos usados en los canales del control y el plano-U cubre la administración de canal del tráfico.

## **2.4 INTERFAZ DE AIRE**

Hay actualmente seis bandas que están especificadas para su uso, y la operación en otras frecuencias no se excluye. Sin embargo, mucho del enfoque está actualmente en asignaciones de frecuencia alrededor de los 2 GHz. En la Conferencia de Radio Administrativa Mundial en 1992, las bandas 1885-2025 y 2110-2200 MHz fueron reservadas para el uso sobre una base mundial por las administraciones que deseaban implementar Telecomunicaciones Móviles Internacionales-2000 (IMT-2000). Esto , sin embargo, no imposibilita su uso para otras aplicaciones.

Dentro de estas bandas, las porciones han sido reservadas para diversas aplicaciones:

**Tabla 1 Bandas de frecuencia UMTS [4]**

Bandas (MHz)	Uso	Características
1920-1980 y 2110-2170	Duplexación por división de frecuencia (FDD,WCDMA)	Par de enlaces de subida o bajada, ancho de canal 5MHz, un operador necesita 3 o 4 canales (2x15MHz o 2x20 MHz) para ser capaz de construir una red de alta capacidad y alta velocidad
1900-1920 y 2010-2025	Duplexación por División de Tiempo (TDD,TD/CDMA)	Impar, espaciado de canal 5MHz, Transmisión y recepción no separadas en frecuencia.
1980-2010 y 2170-2200	Enlace de subida y bajada de satélites.	

Las frecuencias portadoras son designadas por un Número de Canal de Radio Frecuencia Absoluto UTRA (UARFCN). Este puede calcularse como:

$$\text{UARFCN} = 5 \times (\text{frecuencia en MHz})$$

UMTS utiliza W-CDMA como el mecanismo de transporte de radio. Los canales tienen un ancho de banda de 5 MHz. La modulación utilizada es diferente en el enlace de subida y el de bajada. El enlace de bajada utiliza modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK) para todos los canales de transporte. Sin embargo, el enlace de subida usa dos canales separados de modo que el ciclo de encendido y apagado del transmisor no cause interferencia en las líneas de audio - un problema que era experimentado en GSM. Los canales duales (modulación por desplazamiento de fase en doble canal) son logrados

aplicando los datos cifrados del usuario a la entrada I o entrada en-fase al modulador diferencial DQPSK, y los datos de control se ha codificado usando un código diferente a la entrada Q o entrada en cuadratura al modulador.

## **2.5 ENSANCHAMIENTO (SPREADING)**

Como con cualquier sistema basado-en-CDMA, los datos a ser transmitidos se codifican usando un código de ensanchamiento particular para un usuario dado. De esa manera solamente el receptor deseado puede correlacionar y decodificar la señal, todas las demás señales aparecen como ruido.

Los datos de una señal CDMA se multiplican con un código de ensanchamiento o de chip para aumentar el ancho de banda de la señal. Para W-CDMA, cada canal físico es ensanchado con una única y variable secuencia de ensanchamiento. El grado total de ensanchamiento varía para permitir a la señal final llenar el ancho de banda de canal requerido. Como la velocidad de datos de entrada puede variar a partir de una aplicación a la siguiente, así el grado de ensanchamiento necesita ser variado adecuadamente.

Para el enlace de bajada, la velocidad de símbolo que es transmitida es 3.84 Msps. Como la forma de modulación utilizada es QPSK, ésta permite transmitir 2 bits de información por cada símbolo, permitiendo de tal modo una velocidad máxima de datos, del doble de la velocidad de símbolo, o sea 7.68 Mbps. Por lo tanto, si la actual velocidad de datos que se

transmitirán es 15 kbps, entonces un factor de ensanchamiento de 512 se requiere para subir la señal hasta la velocidad de chip requerida para la transmisión en el ancho de banda establecido. Si los datos a ser transportados tienen una mayor velocidad de datos, entonces una menor tasa de ensanchamiento es requerida para balancear esto. Vale recordar que alterar la velocidad de chip, altera la ganancia de proceso del sistema total, y esto también necesita ser acomodado en el procesamiento de señal. Factores de ensanchamiento más altos son correlacionados más fácilmente por el receptor, y por lo tanto una potencia de transmisión más baja se puede utilizar para la misma tasa de error de símbolo.

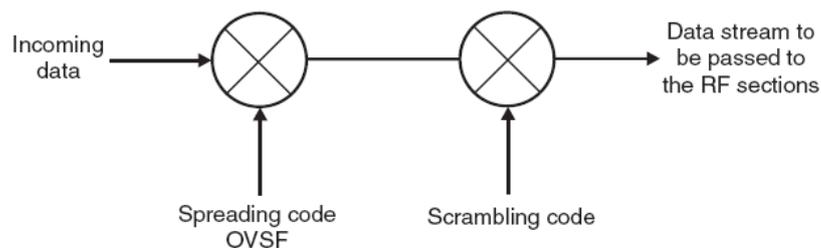


Fig. 2.3 Proceso de ensanchamiento y scrambling. [4]

Los códigos requeridos para ensanchar la señal deben ser ortogonales si van a permitir a usuarios y canales múltiples funcionar sin interferencia mutua. Los códigos usados en W-CDMA son códigos de Factor de Ensanchamiento Variable Ortogonales (OVSF), y deben mantenerse sincronizados para funcionar. Como no es posible mantener una sincronización exacta para esto, un segundo sistema de códigos de scrambling (mezcla) se utiliza para asegurarse de que no haya interferencia (Fig. 2.3). Este código es un código numérico pseudo-aleatorio (PN). Así hay dos etapas de ensanchamiento: la primera usando el código OSVF, y la segunda usando un código de scrambling PN. Estos códigos se

utilizan para proporcionar diversos niveles de separación. Los códigos de ensanchamiento OVSF se utilizan para identificar los servicios del usuario en el enlace de subida y los canales de usuario en el enlace de bajada, mientras que el código PN se utiliza para identificar el nodo B individual o al UE.

En el enlace de subida, hay opción de millones de diferentes códigos PN. Éstos se procesan para incluir un código individual de enmascaramiento para identificar el UE. Consecuentemente, hay códigos más que suficientes para acomodar el diverso número de UE's comúnmente accedando a la red. Para el enlace de bajada se utiliza un código corto. Hay un total de 512 diversos códigos que puedan ser usados, uno de los cuales será asignado a cada nodo B.

## **2.6 SINCRONIZACIÓN**

El nivel de sincronización requerido para el sistema W-CDMA a funcionar es proporcionado por el canal de sincronización primario (P-SCH) y el canal de sincronización secundario (S-SCH). Estos canales son tratados en una manera diferente a los canales normales, y consecuentemente no son ensanchados usando los códigos OVSF's y PN sino usando códigos de sincronización. Se emplean dos tipos: el código primario, utilizado en el P-SCH, y el código secundario, que se utiliza en el S-SCH.

El código primario es igual para todas las celdas, y es una secuencia de 256 chips que se transmite durante los primeros 256 chips de cada slot. Esto permite al UE la sincronización de slot con la estación base.

Una vez que el UE ha logrado sincronización de slot de tiempo, conoce el comienzo y parada del slot de tiempo pero no tiene información sobre el slot de tiempo en particular, o del frame. Esto se consigue usando los códigos de sincronización secundarios.

Hay dieciséis diferentes códigos secundarios de sincronización en total. Un código se envía al principio del slot de tiempo, ej. los primeros 256 chips. Consiste en quince códigos de sincronización, y hay 64 grupos de código de scrambling diferentes. Cuando se ha recibido, el UE puede determinar con anterioridad, con cual código de sincronización comienza el frame total. De esta manera, el UE puede lograr sincronización completa.

Los códigos scrambling en el S-SCH también permiten al UE identificar cual código de scrambling se está utilizando, y por lo tanto puede identificar la estación base. Los códigos scrambling se dividen en 64 grupos de códigos, cada uno teniendo ocho códigos. Esto significa que después de alcanzar la sincronización del frame, el UE tiene solamente una opción en ocho códigos y puede por lo tanto intentar decodificar el canal CPICH. Una vez logrado esto, puede leer la información del BCH y lograr una mejor sincronización, y monitorear el P-CCPCH.

## 2.7 CONTROL DE POTENCIA

Como con cualquier sistema CDMA, es esencial que la estación base reciba todos los UE's en aproximadamente el mismo nivel de potencia. Si no, los UE's más alejados y con menor fuerza no serán escuchados por el nodo B, y solamente los que están más cerca podrán tener acceso al sistema. Este efecto se refiere a menudo como el efecto cerca-lejos.

Es importante también que los nodos B controlen sus niveles de potencia con eficacia. Como las señales transmitidas por diferentes nodos B no son ortogonales una a la otra, es posible que interfieran las señales provenientes de diferentes nodos. Por consiguiente, su potencia también se mantiene al mínimo requerido para que los UE's sean servidos.

Para lograr el control de potencia se emplean dos técnicas: de lazo abierto y de lazo cerrado. La técnica de lazo abierto se utiliza durante el acceso inicial, antes de que la comunicación entre el UE y el nodo B se haya establecido completamente. La técnica funciona simplemente haciendo una medición de la fuerza de la señal recibida y por lo tanto estimando la potencia de transmisión requerida. Como las frecuencias de transmisión y recepción son diferentes, las pérdidas de trayectoria en cualquier dirección variarán y por lo tanto este método no puede ser más que una buena estimación.

Una vez que el UE ha accedido al sistema y está en comunicación con el nodo B, se utilizan las técnicas de lazo cerrado. Se toma una medición de la fuerza de la señal en cada

slot, como resultado de esto, un bit de control de potencia se envía solicitando que la potencia sea incrementada o reducida. Este proceso se emprende en ambos enlaces de subida y bajada. El hecho de que solamente un bit está asignado al control de potencia significa que la potencia estará continuamente cambiando. Una vez que haya alcanzado aproximadamente el nivel correcto, entonces se incrementará y reducirá por un nivel. En la práctica, la posición del móvil cambiará o la trayectoria cambiará como resultado de otros movimientos, y esto ocasionará que el nivel de la señal se mueva, así que el cambio continuo no es un problema.

## **2.8 FRAMES, SLOTS Y CANALES**

UMTS utiliza técnicas de CDMA como su tecnología de acceso múltiple, pero utiliza además técnicas de división de tiempo con una estructura de slot y frame para proporcionar la estructura completa al canal.

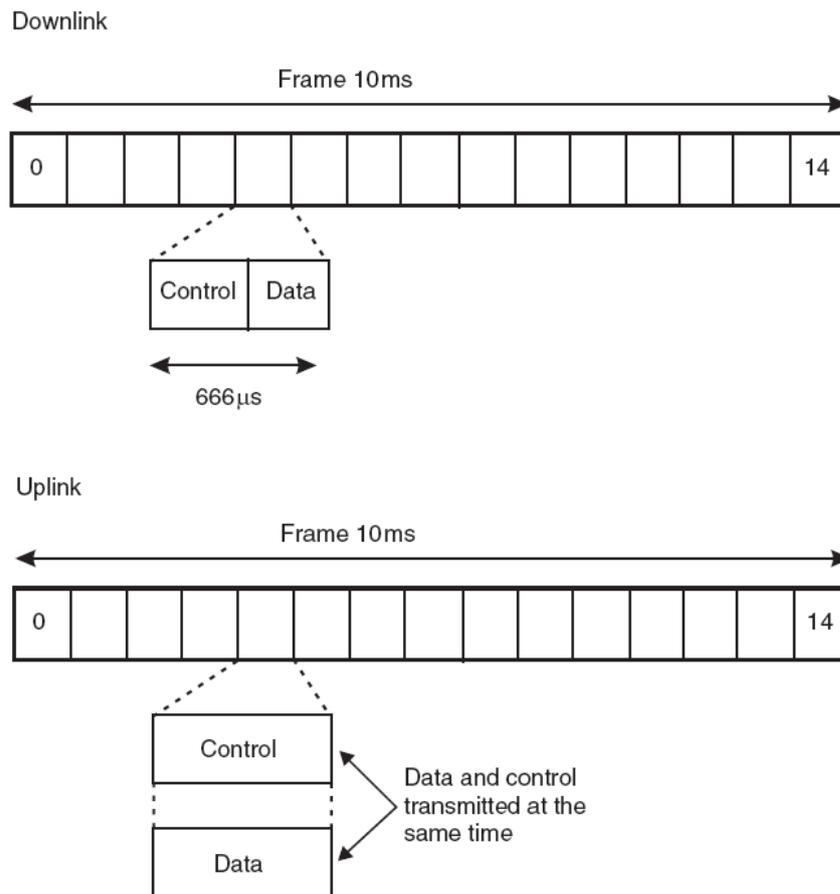


Fig. 2.4 Estructura de frame y de slot [4]

Un canal está dividido en frames de 10 ms, que tienen quince slots de tiempo de 666 microsegundos cada uno. En el enlace de bajada, el tiempo se subdivide aún más de modo que los slots de tiempo contengan campos con mensajes del control o datos de usuario (Fig. 2.4)

En el enlace de subida, se utiliza la modulación en doble canal para transmitir datos y control simultáneamente. Aquí, los elementos de control contienen una señal piloto, un

Identificador de Combinación de Formato de Transporte (TFCI), Información de Realimentación (FBI) y Control de Potencia de Transmisión (TPC).

Los canales transportados se categorizan en tres grupos: lógicos, de transporte y físicos. Los canales lógicos definen el tipo de información a transferir; los canales de transporte definen la forma en la cual se transfieren los datos; y los canales físicos denotan los recursos utilizados, códigos, frecuencias, slots.

Los canales se organizan tal que los canales lógicos están relacionados con *qué* se transporta, mientras que los canales de transporte de la capa física tratan con *cómo*, y con qué características. La capa MAC proporciona servicios de transferencia de datos en los canales lógicos. Un conjunto de tipos de canal lógico se define para diversas clases de servicios de transferencia de datos.

### **2.8.1 Canales lógicos**

1. Canal de Control de Difusión (BCCH), DL. El canal de control de difusión es un canal de enlace de bajada (DL) que difunde la información relevante a esa celda a los UE's en el área de servicio. La información incluye los canales de radio de las celdas vecinas con sus configuraciones, así como los canales RACH's y códigos de scrambling disponibles.

2. Canal de Control de Paging (PCCH), DL. Este canal del DL está asociado al PICH, y se utiliza para la transmisión de mensajes de paging así como información de notificación.
3. Canal de Control Dedicado (DCCH), UL/DL. Este canal se utiliza para llevar la información de control dedicada en ambas direcciones.
4. Canal de Control Común (CCCH), UL/DL. Este canal bidireccional se utiliza para transferir información de control.
5. Canal de Control Compartido (SHCCH), bidireccional. Este canal es bidireccional pero se encuentra solamente en la forma de TDD de UMTS, donde se utiliza para transportar información de control de canal compartido.
6. Canal de Tráfico Dedicado (DTCH), UL/DL. El DTCH es un canal bidireccional que se utiliza para llevar los datos o el tráfico del usuario.
7. Canal de Tráfico Común (CTCH), DL. Este canal unidireccional del enlace de bajada se utiliza para transferir la información de usuario dedicada a un grupo de UE's.

### **2.8.2 Canales de transporte**

1. Canal Dedicado de Transporte (DCH), UL/DL, mapea al DCCH y al DTCH. Este canal, que está presente en ambas direcciones de subida y bajada, se utiliza para transferir data específica a un UE particular. Cada UE tiene su propio DCH en cada dirección.

2. Canal de Difusión (BCH), DL, mapea al BCCH. Éste es un canal del enlace de bajada que transmite o difunde información a los UE's en la celda para permitirles identificar la red y la celda. Típicamente, proporciona información sobre el sistema, la configuración del sistema y canales de radio vecinos. De particular importancia para UE's accedendo a la red, identifica los canales de acceso aleatorios disponibles y sus códigos de scrambling. El UE también monitorea la fuerza del BCH para determinar las fuerzas de señal relativas, y de esta manera puede determinarse a cual celda debe acceder. También se utiliza para determinar si un traspaso de celda (handover) es requerido.
3. Canal de acceso delantero (FACH), DL, mapea al BCCH, CCCH, CTCH, DCCH y DTCH. Este canal aparece en el enlace de bajada, y lleva datos e información a los UE's registrados en el sistema. Puede haber más de un FACH por celda, mientras puedan llevar paquetes de datos. Sin embargo, hay siempre un FACH que lleva datos a baja velocidad para permitir a los móviles recibir los mensajes FACH, y funciona sin control de potencia de lazo cerrado.
4. Canal de Paging (PCH), DL, mapea al PCCH. Como los canales de paging en otros sistemas tales como GSM, este canal lleva mensajes que alertan el UE de las llamadas entrantes, mensajes SMS, sesiones de datos, o mantenimiento requerido tal como re-registro.
5. Canal de acceso aleatorio (RACH), UL, mapea al CCCH, DCCH y DTCH. Lleva los pedidos de servicio de los UE's tratando de acceder al sistema. Por su naturaleza el RACH es un canal compartido que cualquier UE puede acceder, y por lo tanto los móviles que solicitan servicio enviarán un mensaje. Este es reconocido por la red,

usando el Canal de Indicador de Adquisición (AICH). Si la petición del RACH no es reconocida, entonces el UE espera una cantidad de tiempo aleatoria antes de enviar otra petición de acceso.

6. Canal Común de Paquetes (CPCH), UL, mapea al DCCH y DTCH. Proporciona capacidad adicional más allá de la del RACH. Si el móvil soporta el uso de este canal, puede acceder al sistema por medio de este canal y después continuar utilizándolo para transmitir cantidades pequeñas de datos. Este canal utiliza control de potencia rápido.
7. Canal Compartido de Enlace de Bajada (DSCH), DL, mapea al DCCH y al DTCH. Este canal se puede compartir por varios usuarios, y se utiliza para los datos que son “en ráfaga” por naturaleza - tales como los obtenidas en navegación web, etc. Es compartido-en-tiempo por los diversos usuarios, y el sistema de programación de paquetes de UMTS asigna dinámicamente un slot particular en una portadora y un código a un UE dado que tenga paquetes que transmitir en la dirección requerida. Una vez que se hayan enviado los datos, el sistema de programación de paquetes puede asignar la capacidad a otro UE.

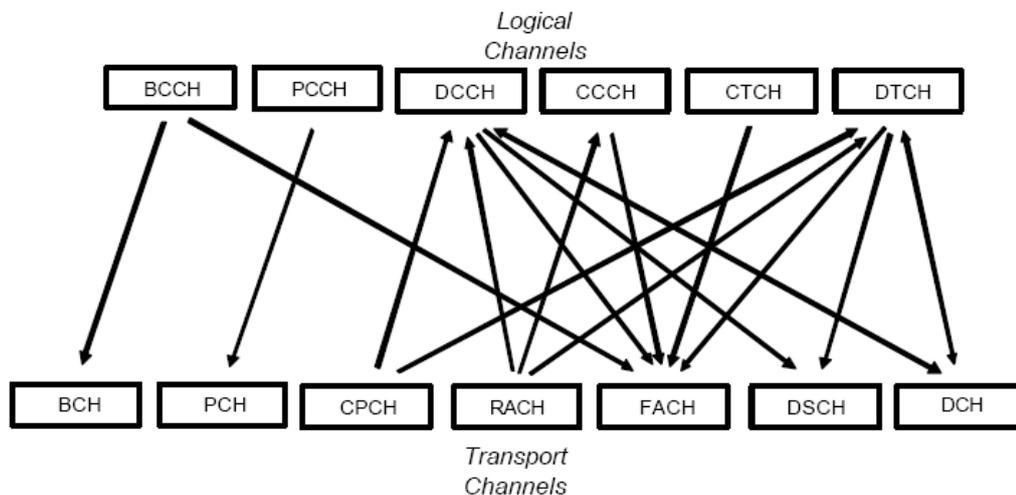
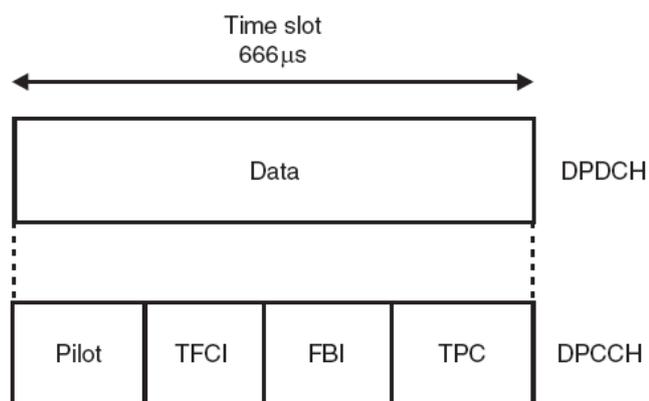


Fig. 2.5 Mapeo de canales lógicos a canales de transporte [8]

### 2.8.3 Canales físicos

1. Canal Físico de Control Común Primario (PCCPCH), mapea al BCH. Este canal transmite continuamente en el enlace de bajada, difundiendo la información de identificación y control de acceso del sistema. Su código de ensanchamiento se asigna permanentemente a 256 de modo que proporcione una velocidad total de transmisión de 30 kbps.
2. Canal Físico de Control Común Secundario (SCCPCH), mapea al FACH, PCH. Éste es un canal de enlace de bajada que lleva el canal de acceso delantero (FACH), proporcionando información de control, y el canal de paginación (PCH) con mensajes para UE's que están registrados en la red. El factor de ensanchamiento se determina según las capacidades del UE, permitiendo la velocidad de transmisión de datos más rápida que el UE pueda manejar.

3. Canal Físico de Acceso Aleatorio (PRACH), mapea al RACH. Éste es un canal de enlace de subida que permite al UE transmitir ráfagas de acceso aleatorio en un intento por acceder a la red. En vista de la naturaleza del canal, usa un factor de ensanchamiento fijo, dando una velocidad de datos de 16 kbps.
4. Canal de Datos Físico Dedicado (DPDCH), mapea al DCH. Este canal se utiliza para transferir datos del usuario en ambos enlaces de subida y bajada. El factor de ensanchamiento depende de las velocidades de datos, y también varía entre el enlace de subida y el de bajada debido a los diferentes esquemas de modulación usados. En el enlace de bajada el factor de ensanchamiento puede variar entre 4 y 256, y en el enlace de subida puede variar desde 4 hasta 512. Además, el factor de ensanchamiento puede variar en una base frame por frame (Fig. 2.6 y Fig. 2.7).

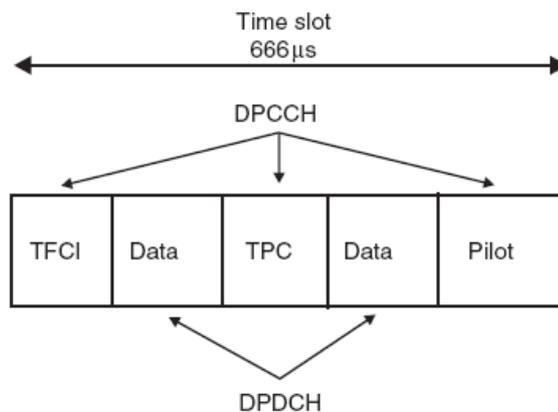


TFCI, Indicador de combinación de formato de transporte

FBI, Información de Realimentación

TPC, Control de Potencia de Transmisión

Fig. 2.6 Estructura de slot de enlace de subida de DPCCH y DPDCH [4]



TFCI, Indicador de combinación de formato de transporte

TPC, Control de Potencia de Transmisión

Fig. 2.7 Estructura de slot de enlace de bajada de DPCCH y DPDCH [4]

5. Canal de Control Físico Dedicado (DPCCH), mapea al DCH. Este canal está presente en ambos enlaces de subida y de bajada. Lleva información de control a, y desde el UE. El canal lleva los bits piloto y el Identificador de Combinación de Formato de Transporte (TFCI) en ambas direcciones. El canal de enlace de bajada también incluye los bits de Control de Potencia de Transmisión e Información de Realimentación (FBI). Dentro de la estructura del canal, los bits piloto ayudan a la recuperación del canal de datos y de control, y el TFCI determina si múltiples canales físicos están combinados (Fig. 2.6 y Fig. 2.7).

6. Canal Físico Compartido de Enlace de Bajada (PDSCCH), mapea al DSCH. Este canal comparte la información de control a los UE's dentro del área de cobertura del nodo B. El canal se asocia siempre a un Canal Dedicado de enlace de bajada (DCH), y su factor de ensanchamiento puede variar entre 4 y 256.

7. Canal Común de Paquetes Físico (PCPCH), mapea al CPCH. Como puede entenderse de su nombre, este canal es específicamente planeado para llevar paquetes de datos. En operación, el UE monitorea el sistema para comprobar si está ocupado; si no, transmite una breve ráfaga de acceso. Ésta se retransmite si no se logra ningún reconocimiento, con un ligero incremento en la potencia cada vez. Una vez que el nodo B reconoce la petición, los datos se transmiten en el canal.
8. Canal de Sincronización (SCH). El canal de sincronización se utiliza para permitir que los UE's se sincronicen con la red como se describió anteriormente.
9. Canal Piloto Común (CPICH). Este canal es transmitido por cada nodo B de modo que los UE's sean capaz de estimar la sincronización para la demodulación de la señal. Además, puede ser utilizado como faro para que el UE determine la mejor celda con la cual comunicarse. El CPICH utiliza un factor de ensanchamiento fijo de 256 y éste produce una velocidad de datos de 30 kbps.
10. Canal de Indicador de Adquisición (AICH). El AICH se utiliza para informar al UE sobre el Canal de Datos (DCH) que puede usar para comunicarse con el nodo B. Esta asignación de canal ocurre como resultado de una exitosa petición de servicio de acceso aleatorio del UE.
11. Canal de Indicación de Paging (PICH). Este canal proporciona la información al UE de modo que pueda funcionar su modo de "sueño" (sleep) para conservar su batería al escuchar en el canal de la paginación. Como el UE necesita saber cuándo monitorear el PCH, se proporcionan datos en el PICH para asignar a un UE una tasa de repetición de paginación para permitirle determinar cuan seguido necesita "despertar" y escuchar el PCH.

12. Canal de Indicación de Estado del CPCH (CSICH). Este canal, que aparece solamente en el enlace de bajada, lleva el estado del CPCH y se puede utilizar también para llevar ciertos datos intermitentes (o ‘ráfagas’). Trabaja en una manera similar al PICH.

13. Canal de Indicación de Detección de Colisión/Asignación de Canal (CD/CA-ICH). Este canal, presente en el enlace de bajada, se utiliza para indicar si la asignación del canal es activa o inactiva al UE.

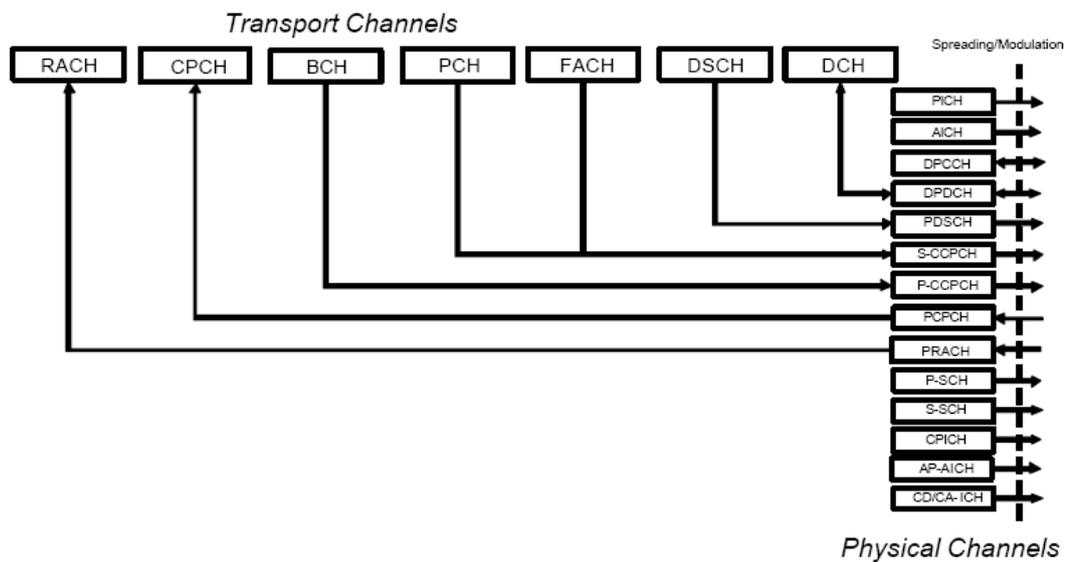


Fig. 2.8 Mapeo de canales de transporte a canales físicos [8]

## 2.9 PAQUETES DE DATOS

Los paquetes de datos proporcionan un elemento cada vez más importante dentro de las aplicaciones del teléfono móvil. W-CDMA es capaz de llevar transmisiones de paquetes

de datos de dos maneras. La primera es para paquetes de datos cortos a ser añadidos directamente a una ráfaga de acceso aleatorio. Este método se llama transmisión de paquete de canal común, y se utiliza para paquetes cortos no frecuentes. Es preferible transmitir paquetes cortos de este modo porque el mantenimiento del enlace necesario para un canal dedicado conduciría a gastos inaceptables. Además, se evita el retraso en la transferencia de los datos a un canal dedicado.

Paquetes más grandes o más frecuentes se transmiten en un canal dedicado. Se transmite un paquete grande, simple, usando un esquema de paquete-simple, donde se libera el canal dedicado inmediatamente después de que se ha transmitido el paquete. En un esquema de multi-paquetes, el canal dedicado es mantenido transmitiendo información de control de potencia y de sincronización entre paquetes subsecuentes.

## **2.10 CAPAS DE PROTOCOLO DEL ESTRATO DE ACCESO**

La sub-capa MAC es responsable de mapear los canales lógicos y los canales del transporte, asegurando la entrega óptima de las Unidad de Datos de Protocolo (PDU's) de los canales comunes y dedicados. Para tratar con este rango de canales, el MAC se subdivide en una variedad de áreas. Éstas áreas son la MAC-b, que es responsable de controlar el BCH; la MAC-c/sh, la cual controla el acceso a los canales de transporte comunes a excepción del HS-DSCH; la MAC-d, la cual controla el acceso a todos los canales de transporte dedicados; y la MAC-hs, la cual controla el acceso al HS-DSCH.

Asentada sobre la capa MAC está la capa del Control de Enlace de Radio (RLC), que se subdivide en tres entidades. Estas entidades proporcionan los elementos de control que soportan tres modos de operación en la capa 2. El primero es el modo transparente (TM), que transfiere datos del usuario, y proporciona segmentación y re-ensamble de las unidades de datos. El segundo es el modo No-Reconocido (UM), que es similar al TM pero también verifica números de serie, y proporciona codificación, relleno y concatenación donde sea requerido. El tercero, es el Modo Reconocido (AM), el cual soporta control de flujo, entrega en-secuencia de PDU's de capa-superior, corrección de error y detección de duplicados.

El RLC también mantiene la calidad del servicio (QoS) demandada por las capas superiores. Hay cuatro clases de calidad de servicio:

- 1 Clase conversacional (voz, video telefonía, video juego)
- 2 Clase fluida (multimedia, vídeo en demanda, webcast)
- 3 Clase interactiva (navegación web, juegos en red, acceso a bases de datos)
- 4 Clase en segundo plano (email, SMS, descargas).

La capa superior del estrato del acceso se llama la capa de Control de Recursos de Radio (RRC). Ésta es una capa compleja que tiene muchas funciones, que incluyen el control de información de difusión, el establecimiento y liberación de las conexiones de RRC y portadoras de radio, selección y re-selección de celda, paging, codificación, protección de la integridad, y control de reportes de mediciones del UE.

Usando estas características, la capa de RRC proporciona las conexiones de señalización usadas por las capas superiores del estrato de no-acceso, haciendo posible el flujo de información entre la red y el UE.

Hay dos protocolos de estado que pueden ser adoptados por el UE. El primero se llama Modo Inactivo, donde el UE realiza búsquedas de celda. El segundo se conoce como Modo Conectado. Aquí, el comportamiento del UE es determinado por el estado actual del UE, del cual hay cuatro tipos: URA\_PCH, CELL\_PCH, CELL\_FACH y CELL\_DCH.

En los primeros dos estados, el UE está buscando la celda más apropiada y decodificando la información del sistema. El UE puede responder al paging en este modo. En el modo de CELL\_FACH, el UE puede actuar sobre los mensajes de RRC recibidos sobre el BCCH, el CCCH y el DCCH. En el modo de CELL\_DCH, el UE actúa sobre los mensajes recibidos en el DCH.

## **2.11 HANDOVER**

Dentro de UMTS, el handover sigue muchos conceptos similares a los usados para otros sistemas CDMA tales como CDMA2000. Hay tres tipos básicos de handover: hard handover, soft handover y softer handover. Los tres tipos se utilizan, pero bajo diversas circunstancias.

El hard handover es como el usado para las generaciones de sistemas anteriores. Aquí, como el UE se mueve en el rango de un nodo B, la llamada tiene que ser entregada a otro canal de frecuencia. En este caso, la recepción simultánea de ambos canales no es posible.

El soft handover es una técnica que no estaba disponible en las generaciones anteriores de los sistemas de telefonía móvil. Con los sistemas CDMA es posible tener celdas adyacentes en la misma frecuencia, y como resultado el UE puede recibir señales a partir de dos celdas adyacentes a la vez, mientras que estas celdas pueden también recibir señales desde el UE. Cuando ocurre esto y se efectúa el handover, se conoce como soft handover. El softer handover es un soft handover cuando las señales vienen del mismo nodo B pero de diferentes sectores.

Las decisiones sobre handover son manejadas generalmente por el RNC. Monitorea continuamente la información considerando las señales que están siendo recibidas por el UE y el nodo B, y cuando un enlace particular ha caído debajo de un nivel dado y hay otro mejor canal de radio disponible, inicia un handover. Como parte de este proceso de monitoreo, el UE mide la Potencia de Código de Señal Recibida (RSCP) y el Indicador de Fuerza de Señal Recibida (RSSI) y la información entonces es retornada al nodo B y por lo tanto al RNC en el canal del control de enlace de subida.

Si se requiere un hard handover, entonces el RNC mandará al UE a adoptar un modo comprimido, permitiendo intervalos cortos de tiempo en los cuales el UE es capaz de medir la calidad del canal de otros canales de radio.

## **2.12 HANDOVER INTER-SISTEMA.**

Mientras que la estrategia primaria de handover para un UE UMTS es pasar a otro nodo B UMTS, puede ser el caso que no haya otro adecuado nodo B UMTS disponible, particularmente durante la fase de despliegue de una red 3G. Por lo tanto se espera que bajo estas condiciones el UE realice un handover inter-sistema. Como GSM y UMTS tienen interfaces de aire totalmente diferentes, esta forma de handover es más complicada que un handover dentro de UMTS o GSM. Hay varias razones para esto. Obviamente, el canal de 5 MHz y el uso de CDMA contra el ancho de canal de 200-kHz y las técnicas de TDMA son ambos obstáculos a superar. Otro hecho es que UMTS transmite continuamente datos, y esto no permite al receptor simple UE sintonizar otro canal de RF mientras se comunica con la red UMTS.

Para superar esto, se ha proporcionado dentro de UMTS un modo comprimido. Esto permite que el UE adapte su velocidad de transmisión para proveer interrupciones en la transmisión cuando puede monitorear los canales GSM. Estas Longitudes de Abertura de Transmisión (TGL's) son habilitadas por uno de varios métodos - bajando la cantidad de datos a ser transmitidos, reduciendo el factor de ensanchamiento o pinchando el

código de protección de error. Esta característica es un elemento esencial de UMTS, pues significa que los UE's pueden retroceder a GSM (o a GPRS/EDGE) cuando el servicio completo de UMTS no está disponible. Aunque puede parecer particularmente difícil, el hecho de que la red actualizada GSM tiene muchos elementos comunes con la red UMTS, y puede incluso utilizar los mismos elementos, significa que el handover es simplificado, al menos un poco.

## CAPITULO 3

### POSICIONAMIENTO EN REDES UMTS

Los siguientes tres métodos de posicionamiento han sido especificados para redes UMTS:

- **Métodos Basados en Celda.** En su forma más simple, la posición del objetivo corresponde a las coordenadas de la estación base más cercana. Si se requiere la posición puede ser refinada tomando en cuenta la distancia entre el terminal y la estación base, la cual puede ser derivada de el RTT, el AOA de las señales desde el terminal a la estación base o ambos .
- **Diferencia de Tiempo de Arribo Observada con Enlace de Bajada Periódicamente Inactivo (OTDoA-IPDL).** Es un método basado en el terminal, sin embargo, como se describirá más adelante, las mediciones de sincronización en el terminal sufren del llamado *problema de capacidad de escucha*, y por lo tanto es necesario

interrumpir periódicamente las transmisiones del enlace de bajada durante las mediciones.

- **Asistido por GPS.**

### **3.1 SET ACTIVO, EFECTO CERCA-LEJOS Y CAPACIDAD DE ESCUCHA.**

Debido a que las estaciones base vecinas en una red UMTS pueden operar en las mismas portadoras, es posible que un terminal mantenga ramas de señal a varias estaciones base simultáneamente. Esto significa que puede recibir las transmisiones de varias estaciones cercanas y viceversa, varias estaciones pueden escuchar las transmisiones del terminal, o ambas al mismo tiempo. Esta característica puede ser utilizada para mejorar significativamente la calidad de la transmisión de datos y apoyar el proceso de handover.

El set de estaciones base a las cuales un terminal mantiene ramas de señal es referido como el *set activo*. La composición de un set activo depende de la calidad de la señal, particularmente de la fuerza de la señal, de las estaciones base cercanas. Una estación base es agregada a un set activo si la calidad de la señal excede un umbral bien definido, y es removida si cae debajo del umbral. Típicamente un set activo contiene de 1 a 3 estaciones y puede comprender un número máximo de 6. Como se puede ver en la Fig. 3.1, la calidad de la transmisión de datos puede ser incrementada en ese flujo de datos resultante de las múltiples ramas de señal combinadas en el RNC. Si las estaciones base de un set activo están conectadas a diferentes RNC's, se distingue entre un RNC Servidor (SRNC) y uno o

varios RNC Flotantes (Drifting RNC). El RNC Flotante envía el flujo de datos al RNC Servidor donde ellos son correlacionados y un flujo, apropiadamente combinado, es enviado al núcleo de la red.

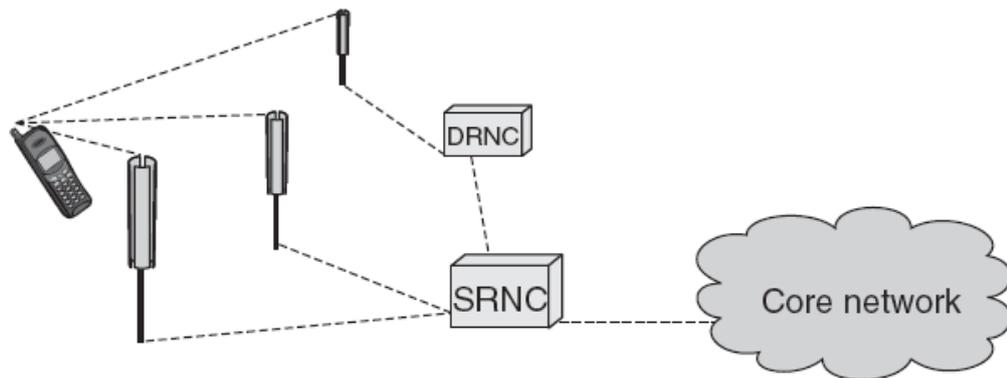


Fig. 3.1 Ramas de señal entre el terminal y la estación base. [2]

Mantener ramas de señal a varias estaciones base simultáneamente, también beneficia al proceso de handover. En particular, es posible establecer una nueva conexión a otra estación base antes de liberar la conexión a la anterior, este proceso se llama *soft handover*.

Sin embargo, el hecho de que varios subscriptores dentro de una celda y las estaciones bases de celdas vecinas están transmitiendo simultáneamente en la misma portadora es también responsable de dos problemas, conocidos como *efecto cerca-lejos* y *problema de capacidad de escucha*. Ambos ocurren debido a las diferencias en las pérdidas por trayectoria de las señales, el primero en el enlace de subida y el segundo en el de bajada.

El efecto cerca-lejos aparece si las señales de un terminal que está cerca a la estación base servidora, ahogan las señales de los terminales localizados lejos de la misma estación base.

Como resultado, la estación base no puede reconstruir apropiadamente o aún reconocer las señales de los terminales más lejanos, como se ilustra en la Fig. 3.2 (a). En el peor de los casos las señales de terminales a grandes distancias pueden aparecer como ruido de fondo o interferencias cuando arriban a la estación base. Para enfrentar este problema, cada terminal debe ajustar su potencia transmitida de manera que las señales de todos los terminales en una celda tengan una fuerza similar cuando arriben a la estación base, como se ilustra en la Fig. 3.2 (b). Así, los terminales localizados muy lejos deben transmitir con mayor potencia que aquellos localizados más cerca. El ajuste de potencia es un proceso complicado para lo cual existen diferentes métodos . Uno de ellos es medir la fuerza de la señal en el enlace de bajada y derivar de allí la potencia del enlace de subida, lo que se llama **control de potencia de lazo abierto**. Otra manera es el **control de potencia de lazo cerrado**, donde la estación base servidora ordena al terminal, incrementar o decrementar la potencia de transmisión, basado en la razón señal-a-interferencia medida en la estación base.

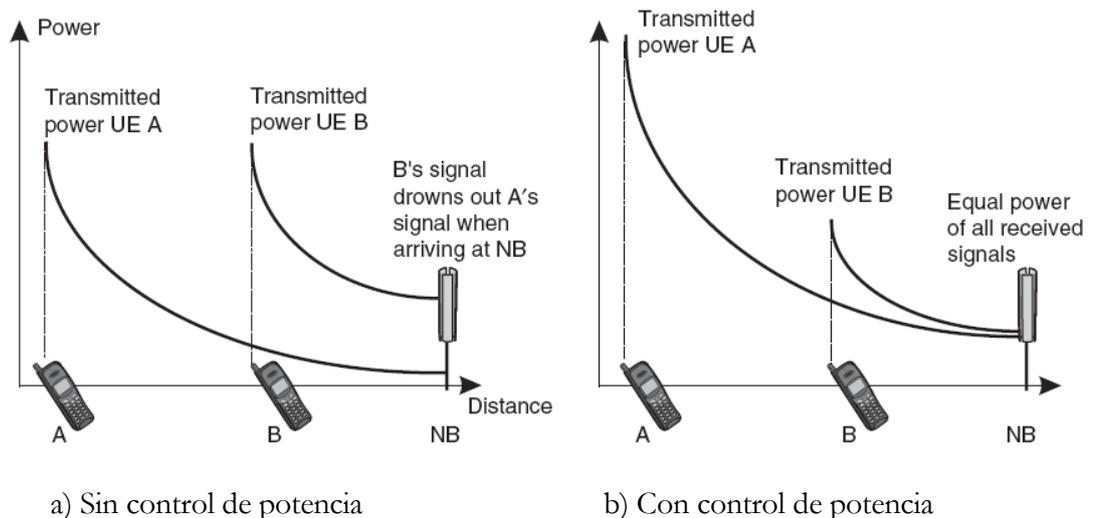


Fig. 3.2 Efecto cerca-lejos y control de potencia [2]

El problema de capacidad de escucha es similar al efecto cerca-lejos, pero aparece en el enlace de bajada. Si un terminal permanece a corta distancia de la estación base, las señales desde ésta estación base pueden ahogar las señales de las estaciones base localizadas más lejos. Consecuentemente, el terminal no puede recibir apropiadamente sus señales o aún, ni siquiera escucharlas, como se muestra en la Fig. 3.3. Mientras que este problema es de menor importancia para la transmisión de datos, hace a la localización basada en terminal

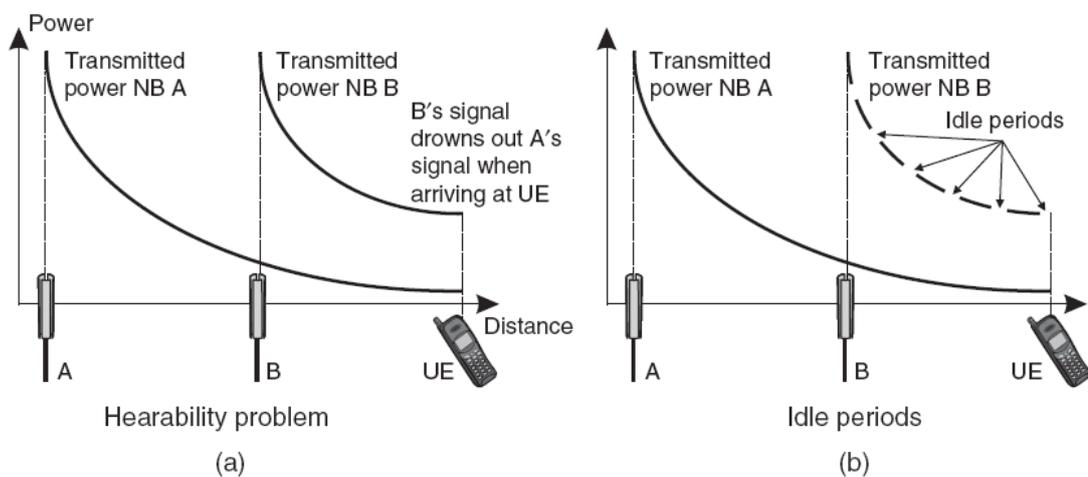


Fig. 3.3 Problema de capacidad de escucha y período inactivo. [2]

un asunto complicado. Para resolver este problema, no es posible utilizar un control de potencia en la estación base, similar al de los terminales para compensar el efecto cerca-lejos, porque la fuerza de la señal de una estación base tiene que ser ajustada de forma que garantice óptima cobertura a todos los terminales en una celda, no solamente a uno. Por lo tanto una opción para lograr las mediciones para el posicionamiento es interrumpir regularmente la transmisión de la estación base durante períodos de tiempo cortos, durante los cuales se pueden hacer las mediciones de cronometraje. Estos períodos se conocen como períodos inactivos y se muestran en la Fig. 3.3 (b).

### 3.2 CANALES LÓGICOS, DE TRANSPORTE Y FÍSICOS

Los canales físicos son básicamente representados por ciertas estructuras de frames y slots, los cuales contienen diferentes campos para llevar carga útil y data de control, bits piloto, y data para control de potencia. Son organizados por la estación base.

Los canales de transporte representan un nivel intermedio entre los canales físicos y lógicos, y describen como los canales lógicos van a ser mapeados en los canales físicos. Están dispuestos entre el terminal y el RNC, el cual solo ve canales de transporte y no necesita distinguir entre diferentes interfaces de aire. (Ej. TDD o FDD).

Finalmente los canales lógicos describen el tipo de información a ser transmitida. Se puede distinguir entre canales de trafico para datos de conmutación de paquetes y de circuitos y canales de control para difusión y señalización punto a punto.

El Canal de Control de Difusión (BCCH) es un canal lógico que informa a los terminales sobre la organización de la interface de aire, en una celda y en las celdas vecinas, es mapeado en el canal de transporte llamado Canal de Difusión (BCH) y este a su vez es llevado por el canal físico llamado Canal Físico de Control Común Primario (P-CCPCH), que está disponible en una forma tal, que todos los terminales son capaces de demodular su contenido, esto es, utiliza códigos de canalización y scrambling, fijos y bien conocidos. El BCCH y el P-CCPCH respectivamente, son accedados por terminales en el contexto de

posicionamiento, para recibir información acerca de las celdas vecinas que van a ser consideradas para los cálculos.

Otro canal físico accesado para posicionamiento es el Canal Piloto Común (CPICH), no lleva ningún canal de transporte sino que es simplemente un canal de código no modulado que lleva un código de scrambling bien conocido. Es monitoreado permanentemente por todos los terminales en una celda para realizar mediciones de cronometraje y fuerza de señal, necesarias para el control de la potencia, decisión de handover, posicionamiento y otras razones.

### **3.3 COMPONENTES DE POSICIONAMIENTO UMTS.**

UMTS requiere componentes dedicados para controlar el posicionamiento. Muchos de ellos no aparecen como componentes independientes, sino que en muchos casos están integrados en las estaciones base o en los RNC's. Hay dos componentes adicionales para posicionamiento llamados *Servidor del Centro de Localización Móvil* (SMLC) y la *Unidad de Medición de Localización* (LMU).

Un LMU observa la transmisión de ráfagas de datos desde diferentes estaciones base o desde terminales en el área circundante para realizar mediciones de cronometraje. La observación de transmisiones del enlace de bajada de las estaciones base se usa para

detectar desbalances de tiempo entre los slots de diferentes estaciones base para lograr una sincronización posterior.

El SMLC controla el proceso de posicionamiento entero, incluyendo asignación de recursos, evaluación de mediciones de cronometraje, y calculo de posiciones fijas. Dependiendo del método de posicionamiento usado, controla uno o varios LMU's y les aconseja como medir las transmisiones en el enlace de subida o bajada. Los resultados de las mediciones retornados de un LMU son usados para compilar data de asistencia o calcular la posición del terminal.

Las estaciones base operando bajo UTRAN-FDD están equipadas con una LMU asociada que provee sincronización de tiempo con estaciones base vecinas. Sin embargo si existen malas condiciones o ninguna línea de vista entre las estaciones medidoras y las estaciones vecinas impiden mediciones seguras, los operadores pueden alternativamente establecer LMU's independientes en lugares con mejores condiciones de radio. Estos LMU's están usualmente conectados a las redes de acceso sobre la interface de aire. Las estaciones base vecinas de UTRAN-TDD están sincronizadas de antemano y por lo tanto no necesitan un LMU. El SMLC está usualmente integrado en el RNC, pero opcionalmente los operadores pueden también instalar SMLC's independientes (stand-alone SMLC's o SAS's).

La Fig. 3.4 muestra la arquitectura de posicionamiento UTRAN y también destaca la terminología de interfase oficial como se usa en las especificaciones 3GPP.

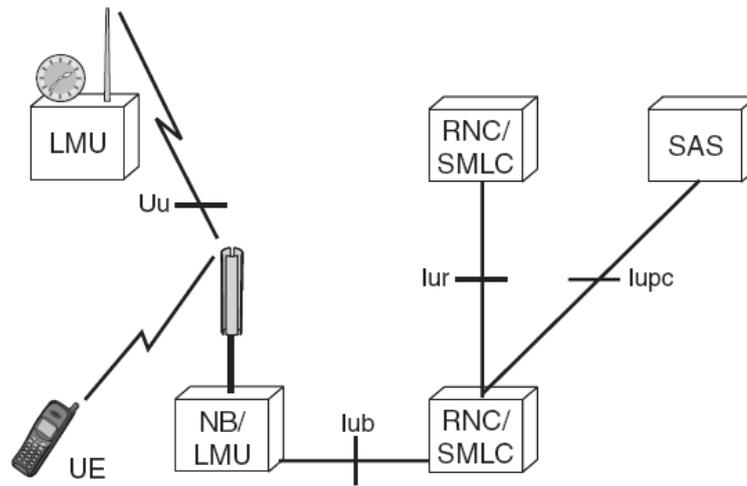


Fig. 3.4 Arquitectura de posicionamiento UMTS [2]

### 3.4 MÉTODOS BASADOS EN CELDA.

Derivan la posición del terminal de las coordenadas de la estación base. En su forma más simple, la posición es derivada de mapear el identificador de celda a las coordenadas de la estación base servidora. Si se desea, la posición puede ser mayormente refinada tomando en cuenta la distancia entre el terminal y la estación base y el AOA de las señales entrantes a la estación base. La forma en que la distancia es determinada depende del modo UTRAN. En FDD, el tiempo de viaje redondo (RTT) es medido continuamente por todos los terminales en estado PMM CONECTADO. El RTT está definido como  $RTT = t_{RX} - t_{TX}$ , donde  $t_{TX}$  es el tiempo de transmisión del inicio de un frame de bajada hacia el terminal, y  $t_{RX}$  el tiempo de recepción de el inicio del correspondiente frame de subida desde el terminal. En TDD la distancia es obtenida de la llamada *desviación de cronometraje recibida*, la cual es definida como  $t_{RXdev} = t_{TS} - t_{RXpath}$  donde  $t_{RXpath}$  es el tiempo

de arribo de un slot en el enlace de subida a la estación base. Y  $t_{TS}$  denota el tiempo de referencia en que el slot debería haber arribado de acuerdo al cronometraje interno de la estación base. La desviación de tiempo recibida no solamente es usada en posicionamiento, sino especialmente para implementar un mecanismo avanzado de cronometraje. La determinación del AoA es una característica solamente disponible en TDD si la respectiva estación base está equipada con un arreglo de antena.

Debido a que el terminal puede tener ramas de señal a varios sectores de una estación base o a varias estaciones base simultáneamente, es necesario seleccionar del set activo del terminal una estación base de referencia que mejor corresponda a su posición actual. Este proceso de selección puede ocurrir de acuerdo a uno de los siguientes criterios:

- Parámetros describiendo la calidad de las señales recibidas en la estación base, como fuerza de la señal y tasas de error.
- La estación base que fue usada durante el establecimiento de la conexión con el terminal.
- La estación base más recientemente asociada con el terminal.
- La última estación base agregada al set activo.
- La estación base del set activo con la distancia más corta al terminal, y
- La estación base que tiene una conexión activa con el terminal al tiempo que la petición de localización arriba al SMLC.

La forma exacta en que esta selección ocurre no se especifica en 3GPP sino más bien depende de cada fabricante de equipo UMTS.

El control de flujo del posicionamiento basado en celda es mostrado en la Fig. 3.5.

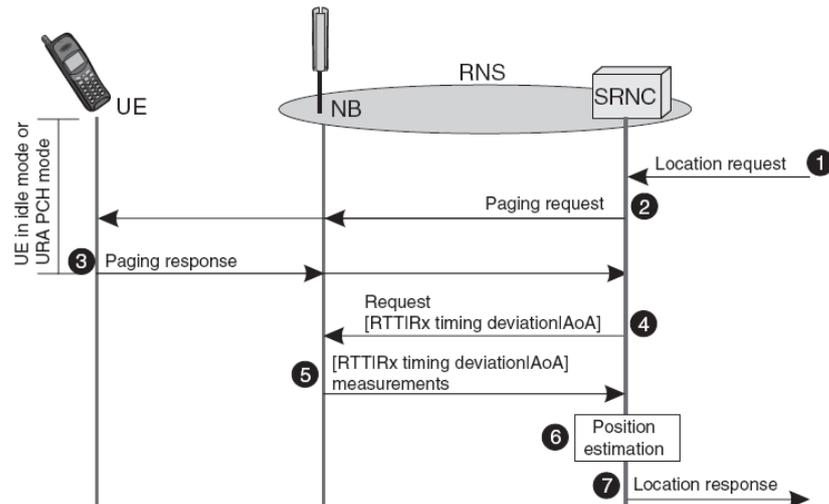


Fig. 3.5 Control del posicionamiento basado en Celda [2]

Depende del estado del terminal cuando arriba una petición de localización al SRNC responsable (1). Cuando no existe ninguna conexión entre el terminal y la red, la red solamente conoce el área de localización de enrutamiento actual del terminal, y por lo tanto el SRNC debe hacer primero una búsqueda (paging) a fin de encontrar la estación base más cercana (2). Si el terminal se encuentra en estado conectado, la necesidad de paging depende del sub-estado concreto. En el estado CONECTADO A CELDA, hay una transferencia de datos en curso, y por tanto el identificador de celda puede ser obtenido fácilmente de la estación base servidora y no se requiere un paging.

Una vez que el identificador de celda ha sido obtenido por el SRNC, se puede opcionalmente solicitar valores de RTT (solo en FDD) o la desviación de cronometraje

recibida y el AoA (solo en TDD) de la estación base servidora (3). Después que estos valores han sido entregados (4), la posición es estimada y retornada la entidad solicitante.

### 3.4.1 OTDoA-IPDL

El principio básico se muestra en la Fig. 3.6 y es similar al E-OTD de GSM. La estructura de slot generada por diferentes Nodos B es observada en el terminal y también en el LMU. Las mediciones en el terminal son necesarias a fin de obtener la diferencia de rango de los Nodos B en la posición del terminal y los rangos entre el terminal y los Nodos B respectivamente, mientras que las mediciones en el LMU son necesarias a fin de determinar los desbalances de tiempo resultantes de la falta de sincronización.

Dado un par de Nodos B ( $NB1$ ,  $NB2$ ), siendo  $r_1$  el rango geométrico entre el terminal y  $NB1$  y  $r_2$  el rango geométrico entre el terminal y  $NB2$ , la posición del terminal puede ser limitada a todas las coordenadas para las cuales la diferencia  $r_2 - r_1$  tienen el mismo valor. Por definición estos puntos yacen sobre una hipérbola. Si la hipérbola de otro par de estaciones base se construye de la misma manera, por ejemplo ( $NB2$ ), entonces ambas hipérbolas se intersectan en cierto punto el cual representa la posición deseada.

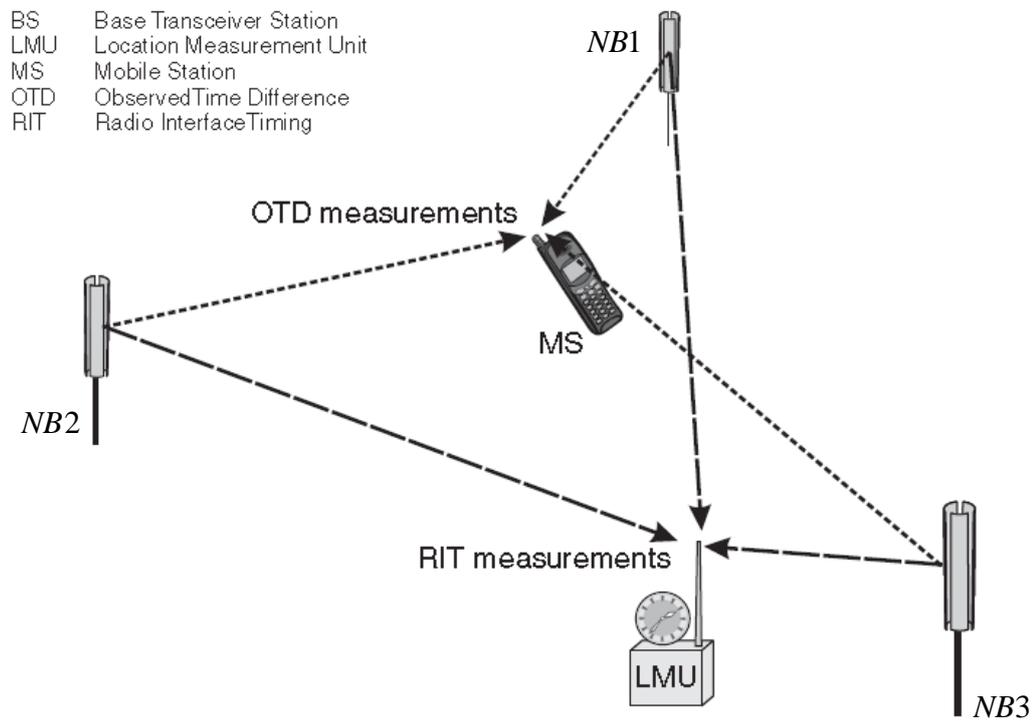


Fig. 3.6 Mediciones RIT y OTD [2]

La diferencia  $r_2 - r_1$  es proporcional al periodo de tiempo entre el arribo de las ráfagas de datos en el enlace de bajada de diferentes Nodos B, asumiendo que ellas han sido emitidas exactamente al mismo tiempo. Este periodo de tiempo se llama Diferencia de Tiempo Geométrica (GTD) y está dada por  $GTD = (r_2 - r_1) / c$ , donde  $c$  es la velocidad de la luz. Sin embargo, debido a la ausencia de sincronización de tiempo, es necesario no solamente medir el periodo de tiempo entre el arribo de las ráfagas de datos al terminal, sino también determinar el desbalance de tiempo entre sus emisiones en los Nodos B. Esto da lugar a otras dos cantidades de sincronización llamadas Diferencia de Tiempo Observado (OTD) y Diferencia de Tiempo Real (RTD).

La Fig. 3.7 demuestra las relaciones entre GTD, OTD y RTD. OTD se refiere al periodo de tiempo que es observado en el terminal entre el arribo de ráfagas de datos desde dos diferentes Nodos B. Si  $t_{a1}$  es el tiempo de arribo de una ráfaga de datos desde  $NB1$  y  $t_{a2}$  es el tiempo de arribo de una subsecuente ráfaga de datos desde  $NB2$ , entonces  $OTD = t_{a2} - t_{a1}$ . Hay que notar que  $t_{a1}$  y  $t_{a2}$  son medidos contra el reloj interno del terminal.

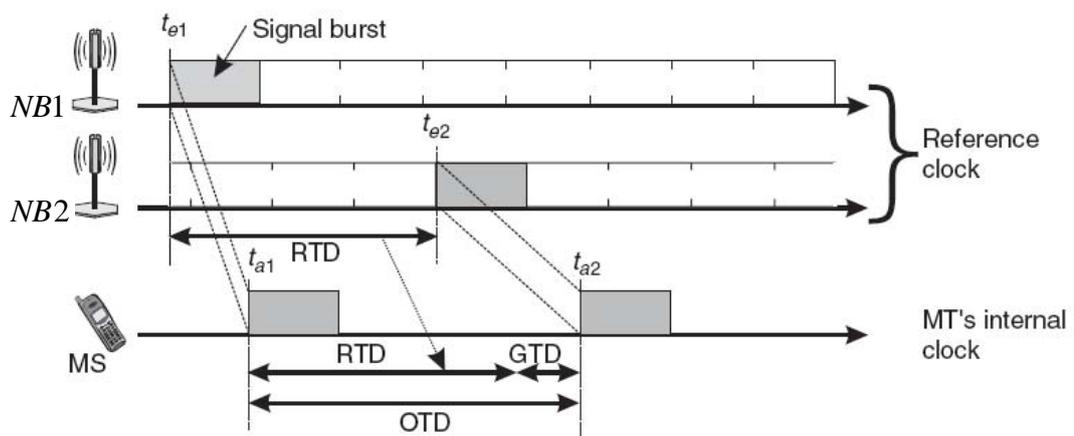


Fig. 3.7 Relaciones entre GTD, OTD y RTD [2]

El RTD expresa la desviación de tiempo entre la emisión de las ráfagas de las señales en dos distintos Nodos B y es observado en el LMU contra su reloj interno. Si  $t_{e1}$  es el tiempo de emisión de la señal en  $NB_1$  y  $t_{e2}$  el de  $NB_2$ , entonces  $RTD = t_{e2} - t_{e1}$ .  
Habiendo determinado los valores OTD y RTD, el GTD puede ser determinado como sigue:

$$GTD = OTD - RTD$$

Las mediciones de tiempo tienen que ser hechas en el LMU y en el terminal. Las mediciones hechas por un LMU se llaman mediciones de *Cronometraje de interfase de radio* (Radio Interface Timing o RIT), mientras que aquellas ejecutadas por el terminal son llamadas *mediciones OTD*. Debido a que ellas son ejecutadas en dos diferentes sitios, es necesario coordinarlas cuidadosamente y alinear los resultados logrados durante las mediciones. Esta tarea es adoptada por el SMLC, el cual se comunica con el LMU y el terminal a fin de instruirlos en como exactamente ejecutar las mediciones e intercambiar valores de RTD y OTD. La Fig. 3.6 proporciona una apreciación general de este proceso de coordinación.

#### 3.4.1.1 Mediciones del RIT en UMTS.

Las mediciones son ejecutadas por un LMU asociado o independiente, y solamente son necesarias en FDD, ya que en TDD los Nodos B emiten frames y slots de acuerdo a un reloj de referencia al cual cada Nodo B tiene que sincronizarse. Se asume que un LMU está equipado con un receptor GPS cuyo reloj permite un cronometraje muy seguro y preciso por recibir información de satélite GPS, y la impresión de tiempo de las ráfagas que arriban se conocen como Tiempo Absoluto (AT). Un LMU determina valores de RTD y AT de los Nodos B vecinos. Las mediciones de cronometraje son basadas en observaciones del CPICH. Las mediciones pueden ser ejecutadas contra el reloj interno del LMU o el tiempo GPS. El RTD es obtenido computando la llamada *diferencia de tiempo observada SFN-SFN*, que es definida como  $t_{CPICH,Rx_{nc}} - t_{CPICH,Rx_{rc}}$ , donde  $t_{CPICH,Rx_{rc}}$  indica el momento de

inicio de la recepción de un frame en el CPICH desde la celda de referencia y  $t_{CPICH,Rx_{nc}}$  indica el momento de inicio de la recepción de un frame desde la celda vecina, que está más cercana en tiempo al frame de la celda de referencia.

Alternativamente un Nodo B puede solamente medir el AT de sus propios frames contra un reloj GPS. Este modo es llamado Cronometraje de Frames de Celda UTRAN GPS. En este caso los AT's de todas las mediciones vecinas son recogidas por el SMLC, el cual calcula los correspondientes valores RTD.

#### **3.4.1.2 Mediciones OTD en UMTS**

Al igual que RIT, las mediciones OTD en el objetivo terminal también están basadas en la diferencia de tiempo observada SFN-SFN.

Como se mencionó antes un problema básico concerniente a CDMA es la capacidad de escucha, y por lo tanto el terminal podría ser incapaz de detectar un número suficiente de Nodos B vecinos para mediciones OTD. Para superarlo, cada estación base debe cesar su transmisión por cortos periodos de tiempo durante los cuales el terminal es capaz de detectar el CPICH de las Nodos B vecinos y sincronizarse a ellos. Estos períodos son llamados *periodos inactivos* y el método para coordinar la interrupción temporal de la transmisión de una estación base es llamada *Idle Period Downlink (IPDL* Período de enlace de bajada inactivo). Los periodos inactivos son insertados en un flujo de transmisión de

enlace de bajada, de una forma predeterminada pseudo-aleatoria a fin de evitar patrones de interrupción uniformes en la transmisión regular de datos.

### **3.5 GPS ASISTIDO EN UMTS (A-GPS).**

Comparado al posicionamiento convencional GPS, A-GPS provee seguridad mejorada, reducción del tiempo de adquisición de posición, menor potencia de consumo en el receptor GPS e incremento de la sensibilidad del receptor.

Para ser localizado con precisión por A-GPS, el terminal objetivo debe estar equipado con una unidad GPS para recibir señales piloto y datos de asistencia de los satélites. Para lograr las mejoras mencionadas, esta unidad GPS está apoyada por datos de asistencia adicionales e información de control desde la red celular. Así, la unidad GPS dentro del terminal es actualmente apoyada por dos conjuntos de datos, uno compilado por la red y otro entregado por los satélites.

Además de terminales con capacidad GPS, otro pre-requisito es la disponibilidad de estaciones de referencia dentro de la infraestructura celular para el cálculo de data de corrección y compilación de la materia prima para los datos de asistencia. La estación de referencia está conectada a un SMLC (independiente o asociado con un SRNC) el cual coordina el proceso A-GPS. No es necesario equipar cada celda de radio con su propia estación de referencia, es suficiente con una estación para áreas con un radio de

aproximadamente 200 km. La Fig. 3.8 muestra la arquitectura A-GPS y la señalización entre componentes.

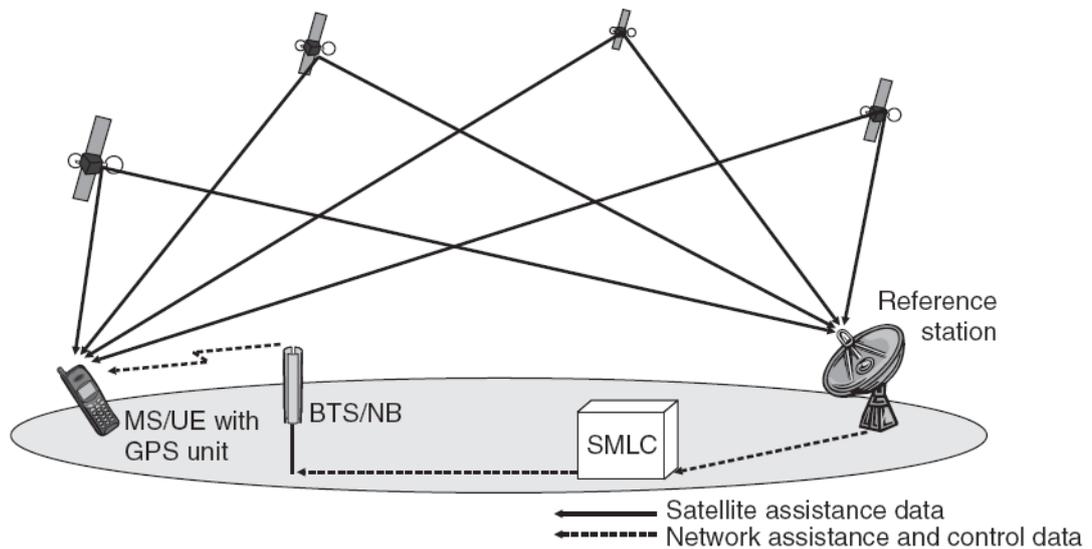


Fig. 3.8 Arquitectura A-GPS [2]

La Fig. 3.9 muestra el proceso de posicionamiento A-GPS con señalización punto a punto en un diagrama de secuencia. La estación de referencia observa las señales de todos los satélites visibles, extrae data de asistencia de el mensaje de navegación, reúne los datos de adquisición, y calcula los datos de corrección (1). Estos conjuntos de datos son subsecuentemente usados para apoyar el posicionamiento de diferentes maneras. Para este propósito son primero enviados al RNC y SMLC, lo cual puede suceder debido a una petición desde el RNC/SMLC o periódicamente. Al arribo de la petición de localización (3) el RNC/SMLC envía una petición de medición de posición al terminal (4) el cual parcialmente contiene la data de corrección, adquisición y asistencia, obtenida previamente de la estación de referencia. La cantidad de datos enviados en esta petición depende de si el

método es ejecutado en modo asistido-por-terminal o basado-en-terminal. En el terminal, la data de adquisición y asistencia es usada para identificar los satélites que van a ser tomados en cuenta para las mediciones de pseudorange (5). Subsecuentemente, si el posicionamiento basado-en-terminal es activado, el terminal estima su posición y la retorna al RNC/SMLC (7). Para el posicionamiento asistido-por-terminal, solamente los pseudorangs y parámetros relacionados son retornados en el paso 7, y la estimación de la posición es hecha en la red (8). La Tabla 2 muestra los parámetros de la respuesta de medición de posición para ambos modos. Finalmente la posición del terminal es retornada a la entidad que inició la petición de localización (9).

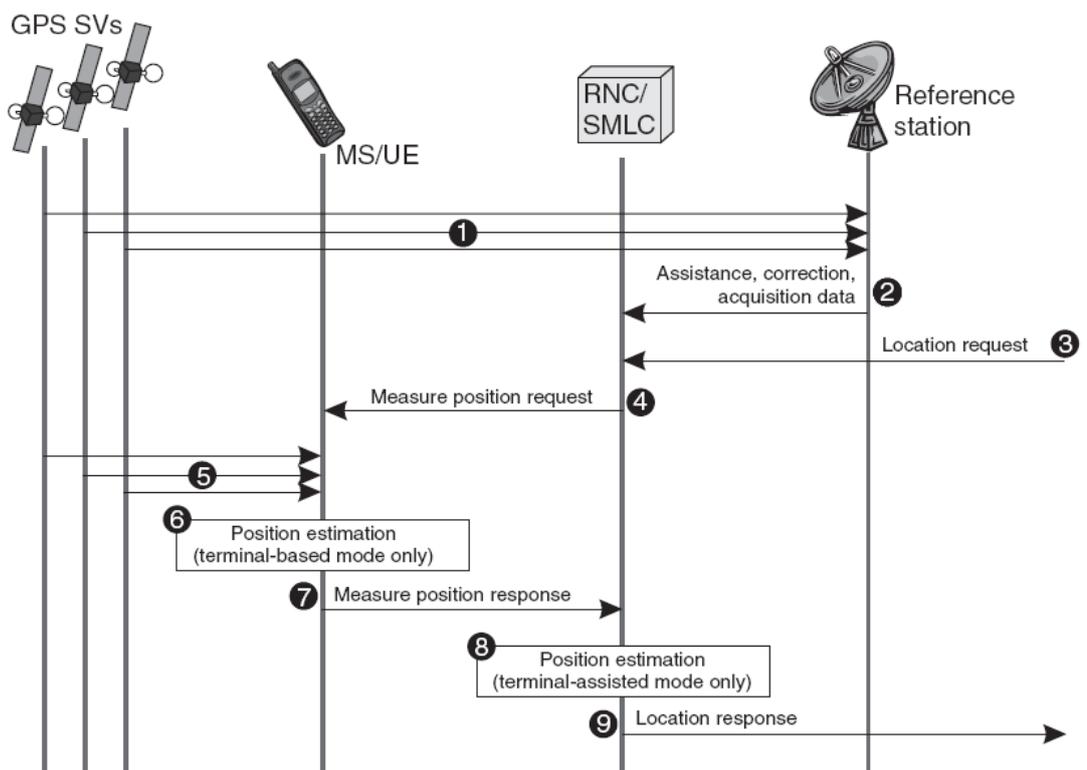


Fig. 3.9 Proceso de posicionamiento A-GPS [2]

**Tabla 2 Parámetros A-GPS de una petición de medición de posición [2]**

<b>Parámetros</b>	<b>Asistido por terminal</b>	<b>Basado en terminal</b>
Tiempo de referencia	X	X
Lista de satélites visibles	X	X
Adquisición de data de asistencia.	X	---
Locación de referencia	---	X
Calendario de satélites y correcciones de reloj	---	X
Almanaque	---	X
Correcciones D-GPS	---	X

Como se puede ver en la tabla, la petición contiene el tiempo de referencia y la lista de satélites visibles sin considerar si el posicionamiento es basado en terminal o asistido. El tiempo de referencia especifica el mapeo entre UTRAN y el tiempo GPS y es usado para recuperación de tiempo en el terminal cuando se pronostican las señales de satélite. La lista de satélites identifica los satélites para los cuales la data de asistencia en los parámetros subsecuentes está disponible. En el modo asistido por terminal, el terminal es provisto con *data de asistencia de adquisición*, la cual consiste de los valores de desplazamiento Doppler y de la fase de código de los satélites. Ambos aparecen como un rango de sub-parámetros y permiten la rápida adquisición de las señales GPS. Debe destacarse que la validez de la data de adquisición está limitada a unos pocos minutos, y por tanto la unidad GPS en el terminal tiene que ejecutar la medición inmediatamente después de recibir la petición.

El conjunto de parámetros del posicionamiento basado-en-terminal es mucho más complejo. La locación de referencia es una estimación general de la posición de un terminal, que puede ser obtenida de otros métodos de posicionamiento, como el basado en celda. La intención de este parámetro es proveer al terminal con un conocimiento previo de su posición a fin de mejorar el desempeño de la unidad GPS. Los parámetros restantes son efeméris (calendario de satélites), correcciones de reloj y almanaque como los grabados por la estación de referencia y la data de corrección calculada. Comparada con la data de asistencia de adquisición, efeméris y almanaque son validos por un tiempo mucho más largo. Ellas pueden ser usadas en la unidad GPS hasta 12 horas después de haber sido recibidas.

Los parámetros de la respuesta de medición de posición son listados en la Tabla 3. El tiempo de referencia se refiere al tiempo de medición y calculo de posición respectivamente. En el modo basado en terminal, la respuesta lleva la posición y velocidad del terminal como se calculó en el mismo. En el modo asistido por terminal, la respuesta contiene un conjunto de parámetros que permiten el cálculo de una posición fija en el SMLC, entre ellos los pseudo-rangos medidos, también como el desplazamiento Doppler, la razón señal-a-interferencia, y condiciones de multi-trayectoria experimentadas durante las mediciones. En base a estos parámetros, el SMLC puede obtener una posición fija y también estimarla con seguridad.

Para concluir, el modo asistido-terminal debe ser preferido si el terminal va a ser localizado una sola vez, porque la data de adquisición es válida solamente por un periodo muy corto.

Por otro lado, el modo basado-en-terminal es adecuado si el terminal va a ser rastreado sobre un largo periodo de tiempo, especialmente si actualizaciones de localización van a ser enviadas periódicamente a la red. Debe destacarse que el modo basado-en-terminal requiere un receptor GPS totalmente funcional dentro del terminal, el cual es capaz de calcular posiciones fijas de las mediciones, mientras que el asistido-por-terminal A-GPS requiere solamente una delgada y menos costosa unidad GPS consistente de antena, receptor, y procesador digital para hacer las mediciones.

**Tabla 3 Parámetros A-GPS de una respuesta de petición de posición [2]**

<b>Parámetros</b>	<b>Asistido por terminal</b>	<b>Basado en terminal</b>
Tiempo de referencia	X	X
Posición del MS/UE	---	X
Velocidad del MS/UE	---	X
Pseudo-rango	X	---
Desplazamiento Doppler	X	---
Razón señal a interferencia	X	---
Pseudo-rango de error RMS	X	---
Indicador de multi-trayectoria	X	---
Numero de pseudo-rangos	X	---

## **CAPITULO 4**

### **ARQUITECTURA Y PROTOCOLOS PARA SERVICIOS DE LOCALIZACIÓN.**

Los elementos de la data de localización pueden ser obtenidos de la Tabla 4. El tipo de localización se refiere a la actualización de la data de localización. “Locación corriente” significa que el objetivo ha sido localizado bajo demanda y la posición entregada es la más reciente. “Locación inicial” indica que el dato ha sido obtenido al momento en que el objetivo ha iniciado la sesión de servicio por la cual el dato de localización necesita ser generado y procesado. Finalmente “la última posición conocida” significa que el objetivo no ha sido explícitamente localizado por el solicitante respectivo, sino que el consumidor es provisto con la data almacenada.

A fin de componer la data de localización y proveer el servicio de localización, el proveedor de localización tiene que adoptar las siguientes tareas:

- **Selección y control del método de posicionamiento.** Si existen varios métodos en paralelo para localizar un objetivo en particular, un LCS debe seleccionar un método de posicionamiento y control de posicionamiento apropiado. La selección debe ser hecha tomando en consideración parámetros de calidad como precisión. Sin embargo debe tomarse en cuenta también las capacidades del objetivo-terminal y la infraestructura de posicionamiento. Dependiendo del escenario particular, el control de posicionamiento puede incluir la asignación de recursos, la determinación de un adecuado set de estaciones para mediciones si es necesario y la activación del posicionamiento.

**Tabla 4. Elementos de dato de localización [2]**

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
Locación	Representa la posición del objetivo, pero no necesariamente en el formato original resultante del posicionamiento.
Tipo de locación	Indica si la locación es la corriente, inicial, o última conocida.
Formato de representación	Especifica el sistema de referencia espacial en que está basada la locación.
Calidad	Contiene parámetros de calidad tales como precisión de la localización y el tiempo cuando fue generada.
Identidad	Especifica la identidad del objetivo y el tipo de identidad. Ejemplos son MSISDN, IMSI, dirección IP, nombre o seudónimo.
Dirección	Indica la dirección de movimiento del objetivo
Velocidad	Indica la velocidad de movimiento del objetivo

- **Conversión a otro sistema de referencia.** La posición de un objetivo puede ser transferida al formato de otro sistema de referencia espacial o descriptivo.

- **Etiquetado.** El LCS debe adjuntar la identificación del objetivo a la data de localización. Identificadores típicos son MSISDN, IMSI, IMEI, dirección IP, o un seudónimo.
- **Indicación de calidad.** El LCS debe estimar la calidad de la posición obtenida, sobre todo la precisión vertical y horizontal, e indicarla.
- **Diseminación.** El LCS es responsable de pasar el dato de localización a otros actores por medio de su función de proveedor. Debe ofrecer interfaces para solicitud y reporte.
- **Protección de privacidad.** El etiquetado y diseminación deben suceder bajo la consideración de los intereses de privacidad del objetivo. El LCS debe garantizar que se mantengan esos intereses de privacidad.
- **Contabilidad.** Debe ser posible cobrar a los actores por consumo de de las funciones descritas aquí.

La siguiente sección identifica los componentes involucrados en la operación de un LCS en redes UMTS y explica los flujos de señalización relacionados entre ellos.

#### 4.1 SERVICIOS DE LOCALIZACIÓN UMTS.

En un nivel alto, un LCS está organizado entre tres entidades lógicas (Fig. 4.1). El cliente LCS (LCS client) es la entidad que solicita y recibe el dato de localización de un servidor LCS, el cual coordina el posicionamiento para un objetivo especificado en la petición,

reúne su dato de localización, y lo entrega al cliente LCS. Note que la figura solo muestra una vista lógica, o sea, las entidades no representan componentes físicos. El cliente LCS puede ser un servidor de aplicación, el terminal de un usuario u otro componente. Puede ser parte de la red de un operador que también ejecuta posicionamiento, o puede ser una entidad externa localizada en el dominio de un proveedor de servicios basados en localización (LBS Location-Based-Services). El servidor LCS (LCS server) es el lugar para el conjunto de todos los componentes de red necesarios para el posicionamiento y la transferencia de datos de localización, por ejemplo, redes de acceso, MSC's y SGSN's , también como HLR's y VLR's. El objetivo (Target) es siempre representado por el terminal de la persona a ser localizada.



Fig. 4.1 Modelo de referencia lógico LCS [2]

Hay una distinción entre petición de localización *terminada-en-móvil* y *originada-en-móvil*. La primera es iniciada por una entidad que no es el terminal del objetivo (ej., un cliente LCS), y la segunda se refiere a una petición de localización iniciada por el mismo terminal del objetivo a fin de realizar auto-posicionamiento. La petición terminada-en-móvil aparece en dos variantes:

- **Petición de localización inmediata.** La petición de un cliente LCS debe ser procesada inmediatamente , y el resultado debe ser retornado al cliente LCS dentro de un periodo de tiempo predefinido. Solamente es retornada una respuesta simple a este tipo de petición.
- **Petición de localización diferida.** La respuesta no es retornada inmediatamente , sino después de cumplirse la condición de activación especificada por el cliente LCS. La condición de activación permite el reporte periódico o cuando el objetivo enciende el terminal y se registra en la red.

Para cada petición, el cliente LCS puede especificar parámetros de calidad de servicio en términos de precisión horizontal o vertical así también como tiempos de respuesta. También es posible asignar diferentes niveles de prioridad a cada petición de localización. Una petición con alta prioridad es servida más rápidamente y con localización más confiable y precisa que una con menor prioridad. Esto es útil por ejemplo para servicios de emergencia eficientes y confiables u otros servicios sensibles como rastreo de niños.

Las peticiones de localización originadas en móvil están disponibles con las siguientes opciones:

- **Auto-localización básica.** El terminal explícitamente solicita a la red por cada procedimiento de posicionamiento separado.

- **Auto-localización autónoma.** El terminal inicia el posicionamiento en la red y entonces es rastreado por la red sobre un periodo de tiempo predeterminado.
- **Transferencia a un tercero.** El dato de localización de el objetivo es transferido por petición de el terminal a un cliente LCS especificado.

La subscripción del cliente LCS solamente es necesaria si el cliente LCS es una entidad externa. Cuando se suscribe, el cliente LCS negocia los términos de uso con el servidor LCS (calidad, inmediato, diferido). Los resultados de esta negociación son almacenados en el perfil de subscripción del cliente en el servidor LCS. Cada vez que el servidor LCS recibe una petición de un cliente LCS, la verifica contra las condiciones de este perfil, también con las opciones de privacidad a fin de decidir si procesar o declinar la petición. La subscripción también contiene un *Indicador de Sustitución de Privacidad (POI)*, que indica si la petición debe ser procesada a pesar de no cumplir las opciones de privacidad del objetivo, así un cliente LCS le es permitido rastrear objetivos sin importar sus intereses de privacidad. Esta capacidad solo es asignada a centros de emergencia o autoridades de investigación (policía, jueces) para permitir servicios de emergencia basados en localización e intercepción legal.

## 4.2 ARQUITECTURA DE RED LCS

Un suave camino de migración de 2G a 3G ha sido preparado a largo plazo en que las redes de acceso GERAN y UTRAN coexisten bajo una arquitectura de núcleo de red integrada que ofrece componentes de infraestructura, protocolos y mecanismos de

administración comunes. Esta integración también ha sido adoptada para los LCS's, la cual comprende los diferentes métodos de posicionamiento desarrollados bajo consideración de los enlaces de radio en ambos tipos de redes de acceso por una parte y una parte común localizada en el núcleo de red en la otra, la cual controla el posicionamiento sin considerar las particularidades de las respectivas redes de acceso. La Fig. 4.2 muestra la arquitectura LCS y sus componentes más importantes.

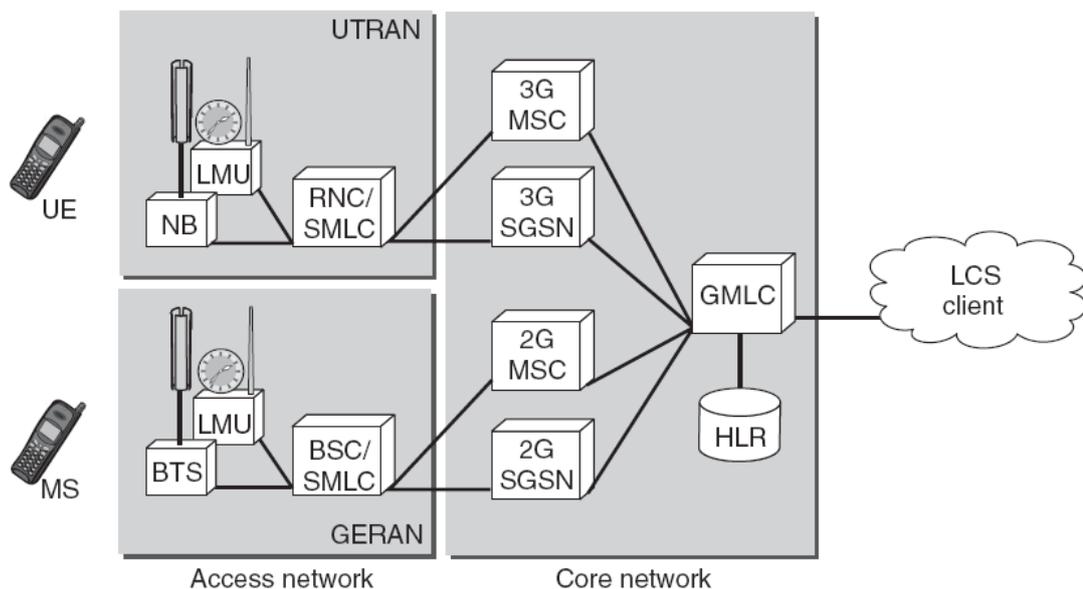


Fig. 4.2 Esquema de la Arquitectura LCS 3GPP [2]

El principal componente de interés es el *Gateway Mobile Location Center* (GMLC Puerta del centro de Localización Móvil), el cual representa la interfase entre los SMLC's de las diferentes redes de acceso y un cliente LCS. Un operador puede mantener uno o varios GMLC's, dependiendo del tamaño de su red, y los GMLC's de diferentes operadores pueden ser interconectados para apoyar el posicionamiento de los suscriptores errantes.

El GMLC recibe las peticiones de localización de un cliente LCS, coordina todo el proceso de posicionamiento y finalmente retorna el dato de localización al cliente. Está conectado a los SMLC's vía MSC's o SGSN's, dependiendo si el posicionamiento es realizado en el dominio de circuitos o paquetes.

### 4.3 ENTIDADES FUNCIONALES LCS

Es una práctica común en telecomunicaciones organizar las diferentes funciones de red en unidades bien definidas, las cuales son conocidas como entidades funcionales o bloques de construcción. La principal motivación de esta aproximación es separar la lógica del servicio de las funciones de red, logrando por lo tanto reutilización de software e independencia de los diferentes tipos de redes y componentes entregados por diferentes fabricantes. De esta forma es posible introducir nuevos servicios rápidamente sin tener que cambiar la funcionalidad de los componentes de red. Esta aproximación lleva a una arquitectura funcional que es independiente de la arquitectura de red particular. Ambas son entonces combinadas, tal que las entidades funcionales son mapeadas en componentes de red. Esta sección identifica las entidades funcionales necesarias para los LCS's y muestra su mapeo en los componentes mostrados en la Fig. 4.2.

La arquitectura funcional se muestra en la Fig. 4.3, consiste de un cliente LCS el cual solicita el dato de localización, y un servidor LCS, el cual lo entrega. El cliente LCS comprende el *componente de manejo del cliente*, el cual a su vez agrupa un número de *Funciones de Localización de Cliente* (LCF's). Las LCF's solicitan y reciben data de localización para uno

o más terminales objetivos dentro de una Calidad de Servicio (QoS) especificada. Pueden existir varias de estas funciones en paralelo, cada una representando un protocolo particular para obtener data de localización. Una LCF no necesariamente es un componente externo, sino también puede estar localizado en diferentes componentes internos de la red si el operador ofrece aplicaciones LBS internas. También la LCF puede ser usada para apoyar funciones no relacionadas a LCS, como handover asistido por localización. En este caso la LCF reside en la red de acceso y es llamada LCF interna.

La actual complejidad de la arquitectura funcional reside en el servidor LCS. Está subdividido en cuatro diferentes componentes:

#### **4.3.1 Componente de manejo del cliente.**

Comprende un numero de entidades funcionales para administrar y coordinar peticiones de localización de clientes. La *Función de Control de Localización del Cliente* (LCCF) identifica el cliente LCS requiriendo verificación de cliente y autorización a través de la interacción con la *Función de Autorización de Localización de Cliente* (LCAF). El LCAF ejecuta un numero de verificaciones, por ejemplo, si el cliente LCS está registrado y autorizado a usar el tipo de petición LCS especificada, y si está permitido solicitar dato de localización para el suscriptor objetivo especificado en la petición. Mayormente el LCCF es responsable de pasar una petición al MSC o SGSN al que está actualmente conectado el suscriptor objetivo. Después de recibir la posición, el LCCF verifica si corresponde a la Calidad de

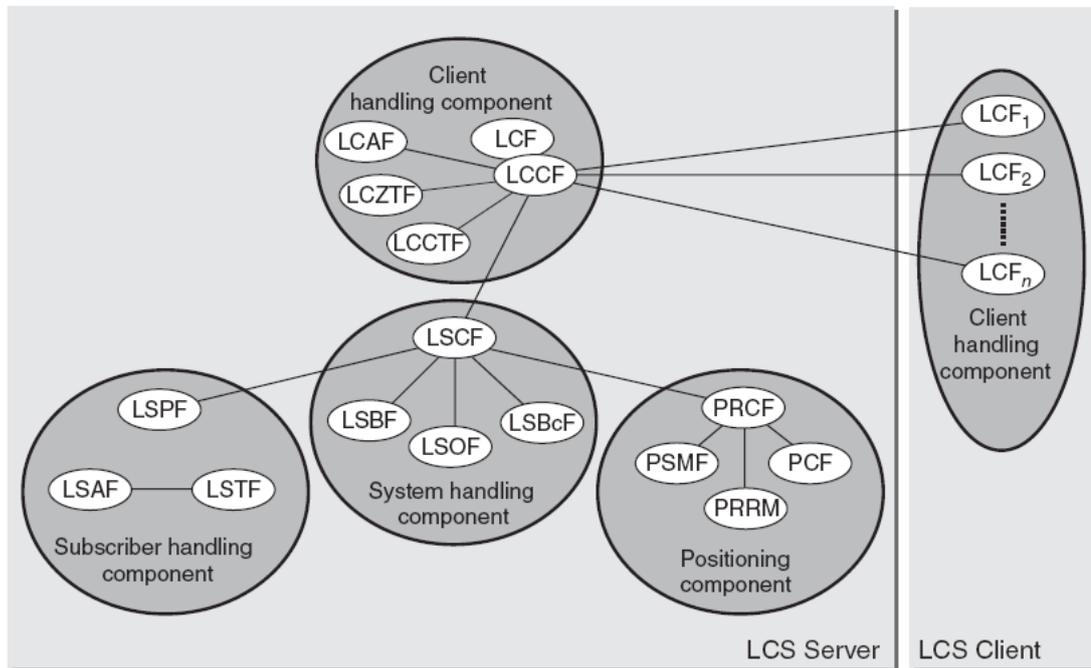


Fig. 4.3 Arquitectura funcional LCS [2]

Servicio requerida, y puede solicitar a la *Función de Transformación de Coordenadas de Cliente de Localización* (LCCTF) trasladar las coordenadas a otro sistema de referencia espacial requerido por el cliente. La *Función de Transformación de Zona de Cliente de Localización* (LCZTF) es usada en Estados Unidos para trasladar las coordenadas de una posición fija a la correspondiente zona de servicio de emergencia.

#### 4.3.2 Componente de manejo del sistema.

Coordina las peticiones de localización por medio de la *Función de Control de Sistema de Localización* (LSCF). Básicamente, esta entidad actúa como un intermediario entre la LCCF,

de la cual recibe peticiones de localización y retorna data de localización, y la *Función de Coordinación de Radio Posicionamiento* (PRCF), la cual controla el posicionamiento. En esta forma la LSCF activa la asignación de recursos de radio y de red para posicionamiento bajo la consideración de las capacidades de la red y el terminal también como de varios otros parámetros. Para esto, hace uso de la *Función de Operaciones de Sistema de Localización* (LSOF) para intercambiar toda la data relacionada a posicionamiento entre los componentes de red involucrados, y la *Función de Emisión de Sistema de Localización* (LSBcF) para administrar la emisión de data de asistencia como la que se necesita para OTDoA y A-GPS. Además, la LSCF pasa data relacionada-a-cobro a la *Función de Facturación de Sistema de Localización* (LSBF).

#### **4.3.3 Componente de Manejo de Subscriptor.**

Trata con aspectos de protección de privacidad para subscriptores objetivo, cuya data de localización es requerida por un cliente LCS. La *Función de Autorización de Subscriptor de Localización* verifica si un subscriptor objeto indicado por una petición ha autorizado del todo la aplicación de un LCS. Si es así, entonces la *Función de Privacidad de Subscriptor de Localización* (LSPF) verifica si se aplica el LCS bajo las circunstancias dadas, lo cual es hecho comparando la petición de localización contra las opciones de privacidad individual definidas por el subscriptor objetivo. De la Versión 6 está contemplado el anonimato por abstracción del identificador, lo cual es manejado por la *Función Traslación de Subscriptor de Localización* (LSTF).

#### 4.3.4 Componente de Posicionamiento.

Es responsable de controlar por entero el proceso de posicionamiento. Su principal componente es la *Función de Coordinación de Radio Posición*, la cual determina el método de posicionamiento a ser usado tomando en consideración la QoS requerida, las capacidades de la red de acceso y el terminal objetivo. También es responsable por intercambiar data de posición y medición entre las otras entidades de este componente. La *Función de Medición de Señal de Posición* (PSMF) ejecuta mediciones de subida y de bajada, dependiendo del respectivo método de posicionamiento usado, y reúne la data resultante. La *Administración de Recursos de Radio Posición* (PRRM) controla los efectos del posicionamiento en el desempeño total de la red de radio, por ejemplo, para asegurar que la PSMF no degrade la calidad de las otras conexiones de interfase de aire. En UTRAN, coordina a diferentes RNC's para asegurar que los periodos inactivos de diferentes estaciones base vecinas no se traslapen, lo cual es requerido para el apropiado funcionamiento de OTDoA-IPDL. Finalmente la *Función de Cálculo de Posicionamiento* (PCF) calcula la posición del terminal tomando en cuenta varios resultados de medición entregados por la PSMF y las coordenadas de las estaciones base y LMU's involucradas en las mediciones.

El mapeo de las entidades funcionales sobre componentes de redes es mostrado en la Tabla 5. En muchos casos el LCF reside en un cliente externo LCS (ej. Servidor de aplicación LBS), o en el terminal. Para ofrecer aplicaciones internas, el operador puede también equipar SGSN's y MSC's con un LCF. Todas las funciones del componente de manejo de cliente están localizadas en el GMLC, mientras que las entidades del

componente de manejo del sistema están distribuidas sobre varios componentes de red. El manejo de suscriptor está organizado para la red entera en el HLR, y para las varias subredes en los respectivos SGSN's o MSC's. Finalmente, el posicionamiento es manejado en la red de acceso y en los terminales, dependiendo si es basado en terminal o en red. En el primer caso los terminales deben estar equipados con la PSMF y la PCF para ejecutar las mediciones y el cálculo de posición. Para posicionamiento basado en red no es requerido equipar los terminales con estas entidades.

**Tabla 5 Mapeo de entidades funcionales LCS en componentes de red [2]**

	MT/UE	BSS/RAN	GMLC	SGSN	MSC	HLR	Cliente
Cliente LCS	---	--	---	---	---	---	---
LCF	X	---	---	X	X	---	X
LCF interno	---	X	---	---	---	---	---
Componente de manejo del cliente							
LCCTF	---	---	X	---	---	---	---
LCCF	---	---	X	---	---	---	---
LCAF	---	---	X	---	---	---	---
LCZTF	---	---	X	---	---	---	---
Componente de manejo del sistema							
LSCF	---	X	---	X	X	---	---
LSBF	---	---	X	X	X	---	---
LSOF	X	X	X	X	X	---	---
Manejo del suscriptor							
LSAF	---	---	---	X	X	---	---
LSPF	---	---	---	X	X	X	---
Componente de posicionamiento							
PRCF	---	X	---	---	---	---	---
PCF	X	X	---	---	---	---	---
PSMF	X	X	---	---	---	---	---
PRCF	---	X	---	---	---	---	---

#### 4.4 PROCEDIMIENTOS DE LOCALIZACIÓN.

Los procedimientos llevados a cabo en la red para ejecutar pedidos de localización originados y terminados en móvil pueden ser subdivididos en tres pasos generales:

- **Preparación.** Es responsable de verificar la petición de localización contra las políticas de privacidad del objetivo, reservar recursos de red, comunicarse con el terminal objetivo, y determinar el método de posicionamiento usado bajo la consideración de la QoS deseada, el terminal y las capacidades de la red.
- **Establecimiento de medición de posicionamiento.** Ejecuta mediciones, incluyendo el intercambio de datos de medición entre los componentes involucrados, SMLC, LMU's y el terminal. Es dependiente del método de posicionamiento usado.
- **Calculo de localización y liberación.** Después de mediciones exitosas, este procedimiento es responsable por calcular la posición del terminal, en el terminal o en la red y por liberar todos los recursos del terminal y de red involucrados.

##### 4.4.1 Petición de Localización Terminada en Móvil.

Debe distinguirse entre si la petición de localización es inmediata o diferida. La Fig. 4.4 ilustra la petición de localización inmediata.

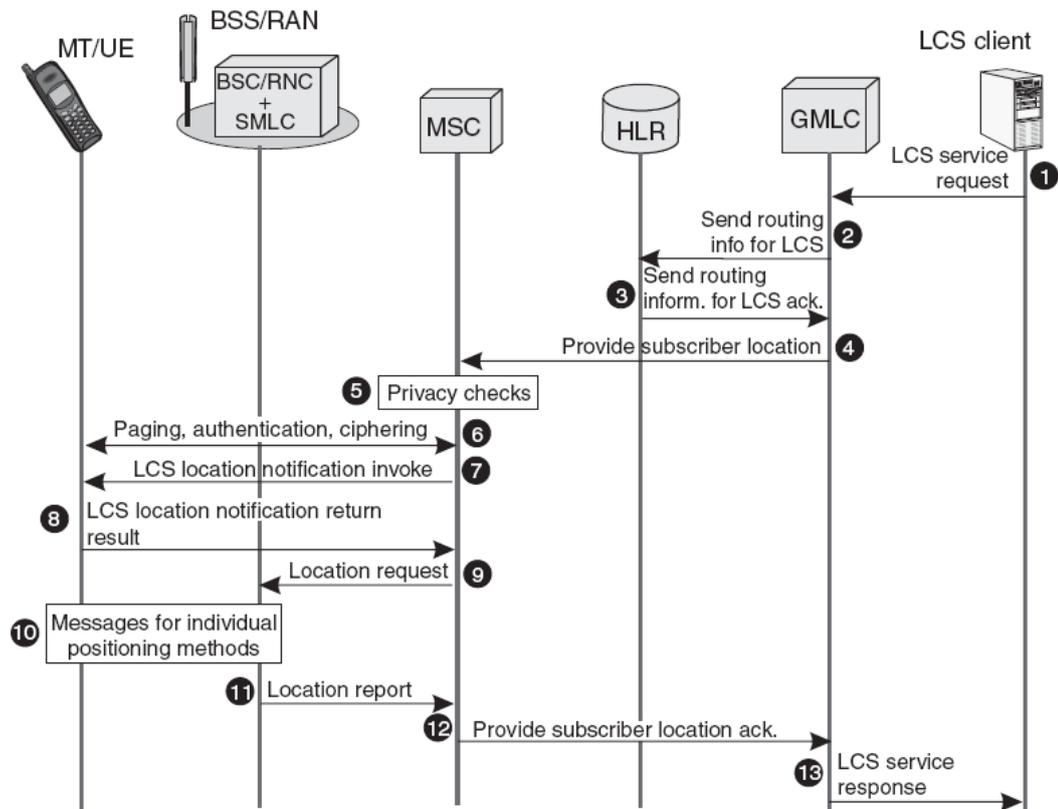


Fig. 4.4 Petición de localización inmediata terminada en móvil [2]

En esta figura, los pasos (1) al (9) pertenecen a la preparación de la localización. En el primer paso el cliente LCS envía una petición de localización a la GMLC (1) la cual contiene el MSISDN o el IMSI del suscriptor objetivo a ser localizado, así como también la QoS deseada. A fin de procesar la petición, la GMLC al principio tiene que descubrir la red de acceso a la cual el objetivo está actualmente conectado, por lo que solicita al HLR enviar la información de enrutamiento al respectivo MSC (2). Si la red de acceso ya es conocida se pueden saltar los pasos (2) y (3). Después de recibir esta información la GMLC sugiere al MSC una mayor coordinación de la petición de localización (4). Para este propósito pasa la identidad del cliente LCS solicitante al MSC, lo cual es necesario para

comparar la petición con las opciones de privacidad del suscriptor (5). Si la petición es aceptada, el MSC procede a verificar si el terminal objetivo está desocupado. Si es así, la celda del suscriptor es desconocida y se debe realizar primero una búsqueda del terminal (paging) (6). De otra forma si el terminal está ocupado la estación base servidora es conocida y puede saltarse el paso (6). Si la configuración de las opciones de privacidad del suscriptor indican que el posicionamiento debe ser explícitamente autorizado, el MSC informa al suscriptor sobre el intento de posicionamiento (7), el cual puede entonces aceptar o declinar (8). En el último caso la petición puede ser cancelada y el MSC procedería con una respuesta negativa, llevada por el mensaje retornado en el paso (12). Sin embargo, si es aceptado, el MSC pasa la petición de localización, junto con los requerimientos de QoS y capacidades del terminal a la respectiva red de acceso, esto es, estrictamente hablando al SMLC. Este paso termina el procedimiento de preparación.

Después que todos los resultados de medición han sido recolectados, en el terminal o el SMLC, se calcula la posición del objetivo, lo cual es el primer paso del procedimiento de cálculo y liberación. En caso de posicionamiento exitoso, la posición es enviada al MSC en un reporte de localización, el cual también indica el método de posicionamiento usado (11). De otra forma una notificación de error es retornada indicando que el posicionamiento no pudo ser ejecutado satisfactoriamente. El MSC entonces envía la posición al GMLC o, si el posicionamiento ha fallado, envía la última posición conocida del suscriptor (si está disponible) (12). Opcionalmente el MSC puede también guardar información de facturación. Finalmente el GMLC puede trasladar la posición a otro

sistema de referencia espacial o en una locación descriptiva como desee el cliente LCS y luego retornar el dato de localización al cliente LCS.

La Fig. 4.5 muestra el procedimiento de la petición de localización diferida. La principal diferencia es que el proceso no sigue el proceso de preparación. Los pasos del (1) al (5) son los mismos que para la petición inmediata. Sin embargo después de terminar con la verificación de privacidad, el MSC reconoce la petición (6), con lo cual el GMLC pasa una respuesta al cliente LCS (7). Al contrario de la petición inmediata, esta primera respuesta no lleva ningún dato de localización, sino que solamente indica que el posicionamiento diferido ha sido activado.

El posicionamiento no es efectuado hasta que la condición de disparo sea verdadera. Esto puede suceder tan pronto el subscriptor se registre en la red (8), o si expira un contador. Si la condición de disparo se cumple, el MSC inicia el posicionamiento, y los pasos restantes son análogos al procedimiento de petición inmediata.

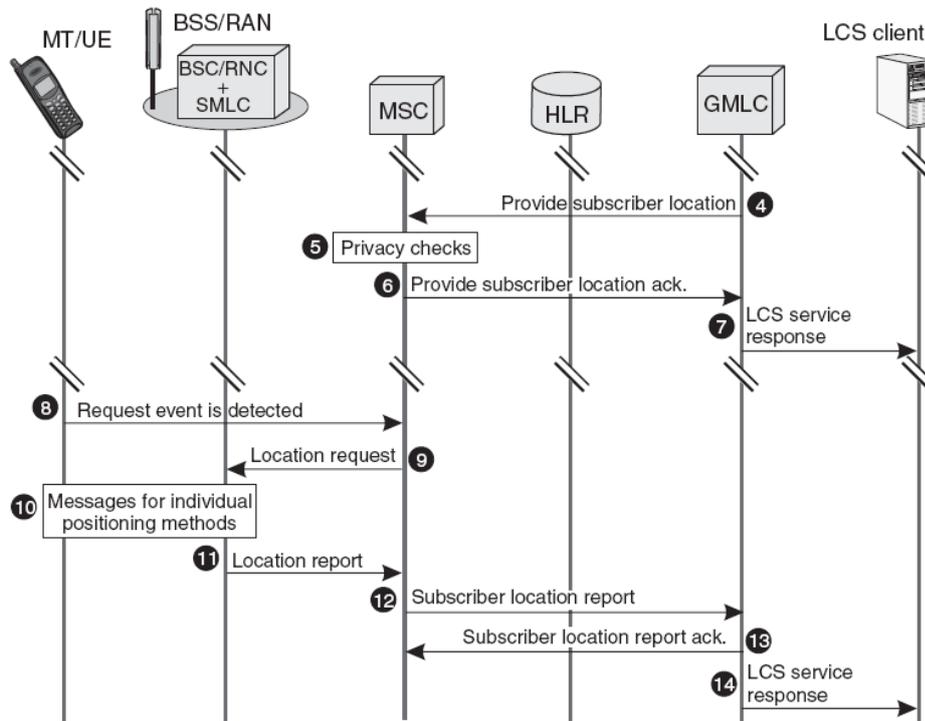


Fig. 4.5 Petición de localización diferida terminada en móvil. [2]

Un asunto no contemplado en la figura es el caso donde el suscriptor objetivo cambia el área MSC cuando el MSC espera que la condición de disparo se cumpla. En este caso, el antiguo MSC envía un reporte de localización al GMLC, indicando que la petición diferida debe ser reiniciada contra el nuevo MSC, con lo cual los pasos (4) al (6) deben ser repetidos para este nuevo MSC.

#### 4.3.2 Petición de Localización Originada en Móvil.

Es iniciada siempre por el mismo terminal objetivo en sí mismo; por lo tanto el procedimiento difiere del anterior. Se muestra en la Fig. 4.6. El procedimiento de

preparación comprende los pasos (1) al (5). En el primer paso, el terminal envía una petición de servicio a la red de acceso (1), la cual es enviada al MSC (2). El MSC reconoce la petición retornando una aceptación del servicio al terminal (3). Si el terminal está en modo desocupado, se necesita autenticación y codificación antes de enviar el mensaje de aceptación. Después de ello, el terminal invoca el servicio de localización actual (4) y especifica el tipo de LCS (ej. Auto-localización básica, autónoma, transferencia a terceras partes). Esta invocación contiene un numero de parámetros, como las capacidades de posicionamiento del terminal, QoS deseada, o en caso de transferencia a terceras partes, la identidad del cliente LCS. Al arribo de la invocación, el MSC verifica si el suscriptor objetivo tiene permiso absoluto para solicitar el LCS especificado, y si es así, delega el posicionamiento a la red de acceso.

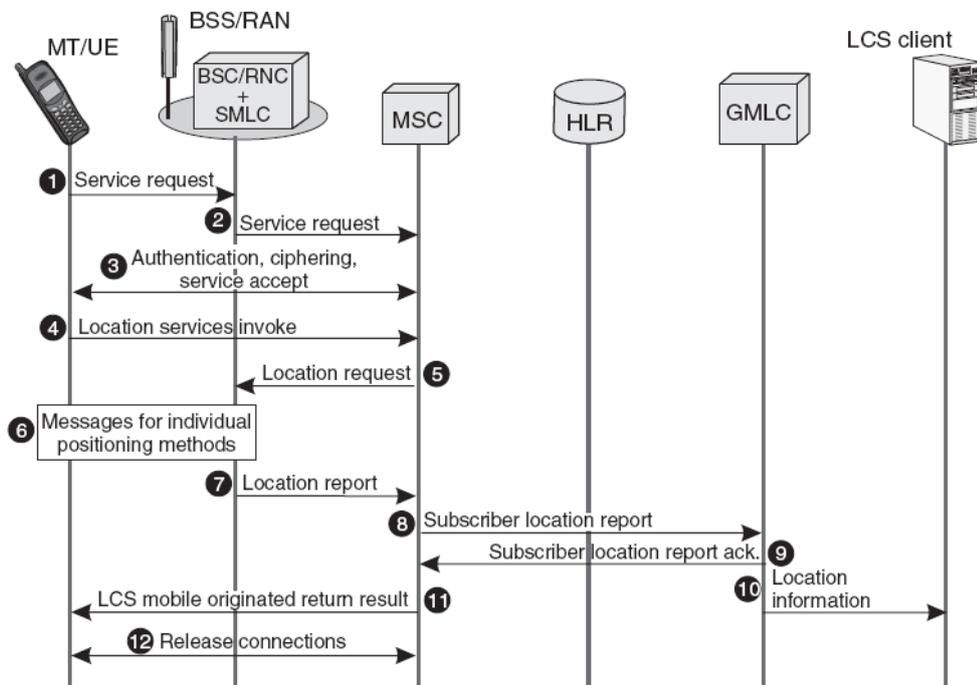


Fig. 4.6 Petición de localización originada en móvil. [2]

Luego, los pasos (5) al (7) corresponden a los pasos (9) a (11) de las Fig. 4.4 y 4.5 respectivamente. Después del posicionamiento, la posición es enviada al GMLC (8,9), donde puede ser trasladada a otro sistema de referencia y enviada a un cliente LCS. Los pasos (8) al (10) solo son ejecutados si el suscriptor objetivo ha solicitado transferencia a un tercero. Finalmente un resultado es pasado al terminal (11), el cual incluye la posición o una notificación de que el dato de localización ha sido pasado al cliente LCS especificado. Finalmente todos los recursos involucrados en el posicionamiento son liberados (12).

## **CAPITULO 5**

### **SIMULACION DE LAS TECNICAS DE LOCALIZACION**

#### **CELL-ID/RTT/AoA, TOA, TDOA Y A-GPS**

Para la realización de esta simulación hemos utilizado el programa Matlab y Simulink v.R2008a, el segundo para representar los bloques de la red UMTS y generar los datos de localización, y el primero para realizar la representación grafica de los datos obtenidos en Simulink. Hay que aclarar que nuestra intención es representar de una manera grafica los procesos de localización estudiados en los capítulos anteriores para las técnicas indicadas, y presentarlos de una manera comprensible, más no recrear fielmente una red UMTS debido a las limitaciones del programa. Igualmente los bloques de Simulink generan datos aleatoriamente que sirven para realizar los cálculos y gráficos de Matlab.

Para empezar hemos creado un menú con varios botones que abren los modelos creados en Simulink y los gráficos en Matlab. Los archivos-m que conforman esta simulación se encuentran en el CD que acompaña este trabajo y se abren con el editor de Matlab:

Presentación\_LCS.fig: Genera la presentación del programa

Presentación\_LCS.m: Archivo-m con la codificación de la presentación

Cell\_ID\_Model: Modelo de Simulink para Cell-ID/RTT/AoA

Cell\_ID\_Graphic: Archivo-m que genera el gráfico Cell ID a partir de los datos del modelo Cell\_ID\_Model.

TOA\_Model: Modelo de Simulink para TOA.

TOA\_Graphic: Archivo-m que genera el gráfico TOA a partir de los datos del modelo TOA\_Model.

TDOA\_Model: Modelo de Simulink para TDOA.

TDOA\_Graphic: Archivo-m que genera el gráfico TDOA a partir de los datos del modelo TDOA\_Model.

A\_GPS\_Graphic: Archivo-m que genera el gráfico A-GPS

Archivos jpg: Imágenes para la simulación.

Para ejecutar los programas, copiar y pegar los archivos indicados en la dirección C:\Users\User\Documents\MATLAB (para Windows Vista).

Una vez ubicados los programas, abrir el archivo Presentación\_LCS.m y al ejecutarlo aparecerá la siguiente pantalla:



Fig. 5.1 Menú de la simulación

### **CELL ID/RTT/AoA**

Al hacer clic en el botón Cell ID Model se abre el modelo en Simulink y al ejecutarlo queda de la siguiente manera:

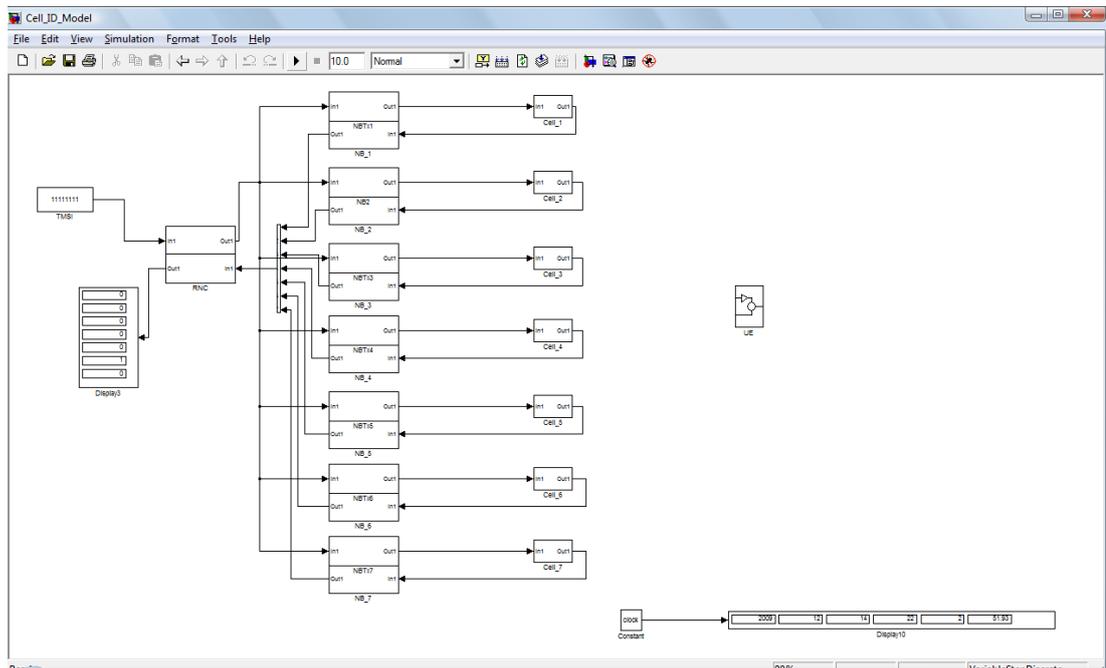


Fig.5.2 Modelo en Simulink para la Técnica de localización Cell ID

En el modelo podemos observar al RNC que controla un clúster de 7 celdas. Ante una petición de localización el RNC es provisto con la identificación temporal del móvil a localizar (TMSI), con lo cual el RNC realiza un paging en las celdas una de las cuales contiene al móvil, el cual responde al paging y devuelve el número de la celda en la cual se encuentra, lo cual podemos ver en el display. Conocida la posición del móvil a nivel de celda, se puede mejorar la precisión utilizando los datos de RTT y de AoA también presentes en la salida del RNC.

Una vez establecidos estos datos hacemos clic en el botón Cell ID Graphic ejecutándose el programa que realiza la grafica presentando de inmediato un clúster de 7 microceldas cada una con un diámetro de 1Km:

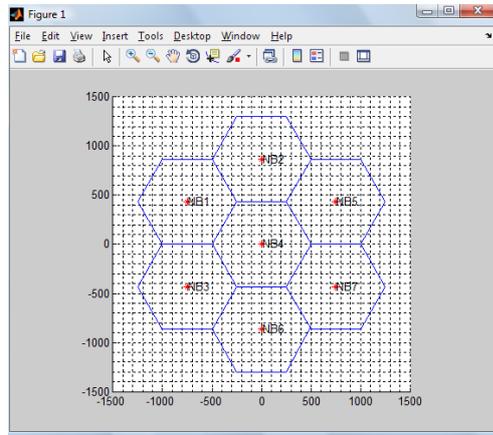


Fig. 5.3 Clúster de 7 celdas

Luego se realiza el paging en todas las celdas:

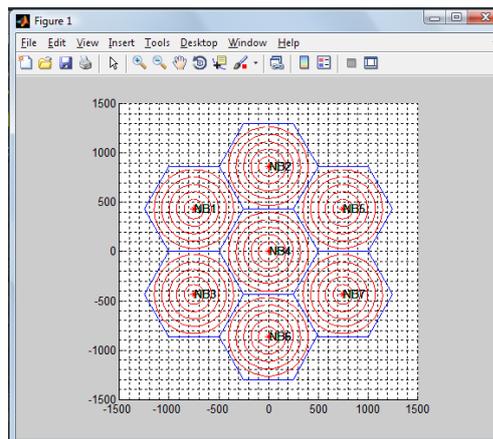


Fig.5.4 Paging

Se establece la celda en la que se encuentra el móvil, en este caso la #3:

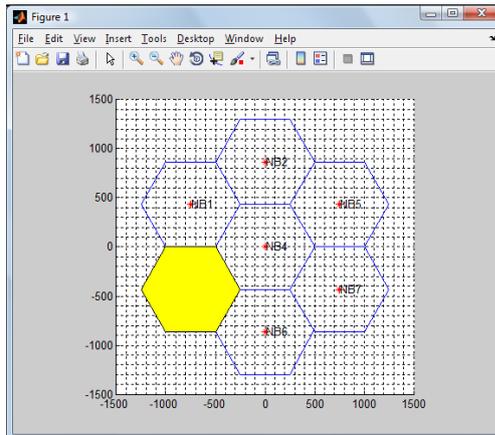


Fig. 5.5 Celda en la que se encuentra el móvil

Y finalmente se refina la posición del móvil usando los datos de  $RTT$  y AoA, con lo cual el móvil se encuentra a una distancia aproximada de 273,45 mt. y un ángulo de  $344,7^\circ$  medidos desde el Norte:

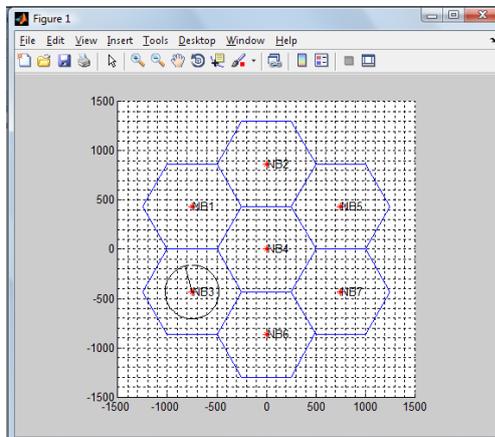


Fig. 5.6 Refinamiento de la posición usando  $RTT$  y AOA

## TOA

Hacemos clic en el botón TOA con lo que se abre el modelo creado en Simulink y lo ejecutamos:

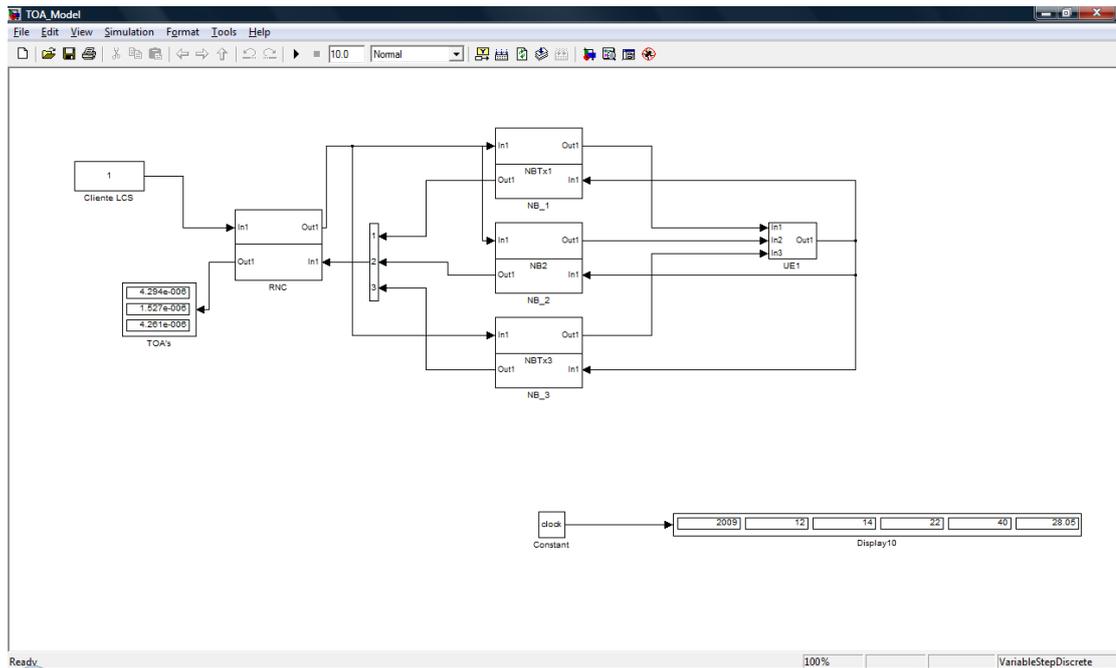


Fig. 5.7 Modelo TOA en Simulink

En este modelo hemos representado un RNC que controla un cluster de 3 celdas. Ante una petición de localización el móvil es indicado a enviar un pulso el cual es recibido en los Nodos B, con el que se calculan los TOA's y, conociendo el tiempo de transmisión, ya que los Nodos B y el móvil están sincronizados, se puede calcular los tiempos de vuelo que son mostrados en el display a la salida del RNC y con ellos, los rangos o distancias del móvil hacia cada Nodo B.

Con estos datos ejecutamos el programa TOA\_Graphic.m haciendo clic en el botón TOA Graphic y aparece el siguiente gráfico:

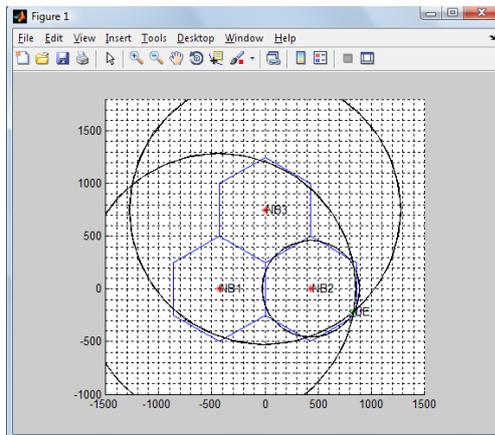


Fig. 5.8 Posicionamiento del UE usando TOA

Los rangos forman 3 circunferencias con centro en cada Nodo B cuya intersección es la posición estimada del móvil.

Al final presionamos **Enter** para continuar con la simulación y observaremos el seguimiento del móvil mediante la repetición de los cálculos del método.

## TDOA

Abrimos el modelo de TDOA haciendo clic en el botón TDOA Model y lo ejecutamos, observamos un RNC que controla un cluster de 3 celdas, ante una petición de localización, el móvil es instruido para realizar mediciones (OTD's) de las señales enviadas desde los Nodos B y retornarlas al SMLC en el RNC. Al mismo tiempo el LMU registra el tiempo de arribo de las mismas señales desde los Nodos B (RTD's), datos que son enviados al SMLC donde se calculan las diferencias de tiempo para establecer las GTD's 1 y 2 para las hipérbolas 1 y 2 respectivamente.

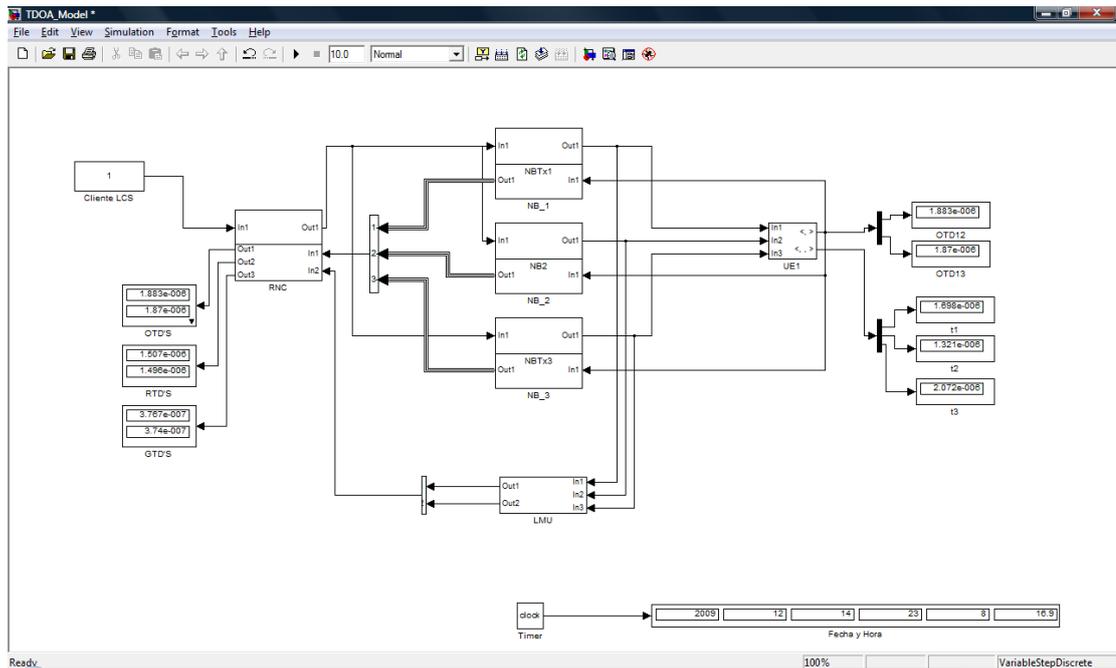


Fig. 5.9 Modelo TDOA en Simulink

Con esta información ejecutamos el programa TDOA\_Graphic haciendo clic en el botón respectivo. Como resultado se genera un gráfico el cual contiene las tres microceldas y las hipérbolas con focos F1-F2 y F1-F3. Al observar los tiempos  $t_1$  y  $t_2$  notamos que  $t_2$  es menor por lo cual el móvil debe estar ubicado en el ramal derecho de la hipérbola 1-2, y observando los tiempos  $t_2$  y  $t_3$  notamos que  $t_2$  es menor, por lo tanto podemos deducir en cuál de las intersecciones de los ramales de las hipérbolas se encuentra el móvil.

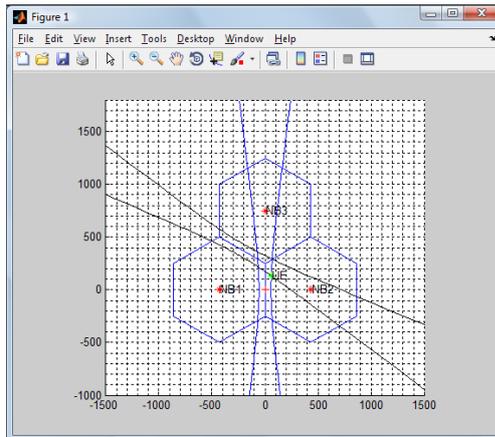


Fig. 5.10 Posicionamiento del UE usando TDOA

Al final presionamos **Enter** para continuar con la simulación y observaremos el seguimiento del móvil mediante la repetición de los cálculos del método.

## A-GPS

Para ejecutar A-GPS hacemos clic en el botón A-GPS Graphic.

1) El programa comienza creando la red UMTS, con los componentes necesarios para hacer Localización A-GPS. Crea los Nodos B, las celdas en forma hexagonal, el SMLC, el LCS Client, la Estación de Referencia y los 4 satélites que tienen línea de vista con el objetivo móvil de los 24 satélites de la Constelación GPS. Presionamos Enter para continuar con la simulación.

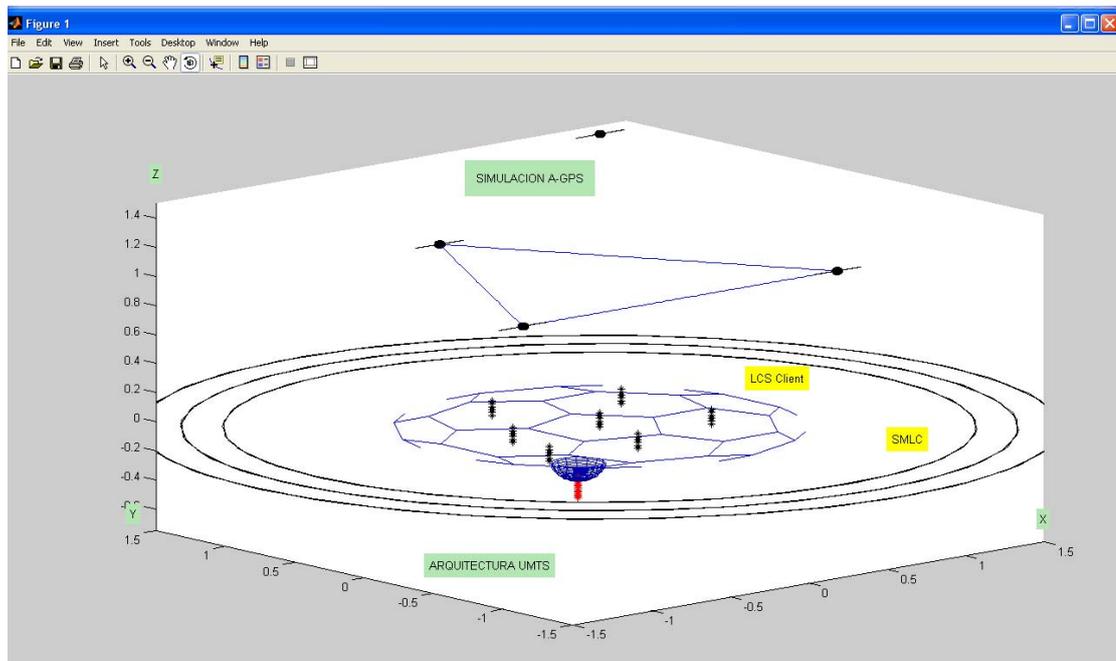


Fig. 5.11 Construcción de la red UMTS

2) A continuación los satélites envían la data de asistencia, adquisición y corrección a la estación de referencia, y ésta los envía al SMLC. Entonces, el SMLC al recibir una petición de localización y en caso de no existir una conexión activa o no se conoce la celda en la cual se encuentra el terminal, ordena a la red realizar un paging para obtener las

coordenadas del Nodo B de la celda en que se encuentra el terminal. Luego el SMLC envía los datos a dicho Nodo B para que este a su vez los envíe al terminal móvil.

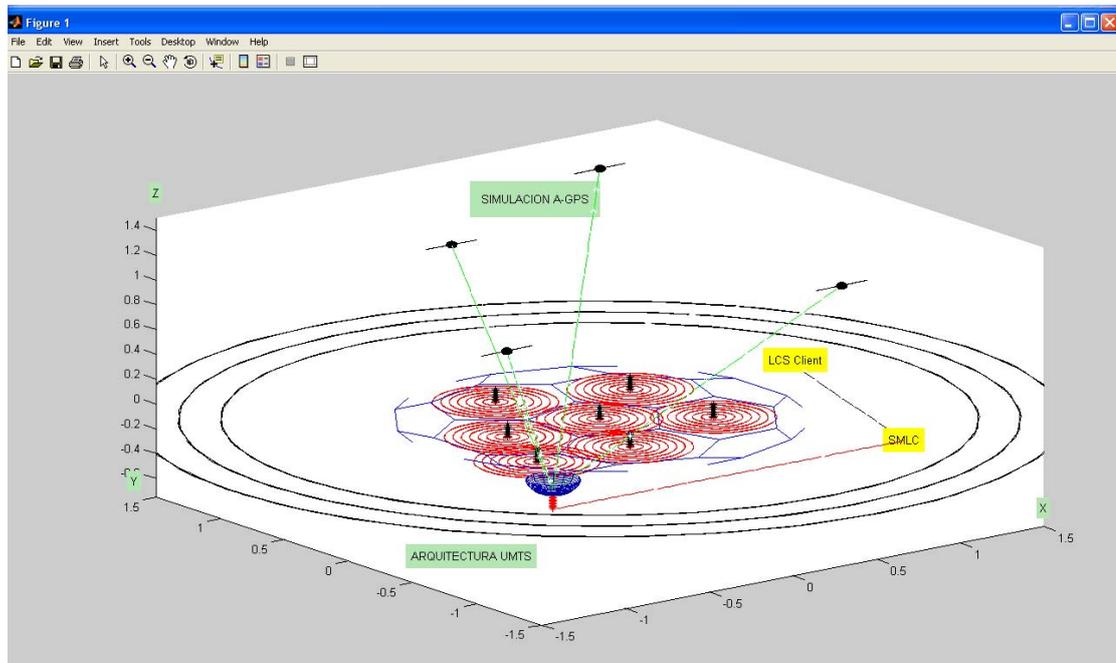


Fig. 5.12 Paging.

3) El terminal es provisto con la información de la red y también es asistido con la data de los satélites. Con estos datos y con el receptor GPS incorporado en el UE, éste realiza las mediciones de tiempo de las señales enviadas desde los satélites al UE.

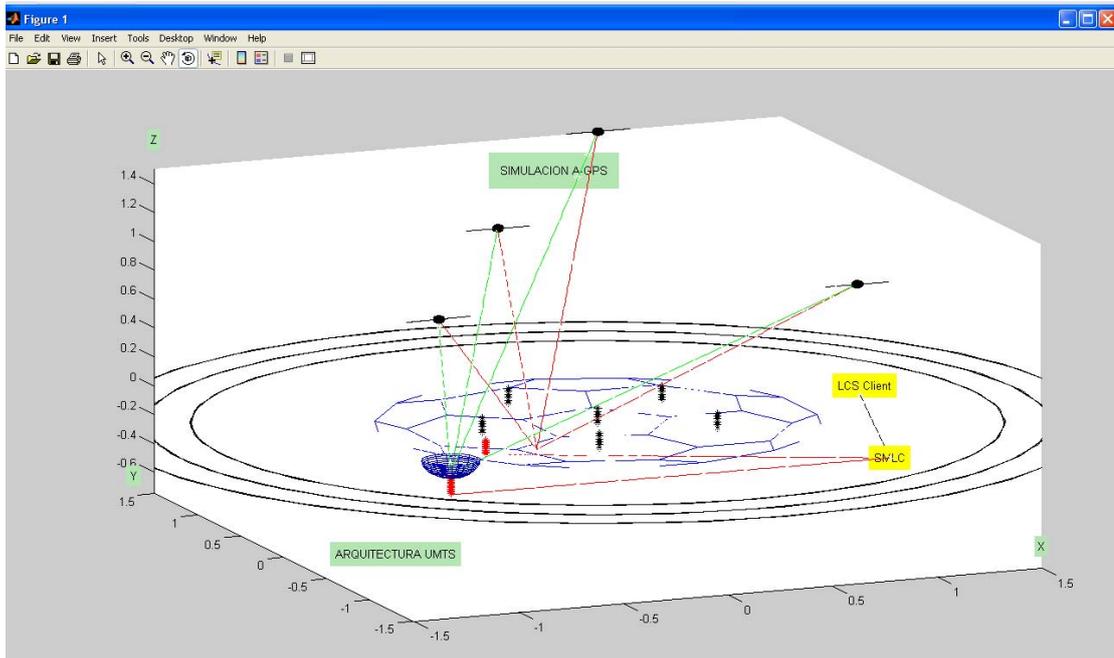


Fig. 5.13 Medición de las señales GPS en el terminal móvil.

4) Presionamos Enter para continuar con la simulación. Con los tiempos medidos se aplica el método TOA, la intercepción de las 3 esferas da la posición del móvil, y con la ayuda del cuarto satélite se reduce el margen de error.

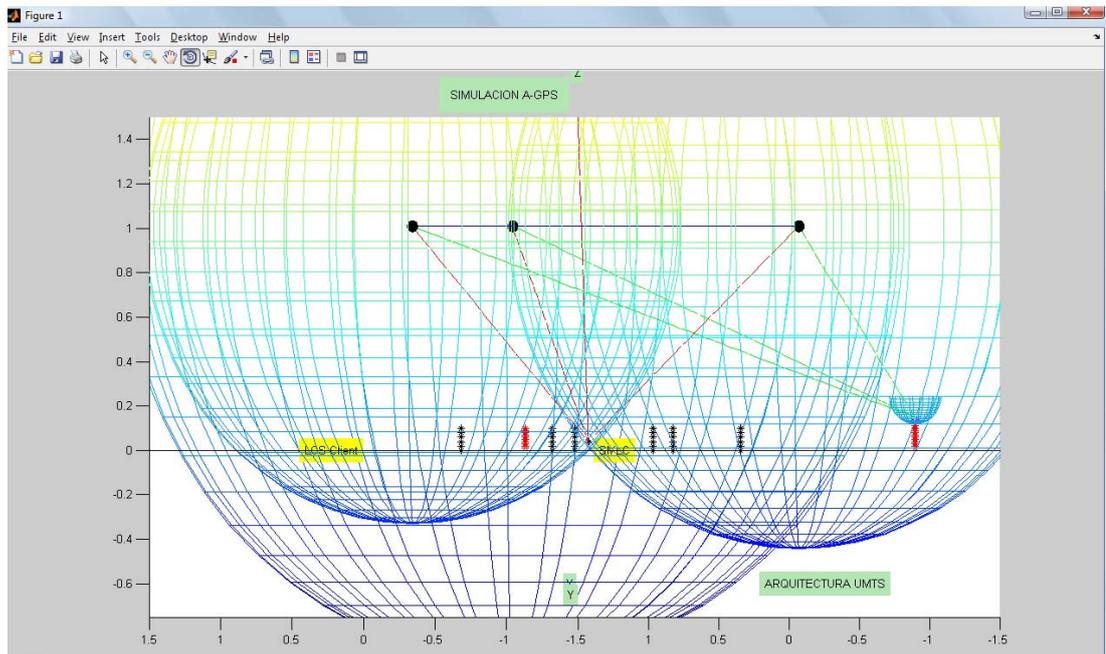


Fig. 5.14 Aplicación de TOA e intersección de esferas.

5) Presionamos Enter para continuar con la simulación. De la intersección de las esferas el algoritmo estima una ubicación para el móvil en el plano 3D, que es representada por un punto en el espacio. También se muestra en el gráfico 3 esferas concéntricas, una dentro de la otra. Estas esferas representan la locación del objetivo móvil. La esfera más pequeña de radio 10 unidades, representa el margen de error en una área rural, y su volumen interno representa todas las locaciones posibles en las que se podría encontrar el móvil, considerando que la aproximación en un área rural es de 5 a 10 metros para el 67% de los casos (según datos obtenidos en papers [11],[12],[13]). La esfera intermedia de radio 20 unidades, representa el margen de error en una área suburbana, con una precisión de 10 a 20 metros. La esfera mayor de radio 100 unidades, representa el margen de error en una área urbana, con una precisión de 10 a 100 metros.

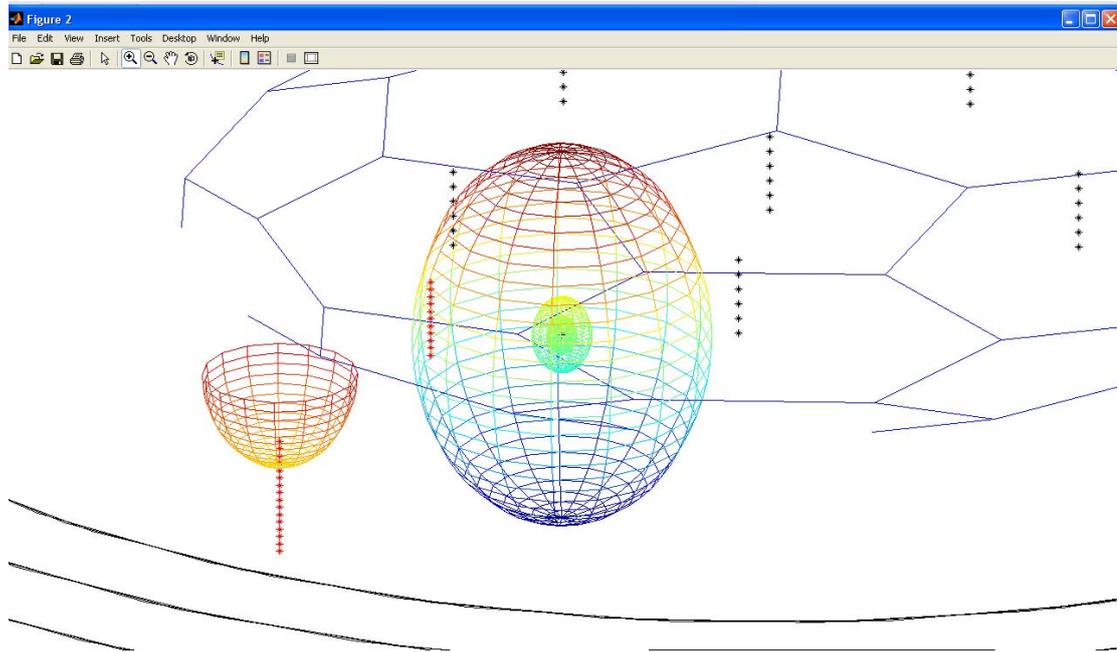


Fig. 5.15 Precisión de la localización.

6). Presionamos Enter para continuar con la simulación. En el siguiente gráfico, observamos una vista desde el espacio de los tres satélites GPS con las esferas interceptándose en el punto sobre la tierra donde se encuentra el UE. Estos satélites se encuentran a una altura de 20.180 kilómetros sobre la tierra.

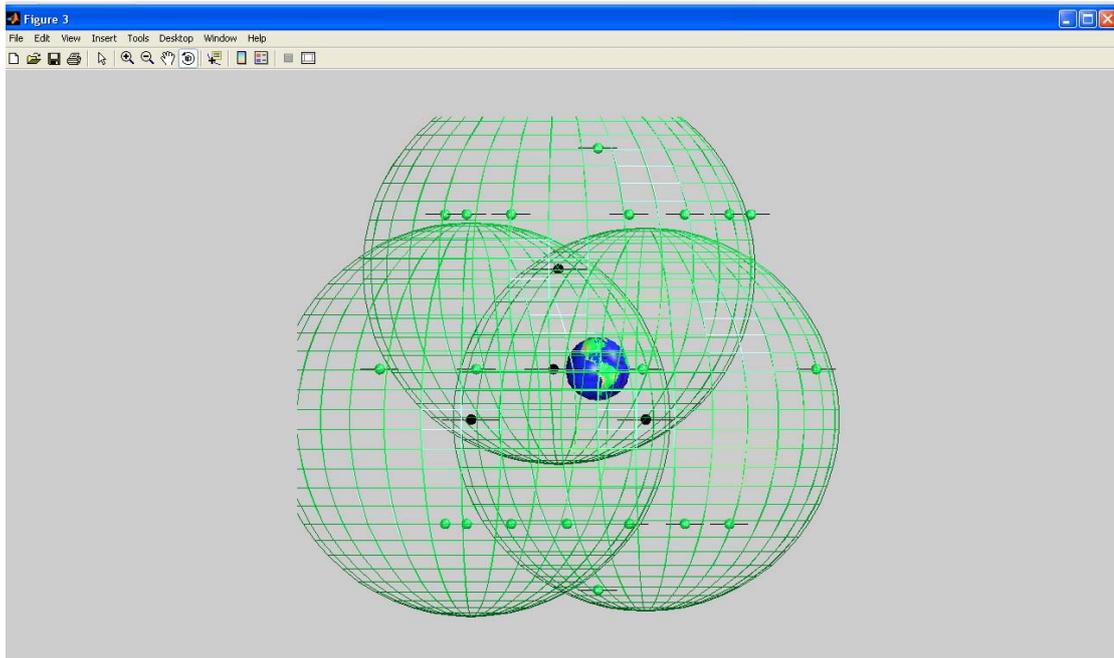


Fig. 5.16 Visión desde el espacio de los satélites GPS.

7) Presionamos Enter para continuar con la simulación. En la gráfica final se ubica el móvil en un mapa de la ciudad y se presentan las coordenadas de Latitud, Longitud y Altitud. En las siguientes figuras se muestra la localización A-GPS en un área urbana, suburbana y rural.

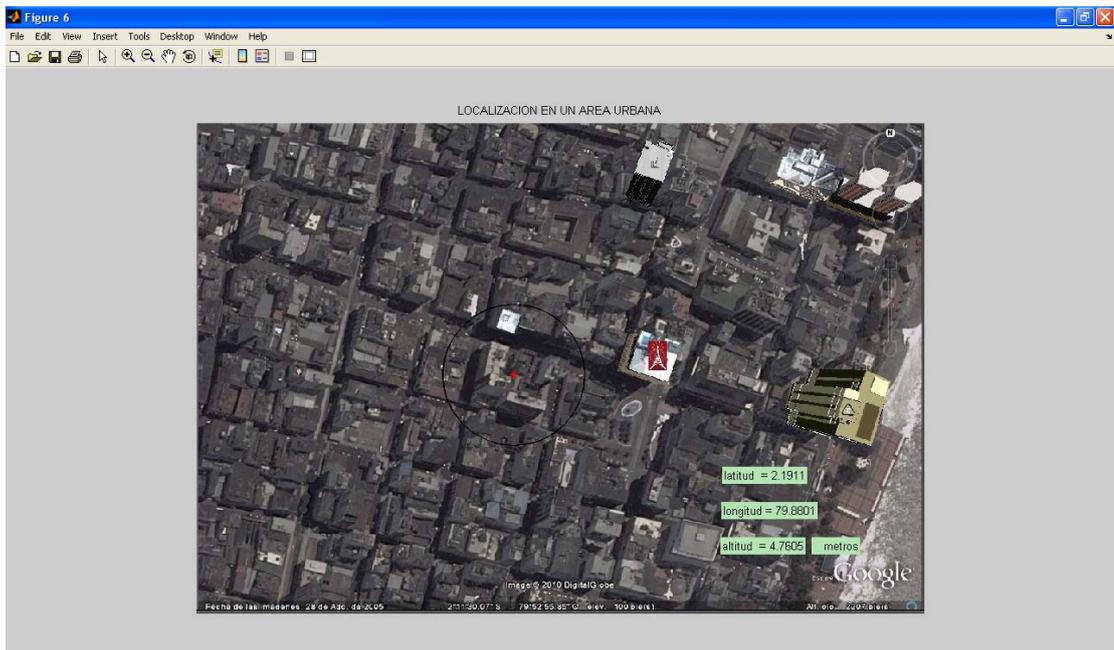


Fig. 5.17 Localización en área urbana.

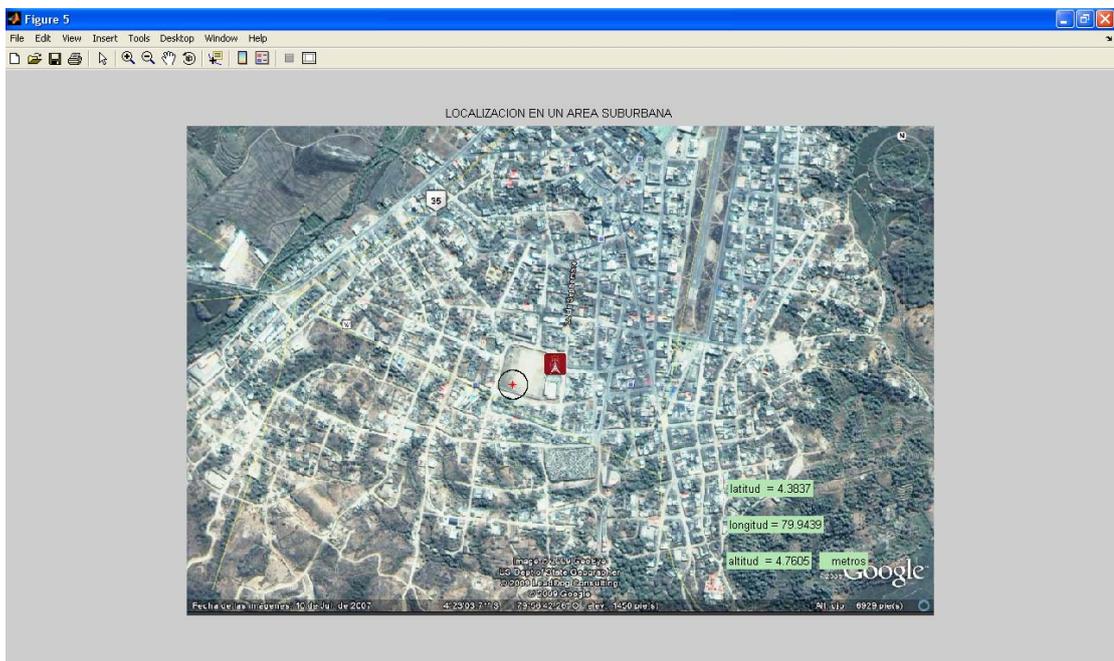


Fig. 5.18 Localización en área suburbana.

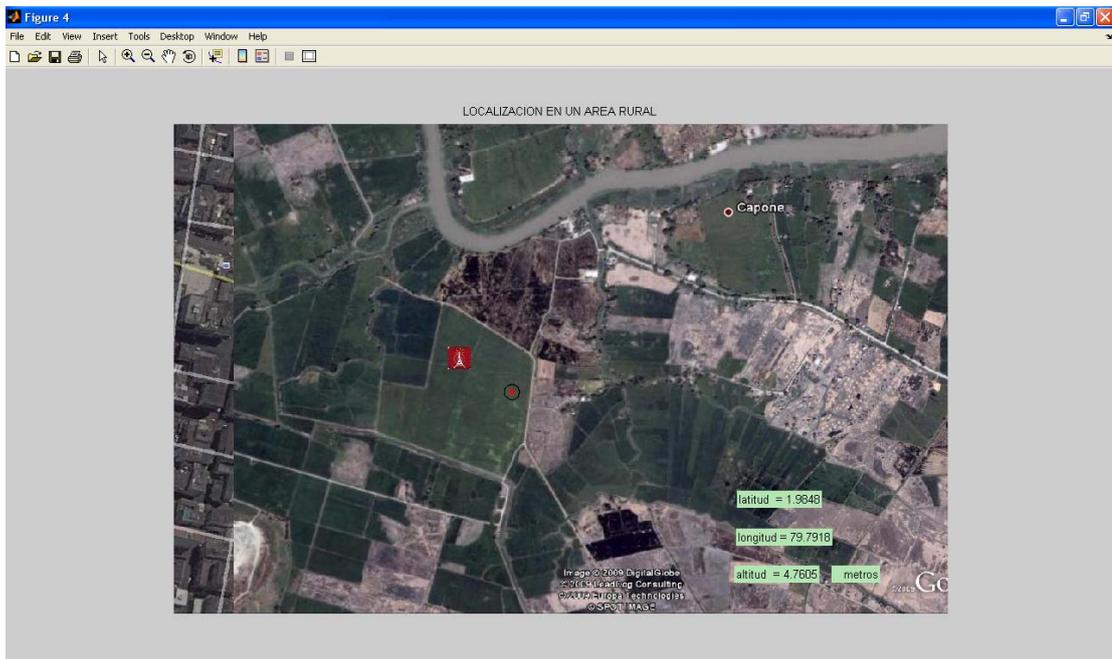


Fig. 5.19 Localización en área rural.

8). Finalmente el valor presentado en pantalla de latitud, longitud y altitud correspondería la posición del UE en el mapa.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) El posicionamiento es una herramienta básica para muchos servicios basados en la utilización de la información del mismo, no solo en tareas cotidianas como el rastreo de personas y objetos, sino también en la planificación y operación de redes celulares.
- 2) Diferentes técnicas de análisis geométrico son usadas para obtener el dato de posición, dependiendo de la naturaleza del método de medición básico – rango, ángulo de arribo, o combinación de ambos. La geometría de localización de tiempo de vuelo depende de si existe sincronización entre el objetivo y la estación fija. Cuando lo hay, el método de localización TOA encuentra la localización por medio de círculos o esferas. En el método TDoA se utiliza la sincronización de reloj entre estaciones fijas, donde la posición del objetivo es una estimación de la intersección de hipérbolas o hiperboloides.

3) Las técnicas TOA y TDoA pueden usar métodos similares para medir el tiempo de arribo de la señal, pero difieren en el uso de esas mediciones. En TOA la medición de tiempo es convertida directamente en distancias, mientras que en TDoA las obtiene de la diferencias de distancia. Las coordenadas de localización también pueden ser encontradas de la intersección de esferas, esto es hecho en los receptores GPS.

4) El método del ángulo de arribo tiene varias ventajas comparados con los métodos de tiempo de vuelo, no depende de las características de modulación o sincronización del receptor.

5) Generalmente se puede concluir que las redes, permanentemente rastrean al suscriptor para la entrega de llamadas o datos terminados en móvil, y la seguridad de la “posición de red” depende del estado del terminal. Si hay una llamada o transferencia de datos en progreso que ha tomado lugar recientemente, la red se mantiene informada acerca de la celda donde el suscriptor reside actualmente. Sin embargo, si la transferencia de datos no ha tomado lugar por un largo periodo de tiempo, la locación solo es conocida en términos del área de registro o de enrutamiento.

6) Las redes UMTS necesitan de componentes adicionales para realizar las tareas de medición de datos, asistencia y cálculo de posicionamiento, como los SMLC's y LMU's integrados o independientes, los SMLC coordinan los procesos de posicionamiento como recepción de solicitudes, elección del método a utilizar, recolección de datos, cálculo de la

posición en los métodos basados en red, entrega de reportes a los clientes LCS. Los LMU's mientras tanto se encargan de hacer las mediciones que solicita el SMLC para el cálculo en FDD ya que en TDD las estaciones base están sincronizadas y no lo necesitan.

7) Los métodos estudiados se sirven unos a otros entre sí para lograr una mayor precisión en la determinación de la posición del objetivo, para lo cual se toman mediciones del RTT, AoA, RIT, OTD, RTD, etc.

8) El método de posicionamiento A-GPS utiliza un receptor GPS básico dentro del terminal objetivo, ya que la utilización de un receptor completo en el terminal representa un costo de fabricación y de consumo de potencia mayor. En su lugar, el terminal envía la información de posicionamiento hacia la red, la cual se encarga de hacer los cálculos respectivos en el modo asistido por terminal, y en el modo basado en terminal en cambio recibe la información de receptores GPS de apoyo a través de la red y realiza el cálculo.

9) Las peticiones de localización pueden ser contestadas de manera inmediata, dentro de un período de tiempo predefinido, o diferida donde la respuesta depende de una condición de activación específica. Además la petición puede tener origen externo a la red por un tercero, interna para propósitos operativos de la red como ejecución de handovers, u originada por el mismo terminal objetivo para auto-localización.

10) Finalmente se establecen diferentes procedimientos de localización ya sea terminada en móvil u originada en móvil, inmediata o diferida, realizados a través de mensajes entre los

componentes de la red, hasta culminar con una notificación de error, en caso de un resultado infructuoso, o con una notificación exitosa.

11) No podríamos hacer una comparación de los métodos entre sí, ya que algunos métodos en lugar de ser competitivos son métodos complementarios.

12) Por ejemplo no podríamos comparar Cell ID que es un método que por su escasa precisión puede ser utilizado en aplicaciones no tan exigentes como publicidad o handover.

13) También debido a sus características no podríamos comparar TOA con TDOA ya que difieren en sus componentes y su necesidad de sincronización.

14) Por medio del programa Simulink hemos podido representar los bloques que intervienen en la localización dentro de la red. En Cell ID notamos una estructura muy básica que no difiere mucho de la red UMTS normal, a diferencia de que dentro de los nodos B y RNC's existen los LMU's y SMLC's respectivamente. La gráfica de los datos obtenidos nos muestra primero la ubicación del móvil a nivel de celda la cual no es muy precisa, y luego por medio de los valores de RTT y AoA se puede mejorar en mucho la precisión.

15) En TOA notamos una estructura similar a la de Cell ID, siendo talvez la más simple de todas, seguramente por su independencia de bloques adicionales LMU. En este método su acción se limita a la lectura de un canal para determinar los tiempos de vuelo de la señal entre el UE y los Nodos. Su gráfica es de una gran simplicidad debido a la intersección de círculos aunque su desventaja es que nos da una ubicación en el plano y no en el espacio

aunque podría mejorarse aplicando un método de esferas similar al empleado en GPS para determinar adicionalmente la altitud.

16) En TDOA aumenta la complejidad tanto en su estructura con la inclusión de LMU's, en la cantidad de medidas tomadas para realizar el cálculo de localización, en el método geométrico basado en hipérbolas para la determinación de la posición del móvil, y en la ausencia de sincronización entre los nodos y el móvil.

### **Recomendaciones.**

1) La simulación ha sido hecha considerando condiciones ideales, es decir no se ha considerado ruido, interferencia, NLOS, multitrayectoria, etc. Haría falta considerar lo que ocurriría en una situación real donde puedan existir dichas condiciones.

2) Los programas principalmente simulan “calcular” la posición del móvil a partir de los tiempos de vuelo entre el móvil y el Nodo B o los satélites, cuando lo ideal sería generar tiempos de vuelo aleatorios que correspondan a los tiempos que generaría un móvil en la realidad.

3) La elección del mejor método posible es algo relativo y la pregunta que deberíamos hacernos es: “cuál es el mejor método de localización para qué?”; si quiero una localización muy general utilizo Cell ID, si requiero una precisión media los métodos TOA, TDOA o CellID+RTT+AoA nos dan una precisión aceptable, y si queremos ser mucho más precisos como en el rastreo de personas, bienes o vehículos, A-GPS es la mejor elección.

4) En nuestro medio el método más recomendado sería A-GPS para que los usuarios conozcan la ubicación de sus familiares y allegados, su vehículo, para que las empresas conozcan durante las horas de trabajo el paradero de sus empleados, de sus bienes o carga en vehículos de transporte. Sería un gran apoyo al turista, puesto que este servicio guiaría a una persona a hacer el viaje sólo, dentro de una ciudad o lugar. Además de que el método es el de mayor precisión, aproximadamente con un margen de error de 5 a 40 metros, todo esto siempre y cuando asumiendo que el equipo móvil posea esta capacidad, para todos los demás equipos sobre todo los antiguos, cualquiera de los otros métodos es adecuado en cuyo caso la notificación de la posición se recibiría como mensajes de texto.

5) El método menos recomendado para posicionamiento es el método de Cobertura de Celda, ya que este sólo proporciona las coordenadas de la estación base y de ahí el móvil se encuentra a una distancia radial alrededor de la misma, o sea la aproximación depende del radio de la celda. Normalmente puede estar entre 100 m a 1000 m en áreas urbanas y hasta 10 Km en áreas rurales, aunque ya dijimos que todo depende de la utilidad requerida.

6) El presente trabajo puede servir como base para la siguiente etapa: los servicios basados en localización LBS's los cuales utilizan el posicionamiento del terminal objetivo para brindar otros servicios como publicidad y cobro de tarifas diferenciadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alan Bensky, *Wireless Positioning Technologies and Applications*, 2008 ARTECH HOUSE, INC.
- [2] Axel Küpper, *Location-based Services Fundamentals and Operation*, 2005 John Wiley & Sons Ltd.
- [3] David Muñoz, Frantz Bouchereau, Cesar Vargas, *Position Location Techniques and Applications*, 2009 Academic Press
- [4] Ian Poole, *Cellular Communications Explained From Basics to 3G*, Primera Edición 2006 Newnes
- [5] Sanchez-Thioune, *UMTS*, 2007 ISTE
- [6] Kaaranen, Ahtiainen, Laitinen, Naghian, Niemi, *UMTS Networks Architecture, Mobility and Services*, Segunda Edición 2005, John Wiley & Sons Ltd
- [7] Jonathan Castro, *The UMTS Network and Radio Access Technology*, 2001, John Wiley & Sons Ltd

- [8] AIRCOM, UMTS Technology for Engineers, 2002 AIRCOM International Ltd
- [9] 3G Partnership Project, Stage 2 functional specification of User Equipment (UE) positioning in UTRAN (Release 8) 3GPP TS 25.305 V 8.1.0, [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org), (2008-12)
- [10] The Mathworks Inc., SIMULINK Dynamic System Simulation for MATLAB®, [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com), 1999.
- [11] Matthias Klaus Thomas Siebert, Interworking of Wireless and Mobile Networks based on Location Information, (2006-12)
- [12] Bernd Resch, Peter Romirer-Maierhofer, Global Positioning in Harsh Environments, (2005-06)
- [13] Zvonimir Lušić, Serđo Kos, Srećko Krile, Structural Analysis of Positioning, 2008