

Protocolos de usuario en E-UTRAN

Ing. Camilo Nuñez Morfa

camilo@cujae.edu.cu

RESUMEN

El avance de las operadoras en las dos últimas décadas advierte con facilidad una búsqueda incansable de participar en el mercado por brindar nuevos servicios a los actualmente ofertados, dando una visión mucho más atractiva que las tradicionales operadoras la posibilidad de comunicarse desde donde el cliente lo decida con anchos de bandas que garanticen los nuevos servicios de la 4G. Parte de este camino a los nuevos servicios lo tienen los protocolos de E-UTRAN, a los cuales se dedicará este artículo.

PALABRAS CLAVES: Protocolos E-UTRAN

ABSTRACT.

The advance of the operators in the last two decades notes with ease a relentless search for participating in the market for offering new services to currently offered, giving a much more attractive than traditional operators the ability to communicate from wherever the customer decides with bandwidth to ensure the new 4G services. Part of this road to the new services we have the E-UTRAN protocols, which will be devoted to this article.

KEY WORDS: E-UTRAN Protocols

INTRODUCCIÓN

En el artículo manipularemos los temas relacionados con los Protocolos de E-UTRAN, por tanto partiremos de que el plano de usuario abarca los protocolos utilizados para el envío del tráfico (o sea, paquetes IP) correspondiente a los servicios a los que acceden los terminales a través de la red.

Las torres de protocolos utilizadas en las tres interfaces de E-UTRAN (radio, S1 y X2) se estructuran en torno a un plano de usuario y un plano de control. El plano de usuario abarca los protocolos utilizados para el envío del tráfico (paquetes IP) correspondiente a los servicios a los que acceden los terminales a través de la red. El plano de control se refiere a los protocolos necesarios para sustentar las funciones y procedimientos en las diferentes interfaces. A continuación se detallan los protocolos utilizados en las diferentes interfaces.

Protocolos en la interfaz radio.

El envío de paquetes IP entre el eNB y un equipo de usuario a través de la interfaz radio se sustenta en una torre de protocolos formada por una capa de enlace (o capa de nivel 2) y una capa física. La torre de protocolos utilizada se muestra en la Figura 1. La capa de enlace se desglosa a su vez en tres subcapas: Packet Data Convergence Protocol (PDCP), Radio Link Control (RLC) y Medium Access control (MAC). Cada capa/subcapa de la torre de protocolos se ocupa de un conjunto de funciones concreto y define el formato de los paquetes de datos (e.g., cabeceras y colas) que se intercambian entre entidades remotas. A continuación se describen las principales características de las diferentes capas/subcapas:

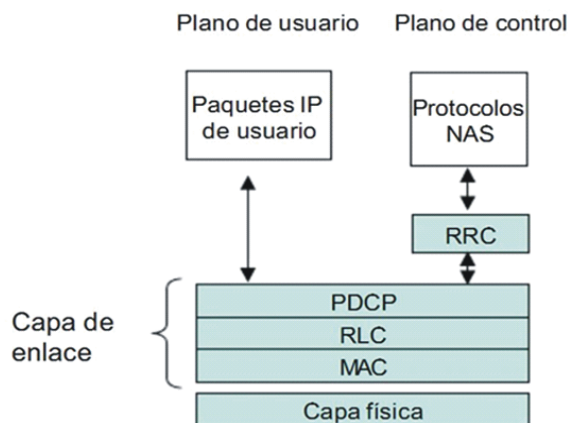


Figura 1: Protocolos de la interfaz de radio de E-UTRAN

- Packet Data Convergence Protocol (PDCP). Constituye la capa superior de la torre de protocolos encargada de proporcionar el punto de acceso al servicio portador radio (Radio Bearer, RB)(figura 2). Es decir, los paquetes IP del tráfico de usuario se entregan y se reciben a través del servicio de transferencia proporcionado por la capa PDCP. Las funciones principales de esta capa son la compresión de cabeceras de los paquetes IP y el cifrado de la información para garantizar su confidencialidad e integridad. La cabecera añadida por la capa PDCP básicamente contiene un número de secuencia que es

idéntica al paquete IP enviado y permite realizar una entrega ordenada de los paquetes IP en el extremo receptor así como detectar posibles duplicados de los paquetes IP (ocasionados por ejemplo, en un proceso de handover). Cada servicio portador radio tiene una entidad PDCP asociada.

- Radio Link Control (RLC). La capa RLC permite enviar de forma fiable los paquetes PDCP entre el eNB y equipo de usuario (figura 2). Para ello, la capa RLC soporta funciones de corrección de errores mediante mecanismos Automatic Repeat ReQuest (ARQ), concatenación, segmentación y reensamblado, entrega ordenada de paquetes PDCP a capas superiores (excepto durante el mecanismo de handover), detección de duplicados y detección/recuperación de errores en el protocolo. Cada servicio portador radio tiene una entidad RLC asociada.

- Medium Access Control (MAC). Es la capa encargada de controlar el acceso al canal radio (figura 2). Para ello, la capa MAC soporta funciones de scheduling dinámico entre equipos de usuario atendiendo a prioridades, multiplexa los paquetes RLC de diferentes servicios portadores radio en los canales de transporte ofrecidos por la capa física (un canal de transporte puede ser compartido por varios servicios portadores de uno o varios equipos de usuario) y realiza un control de errores mediante Hybrid ARQ (HARQ). Los servicios de transferencia que la capa MAC ofrece a la capa RLC se denominan canales lógicos. Existe una única entidad MAC por celda.

- Capa física. Es la capa encargada de realizar la transmisión propiamente dicha a través del canal radio. Alberga funciones de codificación de canal, modulación, procesamiento asociado a las técnicas de múltiples antenas de transmisión/recepción, y mapeo de la señal a los recursos físicos frecuencia-tiempo apropiados. En el enlace ascendente, la capa física se basa en un esquema single-carrier FDMA. En el enlace descendente, el esquema de transmisión es OFDMA. Los servicios de transferencia que la capa física ofrece a la capa MAC se denominan canales de transporte. Existe una única entidad de capa física por celda.

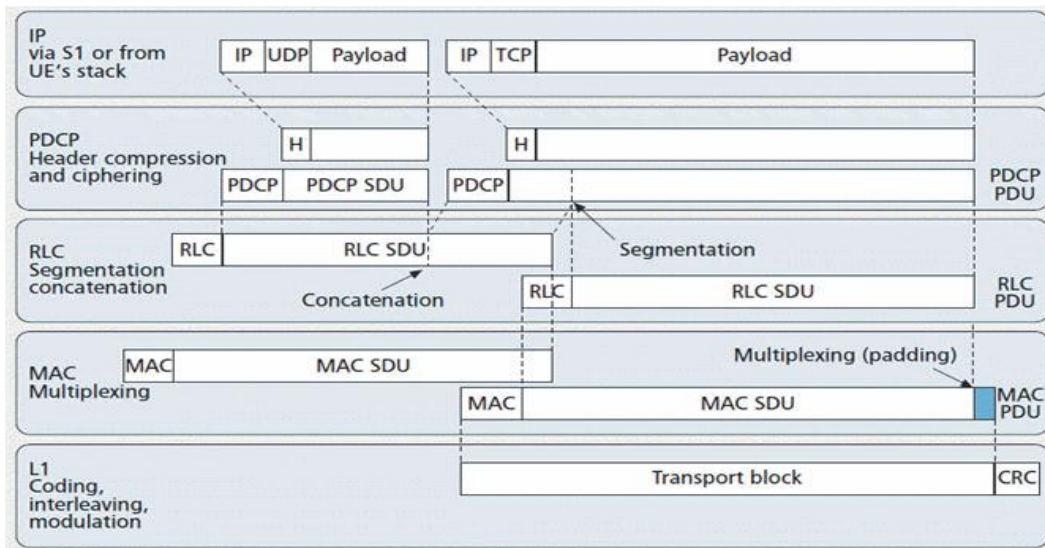


Figura 2. Conformación de paquetes

Respecto al plano de control entre el equipo de usuario y la red, éste se soporta sobre la misma capa de enlace (protocolos PDCP, RLC, MAC) y la misma capa física utilizadas en el plano de usuario. Los protocolos de nivel de red específicos de este plano son:

- Radio Resource Control (RRC). Esta capa permite establecer una conexión de control entre el eNB y un equipo de usuario a través de la cual se llevan a cabo un número importante de funciones relacionadas con la gestión de la operativa de la interfaz radio. Entre dichas funciones de la capa RRC destacan los mecanismos de gestión de los servicios portadores radio (e.g., señalización para el establecimiento/liberación/modificación de los portadores radio), el soporte de funciones de movilidad (e.g., señalización de handover), la difusión (broadcast) de parámetros de sistema y funciones de aviso de los terminales que no disponen de una conexión RRC establecida (e.g., envío de avisos a través del canal de paging). El servicio de transferencia que ofrece la capa PDCP para el envío de los mensajes de señalización del protocolo RRC se denomina servicio portador de señalización (Signalling Radio Bearer, SRB).
- Señalización de los protocolos NAS. Los protocolos NAS se extienden entre la entidad de red MME en la red troncal y el equipo de usuario. Los mensajes de estos protocolos se transportan de forma transparente en la interfaz radio encapsulados dentro de la parte de datos de los mensajes RRC. Las principales funciones de los protocolos NAS son: autenticación, autorización, gestión de movilidad de los terminales que no tienen una conexión RRC establecida y gestión de los servicios portadores de la red EPS.

Protocolos en las interfaces S1 y X2.

La estructura de protocolos utilizada en E-UTRAN para soportar las interfaces S1 y X2 establece una separación entre la capa de red radio (Radio Network Layer, RNL) y la capa de red de transporte (Transport Network Layer, TNL), tal como ya introdujo la red UMTS. Esta descomposición tiene como objetivo aislar las funciones que son específicas del sistema de comunicaciones móviles (UMTS o LTE), de aquellas otras que dependen de la tecnología de transporte utilizada (e.g., IP, ATM). De esta forma, los protocolos específicos de la red de acceso radio constituyen la capa RNL mientras que la capa TNL alberga los protocolos utilizados para el transporte de la información de la capa RNL entre las entidades de la red. En la figura3 se ilustra la arquitectura de protocolos de las interfaces S1 y X2. La separación entre las capas TNL y RNL en E-UTRAN.

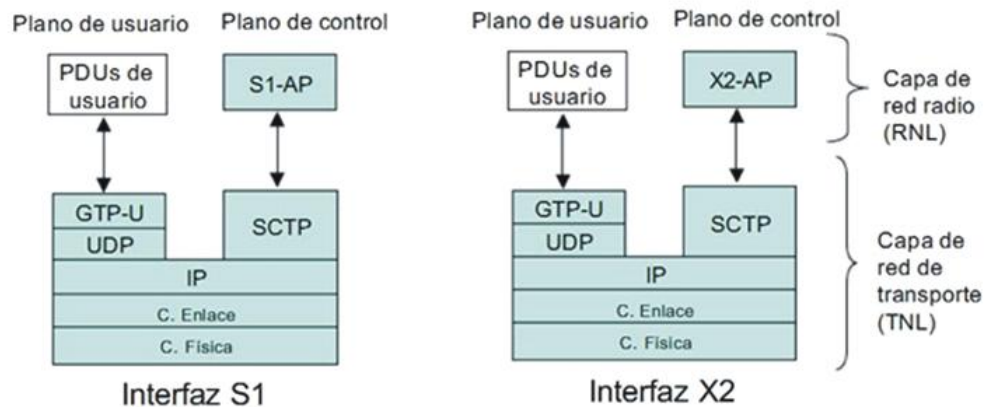


Figura 3: Protocolos de las interfaces S1 (izquierda) y X2 (derecha).

Tanto el plano de usuario de la interfaz S1 (S1-U) como el de la interfaz X2 utilizan el protocolo de encapsulado GTP-U (GPRS Tunneling Protocol UserPlane) para el envío de paquetes IP de usuario. El protocolo GTP-U es un protocolo heredado de GPRS que en las redes GSM y UMTS se utiliza dentro del dominio de paquetes de la red troncal (e.g., en la interfaz entre SGSN y GGSN) así como en el plano de usuario de la interfaz Iu-PS de la red de acceso UTRAN. En las interfaces S1-U y X2, el protocolo GTP-U se transporta sobre UDP/IP y fundamentalmente se utiliza para multiplexar los paquetes IP de múltiples usuarios (los paquetes IP de un determinado servicio portador se encapsulan con una determinada etiqueta identificador de túnel). Dada su gran relevancia en el contexto de las redes 3GPP. Finalmente, es importante destacar que los planos de usuario de ambas interfaces no contemplan mecanismos de entrega garantizada para la transferencia de los paquetes de usuario, ni tampoco mecanismos de control de errores o control de flujo.

Respecto al plano de control de la interfaz S1 (S1-MME o S1-C), la capa de red radio consiste en el protocolo S1-AP (S1 - ApplicationPart). Este protocolo es el que sustenta los procedimientos soportados en la interfaz S1 (establecimiento de servicios portadores en el eNB, control del handover, paging, etc.). La transferencia de los mensajes de señalización del protocolo S1-AP entre eNBs y MMEs se realiza mediante el servicio de transferencia fiable que ofrece el protocolo de transporte Stream Control Transmission Protocol (SCTP).

SCTP es un protocolo de transporte (al igual que otros protocolos como TCP y UDP) de propósito general que fue concebido originariamente para el envío de señalización de redes telefónicas sobre redes IP. SCTP hereda muchas de las funciones contempladas en TCP a la vez que introduce importantes mejoras encaminadas a proporcionar mayor robustez y versatilidad en la transferencia de diferentes tipos de información. En particular, al igual que TCP, SCTP dispone de mecanismos de control de flujo y de congestión en la conexión, denominada asociación en SCTP. Por otro lado, SCTP incorpora soporte para multihoming (las asociaciones soportan la transferencia a través de múltiples caminos entre los nodos participantes, es decir, los nodos participantes pueden disponer de múltiples direcciones IP), multistreaming (múltiples flujos pueden enviarse en paralelo en el seno de una misma asociación) y el envío de la información se estructura en base a mensajes (a diferencia del protocolo TCP que trata la información como una secuencia de bytes). Estas nuevas capacidades son las que hicieron que en 3GPP

se optara por la utilización de este protocolo, en lugar de TCP, para implementar el plano de control de las interfaces S1 y X2 de E-UTRAN.

Plano de usuario entre UE y EPC

Atendiendo a la descripción realizada en los anteriores apartados, en la figura 4 se ilustra el plano de usuario completo de E-UTRAN para el envío de paquetes IP entre el equipo de usuario (UE) y la red troncal (S-GW). Los paquetes IP contienen la información correspondiente al servicio que el usuario está utilizando (voz, video, datos) así como la señalización a nivel de aplicación (protocolos SIP, RTCP, etc.). El eNB realiza funciones de “relay” entre la torre de protocolos PDCP/RLC/MAC/PHY de la interfaz radio y la torre de protocolos de la interfaz S1-U. Es importante destacar que el eNB no realiza ninguna decisión de encaminamiento a partir de la información contenida en las cabeceras IP de los paquetes de usuario sino que simplemente se ocupa de su transferencia entre las dos interfaces atendiendo a los servicios portadores establecidos.

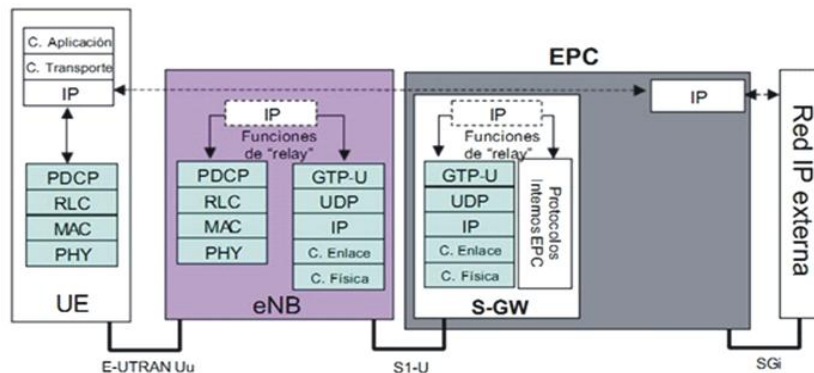


Figura 4: Protocolos del plano de usuario en E-UTRAN.

Plano de control entre UE y EPC.

En la figura 5 se ilustra la torre de protocolos del plano de control para el envío de señalización NAS entre el equipo de usuario y la red troncal. Los protocolos NAS se transportan encapsulados (de forma transparente) dentro de mensajes RRC en la interfaz radio y en mensajes S1-AP en la interfaz S1-MME. El eNB realiza las funciones de “relay” necesarias entre ambas torres de protocolos.

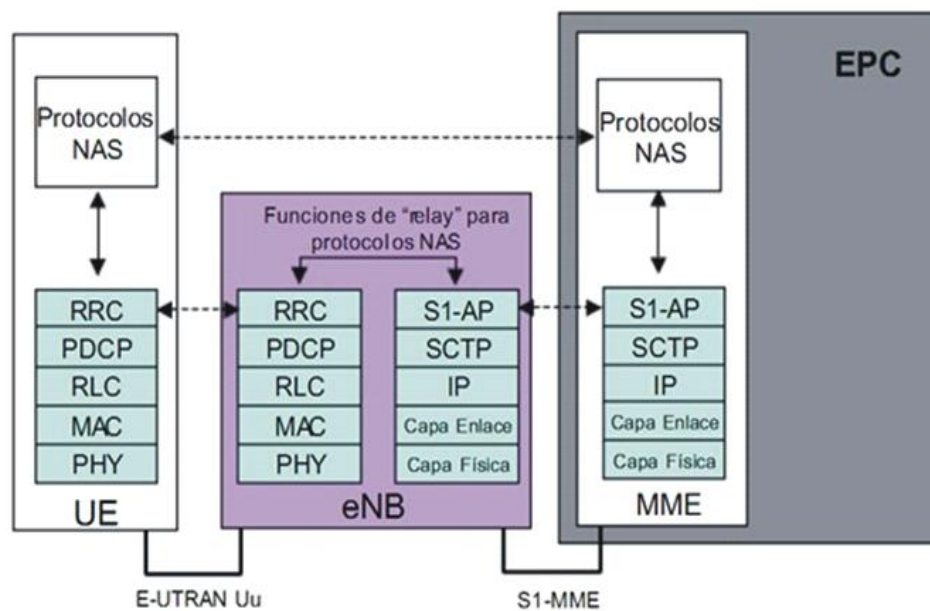


Figura 5: protocolos del plano de control en U-ETAN.

CONCLUSIONES

LTE es una tecnología inalámbrica basada en IP, con una infraestructura diseñada para ser tan simple como sea posible de implementar y operar, ofreciendo un alto rendimiento y baja latencia en un entorno móvil, con velocidades de hasta 300Mbps en downlink y de 75Mbps en uplink con un ancho de banda de 20MHz. La eficiencia espectral de LTE ha tenido una gran mejora, llegando a cuatro veces HSPA en downlink y tres veces en uplink.

REFERENCIAS

1. 3GPP TS 29.060, "GPRS Tunnelling Protocol (GTP) across the Gn and Gp interface".
2. 3GPP TS 29.281, "General Packet Radio System (GPRS) Tunnelling Protocol User Plane (GTPv1-U)".
3. 3GPP TS 24.301, "Non-Access-Stratum (NAS) protocol for Evolved Packet System (EPS); Stage3".
4. 3GPP TS 36.410, "S1 General Aspects and Principles".
5. 3GPP TS 36.420, "X2 General Aspects and Principles".
6. 3GPP 23.002, "Network architecture".
7. Especificaciones NGN de TISPAN disponibles on-line en <http://www.etsi.org/tispan/>.
8. Next Generation Networks Global Standards Initiative (NGN-GSI). Website: <http://www.itu.int/ITU-T/ngn/introduction.html>.
9. 3GPP 36.300, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2".
10. 3GPP 36.401, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Architecture description".
11. 3GPP TS 36.413, "S1 Protocol Specification".
12. IETF RFC4960, "Stream Control Transmission Protocol".
13. 3GPP TS 36.423, "X2 Protocol Specification".
14. 3GPP TS 25. 401, "UTRAN overall description".
15. 3GPP TS 23.401, "General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access".
16. 3GPP TS 24.301, "Non-Access-Stratum (NAS) protocol for Evolved Packet System(EPS); Stage 3"