



## Calidad de Servicio en LTE (Long Term Evolution)

**Mauricio Iturralde R.**

Ingeniero en Sistemas, aspirante PHD  
laboratorios IRIT (Toulouse, Francia)

[www.miturralde.com](http://www.miturralde.com) / [mauricio.iturralde@irit.fr](mailto:mauricio.iturralde@irit.fr), [mauro@miturralde.com](mailto:mauro@miturralde.com)

### RESUMEN

Este artículo, expone las innovaciones tecnológicas de LTE (Long Tem Evolution), enfocadas principalmente al funcionamiento de la calidad de servicio. Este artículo explica el concepto de “bearer”, su arquitectura y los elementos netamente ligados a este.

Al mismo tiempo, este documento explica el funcionamiento de la asignación de recursos al usuario, el concepto de asignación de recursos equitativa y justa (fairness) entre usuarios, y una orientación del camino a seguir.

Al final del artículo se expone los avances actuales en el tema, el trabajo que se está realizando, sus limitaciones y expectativas.

LTE es actualmente el mejor candidato a suceder a la tecnología 3G. Estandarizado por 3GPP, LTE pretende cubrir las necesidades multimedia de las cuales carece la tecnología en auge. Como cualidades innovadoras, LTE propone altas velocidades de transmisión de datos.

### ABSTRACT

This article, describes some LTE's technological innovations specially focused on a Quality of service (QoS) concept, its architecture and some elements deeply involved in it.

At the same time, this paper explains the resource allocation to users, fairness concept between users, and an orientation about the path to follow. Towards the end of this article, the current advances about QoS in LTE, as well as the current work, its limitation and expectations are presented. LTE is nowadays the best candidate to 3G technology success.

Supported by 3GPP, LTE claims to cover multimedia requirements which actual technology lacks; as interesting Innovative qualities LTE propose high speed data transmissions.



## INTRODUCCIÓN

La evolución de las telecomunicaciones busca facilitar a los operadores los medios para brindar al usuario un servicio acorde al mercado actual, un servicio adaptado a las necesidades tecnológicas contemporáneas.

LTE es una tecnología 4G que tiene como características especiales que lo diferencian de otras tecnologías como las 3G, velocidades de 100 Mbps de bajada, y 50 Mbps de subida, su capacidad de interconexión con tecnologías orientadas a IP ej. Wifi, Wimax, transmisión de paquetes de gran tamaño, multimedia en tiempo real (juegos en tiempo real), video streaming en tiempo real (TV móvil), VOIP entre otros. Un elemento clave que juega un rol importante en esta evolución tecnológica es la "calidad de servicio". Su término técnico es QoS (Quality of service).

Este escrito explica la arquitectura de QoS y su funcionamiento. Este artículo está organizado de la siguiente manera. La primera parte introduce el concepto de *bearer* y su función en la calidad de servicio, a continuación se explica sobre los parámetros de QoS y sus mecanismos, posteriormente su funcionamiento en relación a la asignación de recursos, trabajos actuales y trabajos futuros.

## EL TRANSPORTADOR (*bearer*)

El *transportador* o *bearer* como es llamado en inglés, es el flujo de paquetes que son enviados entre el gateway PDN-GW (para downlink) y el usuario final UE o terminal (para uplink) y viceversa. El flujo de datos que existe entre una aplicación cualquiera, ubicada en el terminal y un servicio dado, pueden ser agrupados y tratados de manera separada según la característica de la aplicación. Esta categorización es efectuada con el fin de entregar al usuario los recursos necesarios de manera óptima (ejemplo, el flujo de datos de video conferencia no puede ser tratado de igual manera que un flujo de voz), según sus necesidades. A este flujo de datos se lo conoce como SDF (service data flows). Estos SDF son clasificados por unos filtros de paquete (packet filters) ubicados en la terminal y en el gateway (Figura 1). Para clasificar los SDF en la red, según el usuario que los envía, se utiliza una dirección IP en la terminal, la misma que será utilizada como dato de referencia.[1]

Los SDF que son enviados por un mismo *bearer* son tratados con las mismas características de calidad de servicio, por ejemplo, políticas de ordenamiento

QCI	Tipo de recurso	Prioridad	Retardo del paquete	Tasa de pérdida de paquetes	Ejemplo de servicios	
1	GBR	2	100 ms	$10^{-2}$	Voz Conversacional	
2		4	150 ms	$10^{-3}$	Video Conversacional	
3		3	50 ms	$10^{-3}$	Juegos en tiempo real	
4		5	300 ms	$10^{-6}$	Video no conversacional (buffered streaming)	
5	Non-GBR	1	100 ms	$10^{-6}$	Señalización IMS	
6		6	300 ms	$10^{-6}$	Video (Buffered streaming) TCP (chat, email, ftp, p2p, video progresivo)	
7		7	100 ms	$10^{-3}$	Voz Video (Live streaming) Juego interactivo	
8		8	9	300 ms	$10^{-6}$	Video (Buffered streaming) TCP (chat, email, ftp, p2p, video progresivo)
9						

Tabla 1. Características estándar de QCI para LTE.

(scheduling), políticas de fila de espera, políticas de tarifa, etc. Para un tratamiento diferente de SDFs es necesario utilizar varios *bearers*.

A cada *bearer* es asignado un valor escalar llamado QCI (QoS Class Identifier) el cual especifica la clase a la que dicho *bearer* corresponde (Tabla 1).



Existen *bearers* de tipo “default bearer” y “dedicated bearer” (Figura 1).

### GBR y Non-GBR

En LTE existen dos tipos de bearer, GBR (guaranteed bit rate) y Non-GBR (Non-guaranteed bit rate). Un bearer de tipo GBR garantiza una tarifa de transmisión dedicada, la misma que será siempre asignada de manera permanente desde que un bearer se crea o modifica hasta que este se elimina. Con esta característica LTE pretende evitar la pérdida de paquetes que ocurre debido a la congestión (desbordamiento de buffers), priorizando así la negación de un servicio sobre la ruptura del servicio.

Por otra parte un bearer de tipo non-GBR puede experimentar pérdida de paquetes. A la inicialización de la comunicación el bearer creado por omisión siempre será de tipo Non-GBR. Como ejemplo claro sobre la utilidad de *bearers* de tipo GBR y non-GBR, se puede mencionar a un bearer de tipo GBR para la transmisión de datos P2P, donde no puede existir pérdida alguna, pero por otra parte para una transmisión de video streaming (no en tiempo real) donde la pérdida de paquetes es tolerable y la utilización de un bearer de tipo Non-GBR optimizaría recursos.

Para el ruteo correcto de paquetes por los *bearers* existentes, LTE utiliza los filtros de paquete (Packet Filters) antes mencionados, tanto en el terminal como en el gateway, estos filtros clasifican los paquetes conjuntamente con funciones PCRF (Policy and Charging Rule Function) [1].

LTE ha creado un estándar de características QCI (QoS Class Identifier), las cuales son utilizadas como referencia para los fabricantes de dispositivos y para desarrollo de aportes tecnológicos relacionados al scheduling (Tabla 1).

A más de estas características QCI, LTE presenta otros atributos de QoS los cuales están ligados al bearer:

ARP (Allocation and Retention Priority): utilizado para el tratamiento del control del bearer, específicamente control referente la creación o retención de un bearer [1].

GBR: Representa la tarifa de tráfico mínima reservada y garantizada para la transmisión de paquetes. Este atributo existe solo en *bearers* de tipo GBR.

MBR (Maximum bit rate) Es la tarifa máxima de tráfico utilizada para limitar al bearer (un bearer no puede exceder esta tarifa). Este parámetro es utilizado solamente en *bearers* de tipo GBR.

AMBR (Aggregate MBR): es la cantidad total de tarifa de bits destinada a un grupo de *bearers* de tipo non GRB. Este atributo será utilizado por los operadores para clasificar al usuario según sus abonamientos comerciales, y características de servicio contratado.

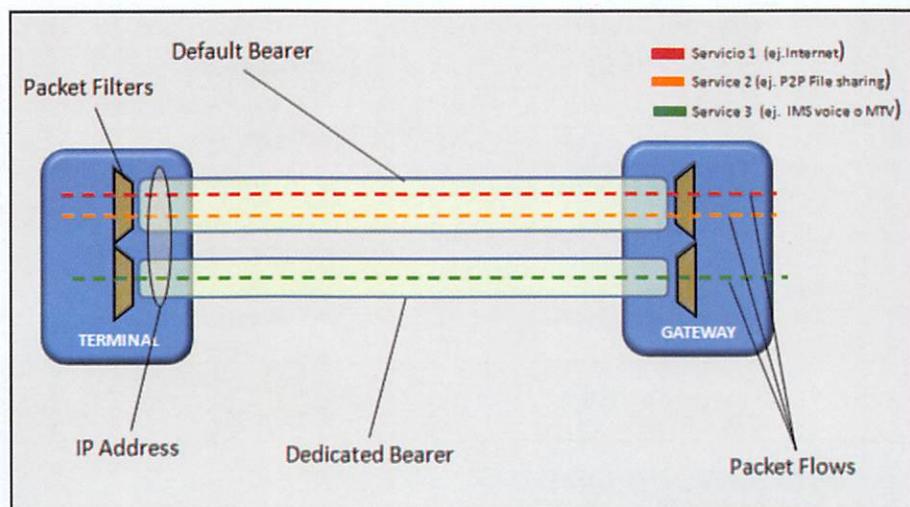


Figura 1. Funcionamiento del Bearer



## Mecanismos de QoS

Existen dos mecanismos para el control de la calidad de servicio en LTE.

**Procedimientos de señalización de control** - donde el "Controlador de Políticas" (Police Controller) es quien decide la manera de tratamiento del flujo de paquetes que correspondientes a cada usuario según los parámetros de QoS. [1]

Es esta interface llamada Controlador de políticas quien posee un grupo de reglas en el gateway, estas reglas son usadas para lanzar la orden de creación de un nuevo bearer o la modificación de un bearer ya creado.

**Funciones de usuario** - Son funciones que pueden ser asignadas a diferentes nodos y clasificadas en funciones que operan en relación al flujo de paquetes, en relación a un bearer o grupo de bearers [2]. Estas funciones tienen como objetivo realizar el trabajo de clasificación y ruteo de paquetes mediante los diferentes bearers hacia los distintos usuarios.

## Scheduling y asignación de recursos.

El objetivo de LTE no se limita simplemente a una arquitectura de calidad de servicio innovadora, esta debe ser complementada por una asignación de recursos justa, y una planificación de tareas óptima (scheduling).

En LTE el scheduling es realizado en la estación base llamada *e-node B*. Esta tarea realiza una interface la cual es responsable de la asignación dinámica de recursos entre los bearers tanto en uplink como en downlink. El objetivo es mantener un nivel de calidad de servicio alto y eficiente, administrando los recursos de red óptimamente entre los usuarios.

Para esto es necesario la utilización de algoritmos de ordenamiento. Estos algoritmos tomarán como parámetros los atributos de QoS recientemente mencionados en este artículo (Tabla 1), junto con otros parámetros externos al bearer, como son: las condiciones de radio, el estado de los diferentes bearers, entre otros (Figura 2). Tomando en cuenta todos estos parámetros, los algoritmos de ordenamiento deben tomar la decisión de asignación de recursos justa y óptima, según las necesidades de los usuarios. Estas necesidades serán diferentes en muchos de los casos, es ahí donde entra en juego el concepto de justicia (fairness).

Por ejemplo, teniendo en una célula varios usuarios que necesitan transferir datos en un protocolo P2P, otros que usan aplicaciones de juegos en tiempo real, otros que usan el servicio de video conferencia y algunos que solo necesitan voz conversacional. Tomando en cuenta estos parámetros, para realizar la distribución de recursos, se puede plantear preguntas como: En qué orden de prioridad se deben clasificar a los usuarios?

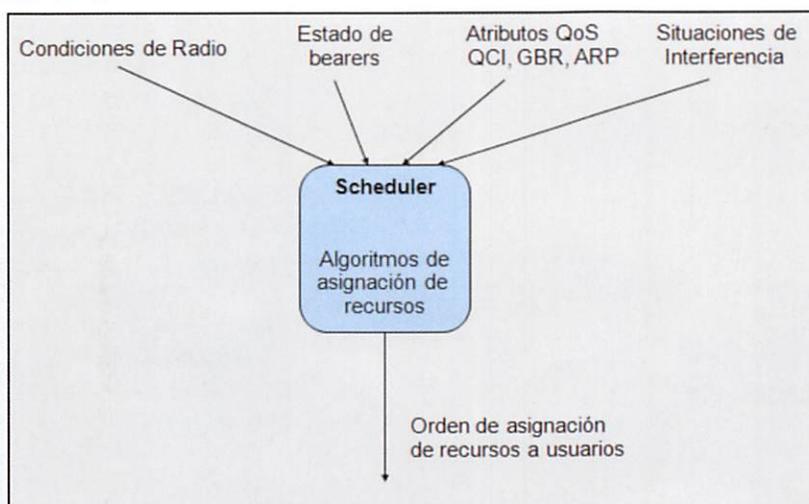


Figura 2. Scheduler y sus parámetros

A que usuarios se deben asignar más recursos? Que tarea es la más importante?. El scheduling aun no está estandarizado en LTE y es un tema de investigación que se está realizando en este momento en diferentes centros investigativos alrededor



del mundo, por ende aun hay mucho que hacer referente a esto.

Existen algoritmos de asignación de recursos que han sido utilizados en tecnologías anteriores a LTE como UTMS, GSM etc.

Algoritmos como Proportional fairness (PS) [2], maximum sum rate (MSR) [2], maximum fairness [2], round Robin [3] entre otros, han sido evaluados en relación a su funcionamiento en tecnología LTE. La mayor parte de estos algoritmos no soportan requerimientos de multimedia por lo que no son aptos para ser utilizados dentro de LTE.

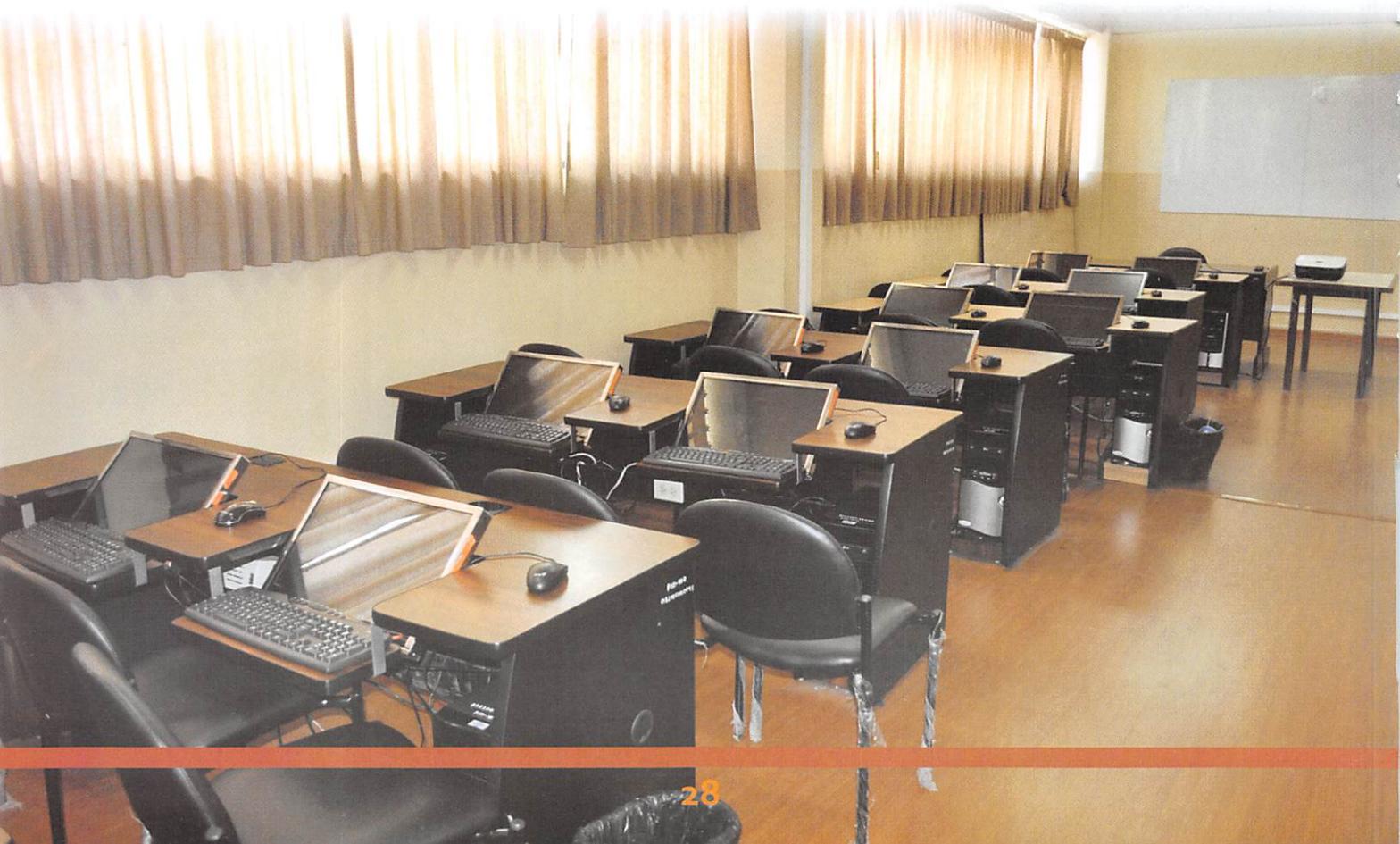
Variaciones de estos algoritmos han sido propuestas con respecto a downlink, Exponential Proportional fairness (EXP/PF) [3]. Hasta hoy, los resultados de las simulaciones no son lo suficientemente buenas como para cubrir las expectativas necesarias por LTE.

## TRABAJOS FUTUROS

Actualmente existen operadores telefónicos que están realizando pruebas LTE en algunos países, aunque la fecha tentativa para el cambio apunta al 2012.

3GPP no ha estandarizado la norma LTE en su totalidad, aun existe mucho trabajo por hacer, especialmente en la parte relacionada al scheduling, funciones de control de admisión, algoritmos de asignación de recursos en tiempo real, control de handovers, etc.

En la actualidad se está desarrollando algoritmos de ordenamiento para uplink y downlink, la innovación científica apunta a la utilización de "Teoría de Juegos" (Nash Bargaining Solutions) para dar justicia en la asignación de recursos, esta es un tema interesante a profundizar en relación al uplink. Todos estos algoritmos deberán obligatoriamente cubrir las necesidades multimedia en tiempo real, y mantener las necesidades no prioritarias en tiempo compartido.



## CONCLUSIONES

Este artículo describe el concepto de calidad de servicio en LTE, su funcionamiento, su desarrollo actual y su desarrollo a futuro. La capacidad de división, clasificación y envío de flujo de paquetes (bearer), en relación a su importancia y necesidad de servicio, hacen de LTE una tecnología prometedora, la cual garantiza un servicio de alta calidad.

Tomando en cuenta la tendencia del uso creciente de multimedia en las telecomunicaciones telefónicas (TV Móvil, video conferencia, Juegos online, etc.), LTE incorpora tecnología orientada a la IP, que se adapten a las necesidades multimedia antes mencionadas. El uso de los bearers, facilita el control de la calidad de servicio, facilita la optimización de recursos, y entrega los parámetros necesarios para realizar los algoritmos de asignación de recursos.

Partiendo del trabajo ya realizado referente a la asignación de recursos y scheduling, existe aún suficiente campo para explotar. Los algoritmos actuales propuestos no proporcionan el performance deseado para alcanzar la calidad de servicio anhelada.

## REFERENCIAS

- [1] Hannes Ekstrom (2009). QoS control in the 3GPP Evolved Packet System. Hannes Ekstrom, Ericsson. *IEEE Communications Magazine*, 76-83
- [2] Minjie Xue, Kumbesan Sandrasegaran, Cheng-Chung Lin (2009). *Performance Analysis of two packet scheduling Algorithms in Downlink 3GPP LTE System*. IEEE Conference.
- [3] R. Basukala, Mohd Ramli, K. Sandrasegaran (2009). *Performance Analysis of EXP/PF and M-LWDF in Downlink 3GPP LTE Systems*. IEEE Conference.
- [4] 3GPP Protocol specification (2010). *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA), Resource Control (RRC)*; 3GPP TS 36.331 Protocol specification.
- [5] 3GPP Protocol specification (2010). *Vocabulary for 3GPP Specifications*. 3GPP TR 21.905 Protocol specification
- [6] 3GPP Protocol specification (2010). *End-to-end Quality of Service (QoS) signalling flows*. 3GPP TS 29.208. Protocol specification.
- [7] Klaus Ingemann Pedersen, Troels Emil Kolding, Frank Frederiksen, Daniela Lasselva (2009). *An Overview of Downlink Radio Resource Management for UTRAN Long-Term Evolution*. *IEEE Communications Magazine* 86 – 93



### BIOGRAFÍA

Mauricio Iturralde obtuvo su grado como Ingeniero en Sistemas Computacionales de la Universidad Técnica de Ambato (Ambato, Ecuador) en 2007. Posteriormente en el 2009, obtuvo el grado de máster en Seguridad de Sistemas Informáticos en la Universidad de Paris XII, Val de Marne (Paris, Francia). En la actualidad realiza su investigación de Ph.D en los laboratorios IRIT (Toulouse, Francia). Su investigación presente, está centrada en la calidad de servicio en LTE. Sus intereses de investigación tecnológica están orientados a la seguridad Informática, seguridad de redes y a la calidad de servicio en el campo de las telecomunicaciones.

