

Услуги в сетях LTE

В сетях LTE (4G) доставку услуг осуществляют по сквозным каналам (bearer) с необходимыми качественными характеристиками QoS. Важнейшими параметрами QoS являются:

- классы трафика,
- приоритеты,
- надежность,
- задержки,
- скорости передачи.

До 2016г. в зависимости от требований QoS все виды предоставляемых услуг были поделены на 9 классов и каждому классу присвоен идентификатор QCI (QoS Class Identifier). В свою очередь организуемые для передачи трафика сквозные каналы поделены на 2 группы в зависимости от типа выделяемого ресурса:

- с гарантированной скоростью передачи GBR (Guaranteed Bit Rate),
- с негарантированной скоростью передачи Non-GBR.

В 2016г.в релиз 14 спецификаций LTE добавлены услуги, ориентированные на реализацию приоритетной передачи информации MCPTT (Mission-critical push-to-talk) и связи из автомобиля V2X (Vehicle to Everything) с другими автомобилями, пешеходами, объектами дорожной структуры и т.п.

Введение услуг MCPTT и V2X привело к увеличению числа классов услуг. К традиционным для сетей LTE 9 классам трафика (1 – 9) добавлены классы с двойной нумерацией и дробными приоритетами (таблица 7.1). Среди услуг с гарантированной скоростью (GBR) наивысший приоритет (0,7) присвоен связи MCPTT, ориентированной на использование в сетях общественной безопасности. Сигнализация MCPTT также получила наивысший приоритет среди услуг с негарантированной скоростью (Non-GBR).

Передача с гарантированной скоростью требует от eNB управления в динамическом режиме. Услуги классов QCI 1,2, 3, 7, 65, 66, 75 – это услуги, реализуемые в реальном времени. Для них основным ограничивающим фактором является допустимая задержка в доставке пакетов. В табл.7.1 приведена усредненная величина задержки между точкой доступа¹ в шлюзе P-GW и UE. При этом возможно увеличение задержки до 50 мс при роуминге, например, между Америкой и Европой.

Надежность передачи оценивают по относительной величине неприятых пакетов PERL (Packet Error Loss Rate). Обеспечение величины $PERL \leq 10^{-6}$ возможно при доставке пакетов по протоколу TCP/IP. Отметим,

¹ Это задержка между PCEF и UE. Программное обеспечение, выполняющее функции поддержки, тарификации и учета услуг (PCEF – Policy and Charging Enforcement Function) обычно находится в шлюзе с точкой доступа к внешним IP-сетям.

что наивысшим приоритетом обладает связь в системах общественной безопасности и сигнальный трафик. По умолчанию доставка TCP/IP трафика (чтение файлов из Интернета, E-mail, видео) непривилегированным пользователям идет по классу 9.

Таблица 7.1

QCI	Тип ресурса	Приоритет	Задержка (мс)	PERL	Примеры услуг
1	GBR	2	100	10^{-2}	Телефония в реальном времени
2		4	150	10^{-3}	Видеотелефония, видео в реальном времени
3		3	50	10^{-3}	Игры в реальном времени
4		5	300	10^{-6}	Видео с буферизацией
65		0,7	75	10^{-2}	Приоритетная связь в сетях общественной безопасности (MCPTT)
66		2	100	10^{-2}	Неприоритетная связь в профессиональной мобильной связи
75		2,5	50	10^{-2}	Сообщения V2X
5	Non-GBR	1	100	10^{-6}	Сигнализация (IMS)
6		6	300	10^{-6}	Видео с буферизацией, TCP/IP услуги для приоритетных пользователей
7		7	100	10^{-3}	Аудио, видео в реальном времени, интерактивные игры
8		8	300	10^{-6}	Видео с буферизацией, TCP/IP услуги
9					
69		0,5	60	10^{-6}	Сигнализация MCPTT
70		5,5	200	10^{-6}	MCPTT данные
79		6,5	50	10^{-2}	Сообщения V2X

Для передачи сервисного потока данных конкретной услуги организуют сквозной канал (bearer) соответствующего класса QCI. Для реализации требований таблицы 7.1 специфицированы следующие QoS сквозных каналов:

- класс услуги (QCI),
- гарантированная скорость передачи данных в канале с гарантированной скоростью (GBR),
- максимальная скорость передачи данных в канале с негарантированной скоростью (MBR – Maximum Bit Rate),
- TFT (Traffic Flow Template). TFT определяет структуру пакетных фильтров сквозного канала. Это могут быть фильтры, связанные с протоколом доставки информации, например, HTTP или FTP;

- приоритет в назначении и сохранении канала (ARP – Allocation and Retention Priority). Этот параметр устанавливает приоритет в организации каналов и изменении скоростей передачи в условиях ограничения канального ресурса. В первую очередь это относится к сквозным каналам с гарантированной скоростью. При резкой нехватке канального ресурса (например, при хэндовере) возможен обрыв передачи по каналу с низким ARP;

- суммарная максимальная скорость передачи для UE по каналам с негарантированной скоростью через точку доступа (APN-AMBR – per APN Aggregate Maximum Bit Rate). Этот параметр записан в HSS, его контролирует PDN-GW при передаче вниз и UE при передаче вверх. На передачу по каналам с гарантированной скоростью APN-AMBR не влияет.

В 2018г. в США и Канаде начато развёртывание новой системы общественной безопасности на основе стандарта LTE. Речь идёт о сети FirstNet (First Responders Network) для сотрудников “оперативного реагирования” (first responders) – полицейских, пожарных, работников скорой помощи, соединения с которыми имеют высший приоритет и не могут быть прерваны. Сеть FirstNet обеспечивает услуги МСРТТ, телефонию, видео, передачу данных и текстов, услуги мобильного вещания и позиционирования. Её развёртывают в диапазоне 14 LTE (700 МГц), причём абонентские терминалы могут иметь двойное подключение, поддерживая вместе с каналом FirstNet в диапазоне 14 канал коммерческой сети LTE в другом диапазоне.

Особое внимание в сети FirstNet уделяется надёжности связи. Сеть должна быть доступна с вероятностью 99,99%. На восстановление обрывов связи отводится не более 2 часов. Надёжной должна быть и абонентская аппаратура, способная переносить удары, вибрацию, работать в интервале температур -40...+85°C. Первые выпущенные для работы в сети FirstNet станции относятся к категориям 4 и 1 аппаратуры LTE и обеспечивают передачу данных вниз до скоростей 150 и 10 Мбит/с соответственно.

Динамическим выделением канального ресурса управляет планировщик (scheduler) в eNB. В алгоритме работы планировщика учитывают :

- состояние радиоканалов с конкретными UE,
- атрибуты сквозных каналов,
- характеристики передач по сквозным каналам, включая состояние буферов UE при передаче вверх,
- помеховые ситуации в соседних сотах и возможности межсотовых хэндоверов с целью улучшения условий работы UE, находящихся вблизи границ сот.

Работа планировщика также связана с программами управления доступа к сети и управления ситуациями перегрузки на радиоинтерфейсе.

Отдельно стоит вопрос передачи телефонного трафика в сетях LTE. Поскольку стандарт LTE разработан для передачи пакетного трафика, он не может напрямую поддерживать услугу телефонии с коммутацией каналов. Однако именно голосовой трафик приносит операторам мобильной связи наибольший доход. Поэтому сейчас работают несколько технологий передачи телефонии по сетям LTE.

Большинство ведущих операторов мобильной связи внедряют услугу VoLTE (Voice over LTE), где под управлением системы IMS возможна передача не только речевого сигнала с разной шириной полосы, но и музыки. Для этого в LTE разработан новый Enhanced Voice Services (EVS) кодек со скоростями передачи данных в радиоканале 5,9; 7,2; 8; 9,6; 13,2; 16,4; 24,4 кбит/с в узкополосном варианте и 5,9; 7,2; 8; 9,6; 13,2; 16,4; 24,4; 32, 48, 64, 96, 128 кбит/с в широкополосном варианте. По данным GSA (Global mobile Suppliers Association) на май 2020г технологию VoLTE внедрили в 212 коммерческих сетях LTE в 100 странах.

Возможно также при запросе абонентом услуг телефонии использование технологии CS Fallback, то-есть, переключение абонентов на время сеанса телефонии на сети UMTS или GSM.

Характеристики *услуг стандарта NR* приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 –Классификация услуг и их характеристики в сетях NR

5QI	Тип	Приоритет	Доп. задержка, мс	Доп. потери блоков	Макс. длина пакета, байт	Услуги
B	GBR, критичные к задержкам	11	5	10^{-5}	160	Дистанционное управление
C		12	10	10^{-6}	320	Интеллектуальные транспортные системы
D		13	20	10^{-5}	640	
1	GBR	20	100	10^{-2}	–	Телефония в реальном времени
2		40	150	10^{-3}	–	Видеотелефония
3		30	50	10^{-3}	–	Игры в реальном времени, сообщения V2X, управление электросетями, мониторинг
4		50	300	10^{-6}	–	Видео с буферизацией
65		7	75	10^{-2}	–	Приоритетная связь в сетях общественной безопасности (MCPTT)

66		20	100	10^{-2}	–	Неприоритетная связь в профессиональной мобильной связи
75		25	50	10^{-2}	–	Сообщения V2X
E		18	10	10^{-4}	255	Автоматизация управления
F		19	10	10^{-4}	1358	Автоматизация процессов
5	Non-GBR	10	100	10^{-6}		Сигнализация (IMS)
6		60	300	10^{-6}		Видео с буферизацией, TCP/IP услуги для приоритетных пользователей
7		70	100	10^{-3}		Аудио, видео в реальном времени, интерактивные игры
8		80	300	10^{-6}		Видео с буферизацией, TCP/IP услуги
9		90				
69		5	60	10^{-6}		Сигнализация MCPTT
70		55	200	10^{-6}		MCPTT данные
79		65	50	10^{-2}		Сообщения V2X
G		66	10	10^{-6}		Мобильное вещание в 5G с малой задержкой

В сетях NR сохранены классы услуг, специфицированные в LTE. В таблице 7.2 их индикаторы 5QI (5G Quality of Service Indicator) обозначены цифрами, совпадающими с индикаторами услуг QCI в сетях LTE (таблица 7.1). Введённые в NR новые услуги в дополнение к услугам сетей LTE индицированы в 5QI таблицы 7.2 буквами: В...G. Эти услуги отличаются прежде всего минимальными в сравнении с другими услугами задержками, высоким приоритетом с ограничением длин передаваемых сообщений для услуг с гарантированной скоростью передачи (GBR – Guaranteed Bit Rate). Определён новый класс услуг с гарантированной скоростью, критичных к задержкам (В...D). Несомненно, эти услуги предназначены для сетей Интернета вещей. Наконец, в таблице 7.2 услуг сетей NR изменена размерность приоритетов: в сравнении с таблицей 7.1 она увеличена в 10 раз.