

# **Классификация процедур межуровневой адаптации при передаче медиа потоков в сети LTE**

**Плахов В.В.,  
ФГУП ЦНИИС**

# Принципы межуровневой адаптации CLA (Cross Layer Adaptation) в сети LTE

- Позволяют совместно использовать ресурсы нескольких уровней модели OSI
- Учитывать динамическое изменение типов передаваемого трафика по сети LTE, местоположение пользователей, количество одновременно инициированных сессий в одной соте LTE

# Виды реализации межуровневого подхода к оптимизации ресурсов сети LTE

## Канально-ориентированный

Изменение параметров кодирования и модуляции на базе анализа показателей, получаемых от конечных терминальных устройств пользователей UE, базовой станцией eNodeB сети LTE

## Ориентированный на качество предоставления услуг пользователю

Классификация значения кадров передаваемых данных в медиа потоке и определение приоритетов передачи

## Определяющий выбор наилучшего маршрута

Выделение ресурса скорости передачи данных, на основе проведенной оценки качества медиа потока после восстановления от потерь пакетов и других искажений, вносимых в процессе обработки и передачи по сети LTE

# Процедуры CLA

## Адаптивная модуляция и кодирование Adaptive Modulation and Coding (AMC) (1)

- Относится к канально-ориентированному виду
- Использует механизмы защиты от ошибок, такие как гибридный автоматический запрос повторной передачи H-ARQ, а также механизмы выбора схем модуляции и кодирования MCS, для улучшения показателей функционирования беспроводного канала связи сети LTE
- Использует статическое сопоставление метрик качества канала и производительности с каждой из возможных схем MCS, для выбора наилучшего варианта в имеющихся условиях с точки зрения предоставляемой пропускной способности беспроводного канала связи
- При неисправностях канала связи между UE и eNodeB сети LTE или при других аварийных ситуациях эффективность оптимизации ресурсов значительно уменьшается, так как для полноценного функционирования алгоритмов изменения модуляции и кодирования необходима информация о качестве канала, которая характеризуется индикатором CQI, отправляемым с UE на eNodeB.

# Процедуры SLA

## Адаптивная модуляция и кодирование Adaptive Modulation and Coding (AMC) (2)

Индекс MCS	Пространственные потоки	Тип модуляции	Скорость кодирования
0	1	BPSK	1/2
1	1	QPSK	1/2
2	1	QPSK	3/4
3	1	16-QAM	1/2
4	1	16-QAM	3/4
5	1	64-QAM	2/3
6	1	64-QAM	3/4
7	1	64-QAM	5/6
8	2	BPSK	1/2
9	2	QPSK	1/2
10	2	QPSK	3/4
11	2	16-QAM	1/2
12	2	16-QAM	3/4
...	...	...	...
27	4	16-QAM	1/2
28	4	16-QAM	3/4
29	4	64-QAM	2/3
30	4	64-QAM	3/4
31	4	64-QAM	5/6

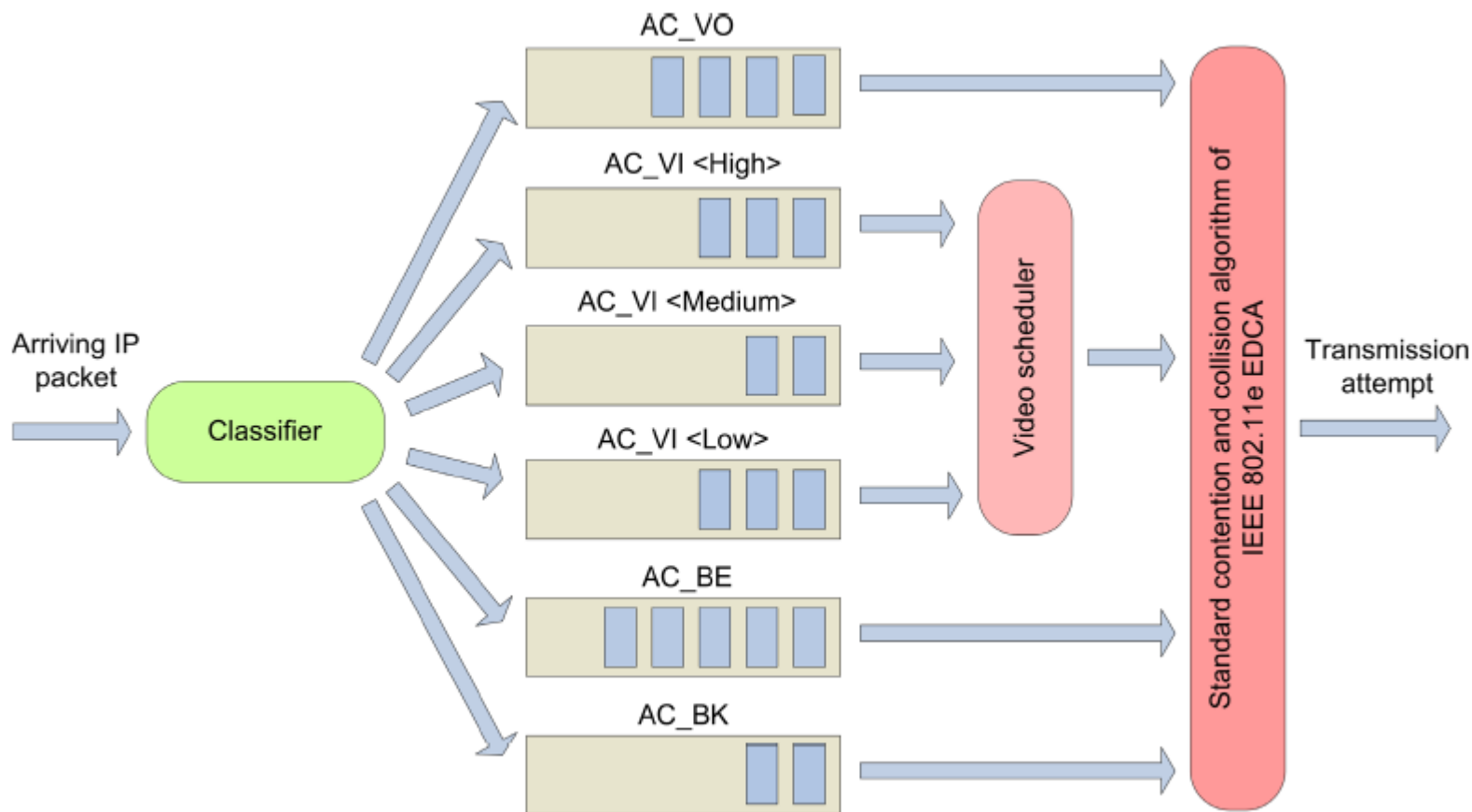
# Процедуры SLA

## Масштабируемое видео кодирование Scalable Video Coding (SVC) (1)

- Базовая схема передачи потокового видео с динамической адаптацией и планированием параметров передачи, основанная на изменении показателей качества передачи данных в канале при одноадресной и групповой передаче видеол потока
- В одном видео потоке передается несколько видео подпотоков с различными показателями качеством восприятия QoE
- Позволяет серверу видеоконференций подстраивать параметры передачи видео потока под изменяющиеся характеристики канала передачи и терминальных устройств пользователей UE

# Процедуры CLA

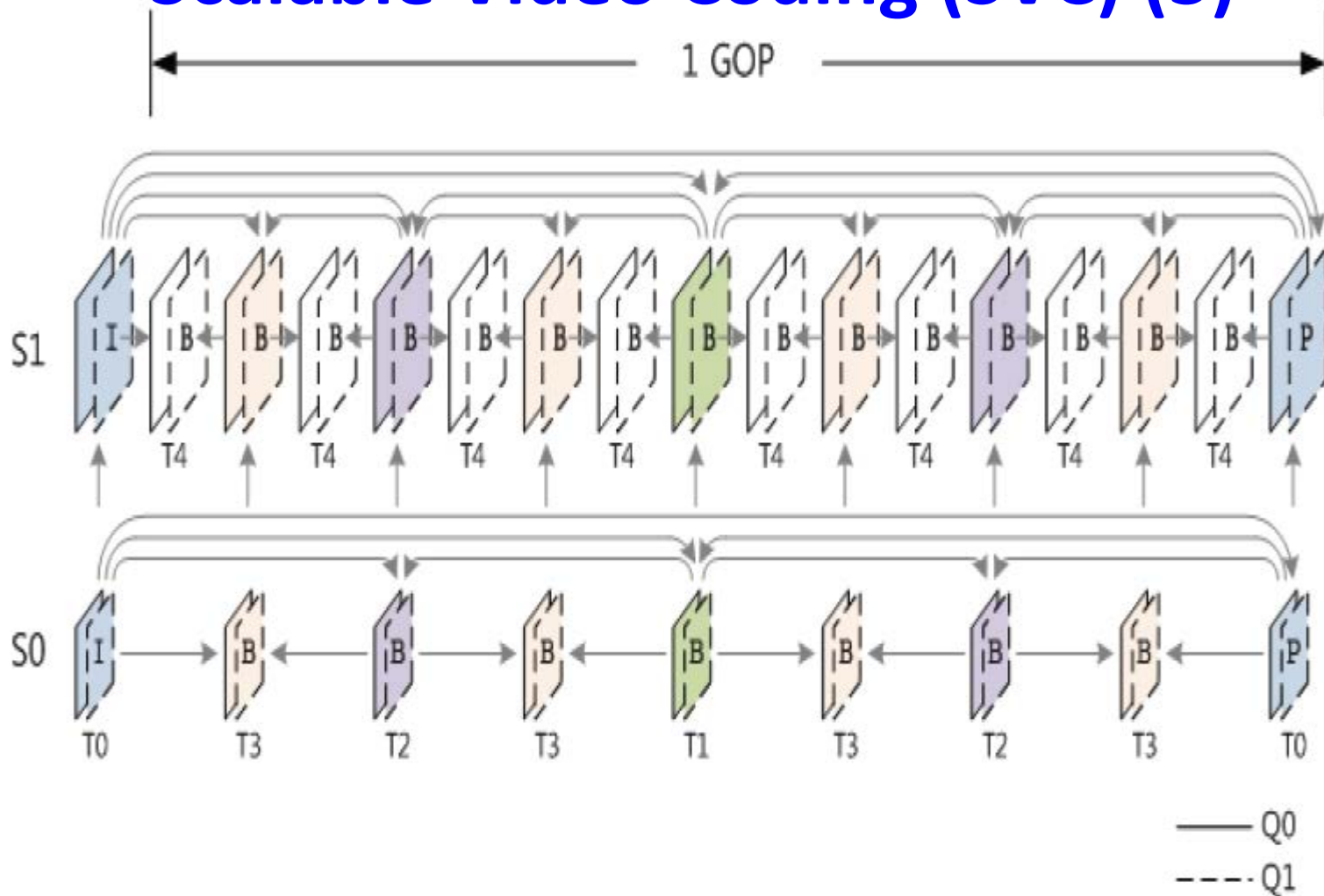
## Масштабируемое видео кодирование Scalable Video Coding (SVC) (2)



Алгоритм передачи медиа потоков с применением процедуры SVC на сетевом уровне модели OSI

# Процедуры SLA

## Масштабируемое видео кодирование Scalable Video Coding (SVC) (3)



Структура фрейма SVC (I/B/P)



## Процедуры CLA

### Адаптивная модуляция и кодирование, управляемая прикладным уровнем

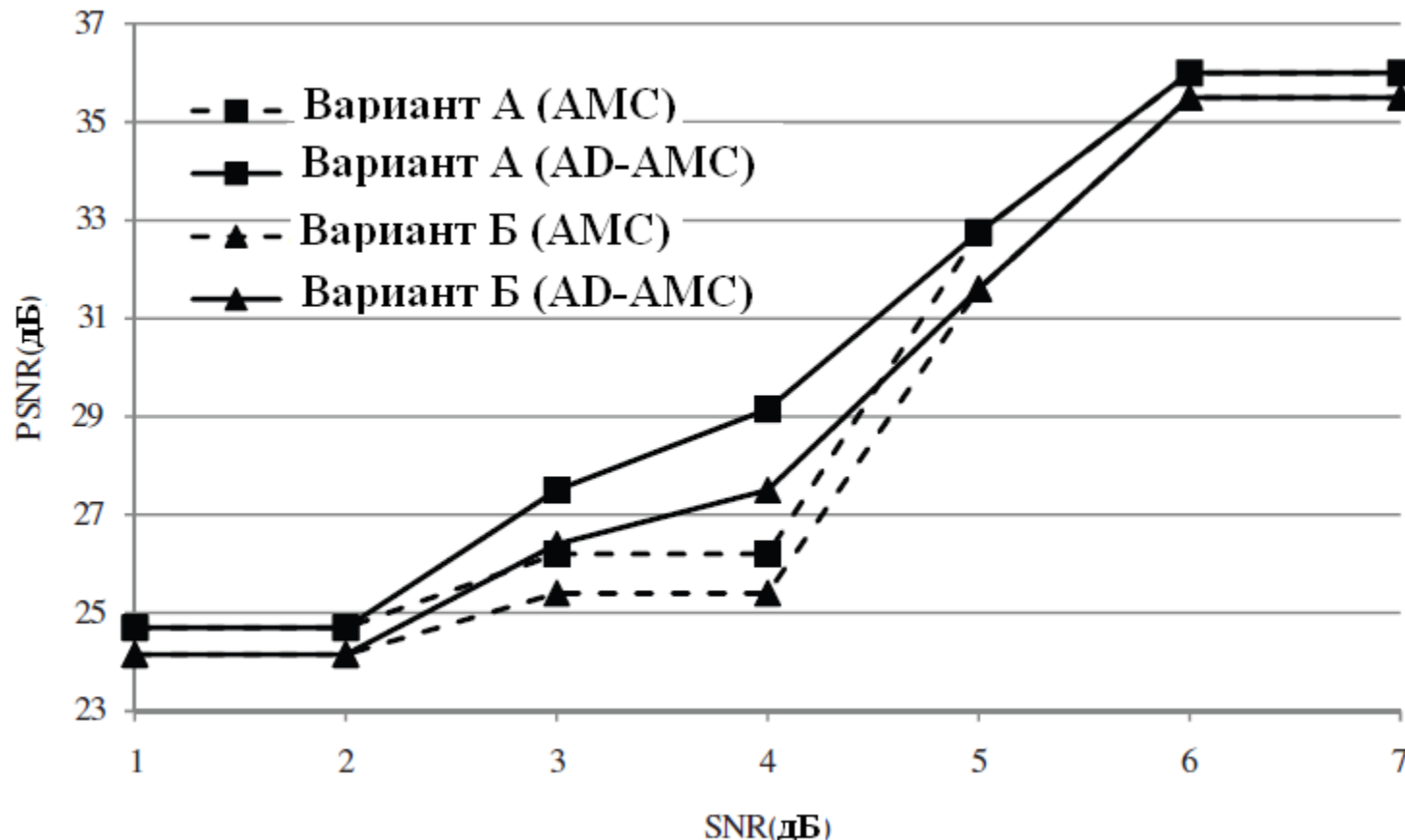
#### Application-driven Adaptive Modulation and Coding (AD-AMC) (1)

- Относится к канално-ориентированному виду
- Является модификацией процедуры AMC, в которой управление ресурсам, схемами кодирования и модуляции обеспечивается прикладным уровнем
- Позволяет выбрать схему MCS, при которой достигается максимальное значение PSNR при заданном значении SNR
- Обеспечивает максимальное, для процедур AMC, качество передачи медиа данных в реальном времени, в виду того, что стандартная процедура AMC не всегда является оптимальной для передачи потокового видео, трафик которого менее чувствителен к потере пакетов

# Процедуры СА

## Адаптивная модуляция и кодирование, управляемая прикладным уровнем

### Application-driven Adaptive Modulation and Coding (AD-AMC) (2)

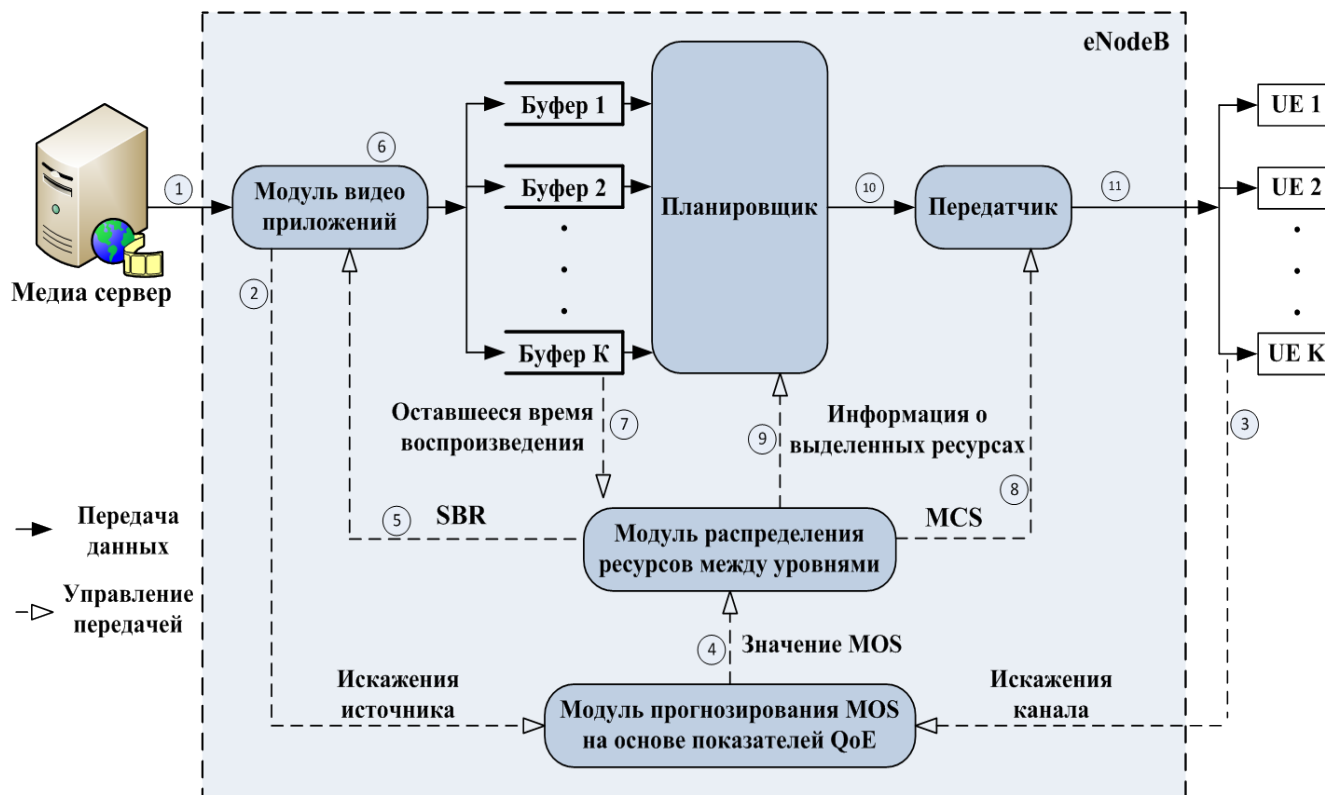


Сравнение значения сигнал-шум и пикового значения сигнал-шум для процедур AMC и AD-AMC

# Процедуры SLA – Прогнозирование MOS на основе показателей QoE (1)

- Относится к виду, ориентированному на качество передаваемых данных пользователю
- Производит анализ искажений, вносимых каналом передачи, и оценку предполагаемого значения средней независимой оценки пользователя для данных условий

# Процедуры SLA – Прогнозирование MOS на основе показателей QoE (2)



1. Медиа сервер отправляет пакеты медиа данных
2. Модуль прогнозирования производит оценку искажений, вносимых каналом
3. Модуль прогнозирования получает информацию о значении CQI
4. Определяется значение MOS, соответствующее данным условиям передачи
5. Модуль распределения ресурсов указывает желаемую скорость передачи источника
6. Модуль видео приложений обрабатывает полученную информацию и выполняет передачу фрагментов, например, видео потока в пользовательский буфер
7. Отправляется информация о продолжительности каждого из фрагментов видео потока
8. Модуль распределения ресурсов, на основе обновленных значений CQI, изменяет схему MCS в реальном времени
9. Модуль распределения ресурсов передает Планировщику информацию о необходимых для данного фрагмента ресурсах
10. Планировщик, в соответствующий интервал времени, передает данные из пользовательского буфера в Передатчик
11. Передатчик производит кодирование и/или изменение значения модуляции передаваемых данных и передает фрагменты пользователям

# Показатели качества обслуживания при передаче медиа данных в сети LTE (1)

**CQI (Channel Quality Indicator)** – индикатор качества канала. Оценивается на основе измерения значения сигнал-шум SNR на стороне UE, может принимать значения от 0 до 15. Значение индикатора равное 0 означает, что UE не получает никаких полезных сигналов или канал вышел из строя

**PMI (Precoding Matrix Indicator)** – индикатор матрицы предварительного кодирования. Определяет, как индивидуальные потоки данных распределены по антеннам сети LTE

**RI (Rank Indicator)** – индикатор класса канала. Указывает на количество задействованных уровней и количество различных потоков сигналов, передаваемых по нисходящему каналу связи (модель распределения антенн SIMO/MISO/MIMO)

**QCI (Quality Class Indicator)** – индикатор класса качества обслуживания. Определяет соответствие параметров передачи определенным классам индикатора качества обслуживания, в зависимости от типа передаваемого трафика

# Показатели качества обслуживания при передаче медиа данных в сети LTE (2)

CQI	Модуляция	Целевая скорость кодирования	Индекс схемы модуляции и кодирования	Полезная нагрузка (подкадры 1,2,3,4,6,7,8,9)	Число двоичных битов канала в подкадре (подкадры 1,2,3,4,6,7,8,9)	Актуальная скорость кодирования
0	Вне диапазона	Вне диапазона	DTX	–	12600	–
1	QPSK	0.0762	0	1384	12600	0.1117
2	QPSK	0.1172	0	1384	12600	0.1117
3	QPSK	0.1885	2	2216	12600	0.1778
4	QPSK	0.3008	4	3624	12600	0.2895
5	QPSK	0.4385	6	5160	12600	0.4114
6	QPSK	0.5879	8	6968	12600	0.5549
7	16QAM	0.3691	11	8760	25200	0.3486
8	16QAM	0.4785	13	11448	25200	0.4552
9	16QAM	0.6016	16	15264	25200	0.6067
10	64QAM	0.4551	18	16416	37800	0.4349
11	64QAM	0.5537	21	21384	37800	0.5663
12	64QAM	0.6504	23	25456	37800	0.6741
13	64QAM	0.7539	25	28336	37800	0.7503
14	64QAM	0.8525	27	31704	37800	0.8394
15	64QAM	0.9258	28	31704	37800	0.8394

# Показатели качества обслуживания при передаче медиа данных в сети LTE (3)

QCI	Тип потока	Приоритет	Задержка пакета, мс	Потери пакетов	Примеры
1	GBR	2	100	$10^{-2}$	Разговорная речь
2		4	150	$10^{-3}$	Видео вызов
3		3	50	$10^{-3}$	Игры в реальном времени
4		5	300	$10^{-6}$	Видео с буферизацией
5	Non-GBR	1	100	$10^{-6}$	Сигнализация IMS
6		6	300	$10^{-6}$	Видео (потокное или с буферизацией); Услуги на основе TCP (электронная почта, чат, ftp хранилище и др.).
7		7	100	$10^{-3}$	Передача голоса, видео (вживую); Интерактивные игры.
8		8	300	$10^{-6}$	Видео (потокное или с буферизацией); Услуги на основе TCP (электронная почта, чат, ftp хранилище и др.).
9		9			

# Влияние межуровневой адаптации при передаче медиа потоков в сети LTE на показатели качества обслуживания

- Использование процедуры AMC, в особенности модификации AD-AMC, позволяет достичь оптимального значения индикатора CQI для передачи медиа данных с определенным качеством. Таким образом данная процедура через оптимизацию показателя SNR влияет на показатели качества обслуживания, которые в свою очередь позволяют улучшить показатели экспертных оценок пользователей сети
- Использование процедуры SVC оказывает влияние на показатели качества обслуживания и представления. Передача в одном видео потоке нескольких подпотоков с различным качеством, в случае применения данной процедуры, позволяет передавать аналогичный объем видео данных с меньшей требуемой полосой пропускания
- Процедура, основанная на предсказании значения MOS, позволяет оптимизировать параметры кодирования и модуляции для достижения желаемой величины данной оценки



# Проблемы и особенности при использовании межуровневой адаптации

- Механизмы, реализованные в межуровневом подходе к оптимизации ресурсов сети LTE, позволяют обеспечить эффективное использование имеющейся инфраструктуры сетей на этапе активной эксплуатации сети
- Для эффективной оптимизации ресурсов при использовании процедур межуровневой адаптации класса AMC, необходимо стабильное соединение между UE и eNodeB для обмена служебной информацией и значениями индикатора качества канала CQI
- Процедуры, предсказывающие значение качества обслуживания, требуют наличия пользовательских буферов определенной величины для произведения оценки и сравнения фрагментов медиа потока в реальном времени
- Использование процедур, предсказывающих значение качества обслуживания, требует от операторов связи наличия специальных аппаратных устройств (модулей), размещаемых на узлах сети LTE, для проведения необходимого анализа и прогнозирования в реальном времени
- Организация видеоконференция при использовании процедуры SVC позволяет обеспечить высокое качество видеоизображения на все устройствах, так как терминальные возможности одного из участника видеоконференции не влияют на качество предоставляемого видеоизображения другим участникам видеоконференции.