

## Симуляционно изследване влиянието броя на потребителите върху разпространението на мултимедийна информация при версия 8 на стандарт LTE

Григор Михайлов, Теодор Илиев

*Simulation estimation on the impact of the number of users on the broadcast of multimedia information in LTE Release 8: LTE represents a radical new step forward for the wireless industry, targeting order-of-magnitude increases in bit rates with respect to its predecessors by means of wider bandwidths and improved spectral efficiency. Beyond the improvement in bit rates, LTE aims to provide a highly efficient, low-latency, packet-optimized radio access technology offering enhanced spectrum flexibility.*

**Key words:** LTE, PHY Layer, video transmission, jitter.

### ВЪВЕДЕНИЕ

LTE, което идва от 3GPP Long Term Evolution, е една от важните стъпки в мобилните радио комуникации, проектирана да осигури конкурентоспособност за дълъг период от време, т.е. за повече от десет години. Увеличаващата се употреба на мобилен пренос на информация и възникването на нови приложения, като мултимедийните онлайн игри (MMOG), телевизията за мобилни устройства и поточното видео, са главната причина за разработката на този стандарт. Основната цел на LTE е да подобри и предложи повече услуги от стандарта UMTS, като по този начин потребителите ще срещнат едно ново мултимедийно изживяване, предоставено от следващото поколение широколентова мобилна мрежа. [3]

### ХАРАКТЕРИСТИКИ НА LTE СТАНДАРТА

LTE стандарта е IP базиран и използва въздушен интерфейс EUTRAN, който се характеризира с опростена архитектура и е оптимизиран за услуги като високоскоростен интернет, гласови услуги, високоскоростни интерактивни приложения, изискващи пренос на големи количества от данни и интерактивна IPTV. Основни характеристики на LTE стандарта и интерфейс EUTRAN са:

- Пикови скорости за низходящ канал от 299.6 Mbps и за възходящ канал от 75.4 Mbps (5 категория устройство, 4x4 MIMO антени и 20 MHz честота), които варират в зависимост от категорията на потребителското устройство (5 вида категории - от гласово ориентирани до ориентирани към високоскоростен пренос на данни) и броя на MIMO антените (2x2 или 4x4);
- Ниска латентност на мрежата - под 5 ms при оптимални условия и малки IP пакети - което води до съществено намаляване на латентността при изграждане на връзка;
- Поддържане на връзка при висока скорост на терминала (между 350 и 500 км/ч в зависимост от използваната честота);
- Увеличена гъвкавост в поддържания честотен спектър - 1.4MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz и 20MHz, като всички потребителски устройства трябва да поддържат честота 20MHz.
- Поддържане на клетки с радиус от няколко десетки метра до 100 км; Оптималният радиус на клетка е 5 км, като клетки с радиус до 30 км имат добро представяне, а клетки с радиус до 100 км - приемливо; за гъстонаселени градски райони се препоръчват високи честоти от 2.6GHz с радиус на клетката от 1 км;
- 5 MHz клетка може да поддържа поне 200 активни клиенти за пренос на данни;
- Поддържа възможност за съвместна работа със съществуващи

станданти GSM/EDGE/UMTS - като се позволява прозрачно за потребителя прехвърляне на връзката към по-стари генерации стандарти

### ФИЗИЧЕСКИ СЛОЙ

За правия канал на физическия слой при LTE са определени три различни типа физически канали. Общото при тях е, че и трите носят информация от по-горните слоеве. Това контрастира с физическите сигнали, които се използват само и единствено във физическия слой.[4]

Физическите канали в правия канал са:

- Споделен канал (PDSCH)
- Канал за контрол (PDCCH)
- Общ канал за контрол (CCPCH)

Физическите канали се формират на специфични транспортни канали. Транспортните канали са обслужващи точки за достъп за по-горните слоеве. Всеки физически канал има алгоритми за:

- Кодиране на битовете
- Модулиране
- Формиране на слоя
- Предварително кодиране на несходство от циклично забавяне

Формирането на слоя и предварителното кодиране са свързани с MIMO приложенията. По принцип, слой се отнася към пространствено мултиплексиран канал. Системите за множествен вход – множествен изход се дефинират като Nпредавателя x Nприемника. При LTE допустимите конфигурации са 1x1; 2x2; 3x2 и 4x2. Броят на предавателните антени може да бъде до 4, докато броят на приемните антени е ограничен до 2. По този начин може да има максимум два пространствено мултиплексирани информационни потока.

За 1x1 или 2x2 системите, е налично отношение 1:1 между слоевете и предавателните антени. При 3x2 и 4x2 системите обаче са два пространствено мултиплексирани потока. Поради тази причина, съществува излишък при единия или двата информационни потока. Формирането на слоя определя точно по какъв начин се използват допълнителните предавателни антени.

В комбинация с пространственото мултиплексиране се използва и предварително кодиране. MIMO използва многопътното разпространение, за да се справи с независимите пространствени мултиплексирани информационни потока. Казано по друг начин, MIMO системите се нуждаят от известна степен многопътно разпространение, за да осигурят надеждно предаване на информацията. В слабо-или незашумени среди, с малко многопътно изкривяване, MIMO системите може да се превърнат в неефективни.

#### Споделен канал

Този канал се използва главно за транспортиране на мултимедийна информация. Поради тази причина, този канал е проектиран за много големи скорости за пренос на информация.

Таблица 1. Формиране на слоевете

Ранк на предаване	Кодови думи	Формиране кодовите думе на слоевете
1	1	$x^{(0)}(i)=d^{(0)}(i)$
2	2	$x^{(0)}(i)=d^{(0)}(i)$ $x^{(1)}(i)=d^{(1)}(i)$
3	2	$d^{(0)}(i)$ се формира на слой 0 $d^{(1)}(i)$ се формира на слой 1 и 2
4	2	$d^{(0)}(i)$ се формира на слой 0 и 1 $d^{(1)}(i)$ се формира на слой 2 и 3

Използваните модуляции са QPSK, 16QAM и 64QAM. При този канал също се използва пространствено мултиплексиране. Всъщност, пространственото мултиплексиране е предназначено именно за този канал. Този вид мултиплексиране не се използва при другите два канала Канал за контрол (PDCCH) и Общ канал за контрол (CCPCH). В таблица 1 е показано формирането на слоя.

#### **Канал за контрол**

Този канал предава информация за контрол на потребителя. Най-важното за този канал е, че той трябва да бъде изключително устойчив и надежден. Единствената налична модулация е QPSK. PDCCH канала се формира върху ресурсните елементи и до първите три OFDM символа от първия отрязък (*slot*) от подкадъра.

#### **Общ канал за контрол**

Този канал пренася информация, обща за цялата клетка. Както при PDCCH, и тук най-важното е устойчивостта и надеждността. Поради тази причина, и тук единствената налична модулация е QPSK. Този канал се разпространява възможно до най-близката централна честота. Информацията за контрол се формира на ресурсните елементи ( $k, l$ ), където  $k$  е OFDM символа в отрязъка, а  $l$  е подносещата. CCPCH символите се формират на ресурсните елементи във възходящ ред, първо  $k$ , след това  $l$ .

### **ФИЗИЧЕСКИ СИГНАЛИ**

Физическите сигнали използват определени ресурсни елементи. За разлика от физическите канали, физическите сигнали не пренасят информация от/до по-горните слоеве. Съществуват два типа физически сигнали: [5]

- Референтни сигнали, използват се за определяне на импулсна реакция на канала (*CIR*);
- Синхронизиращи сигнали, пренасящи информация за синхронизиране на мрежата.

#### **Референтни сигнали (Reference signals)**

Тези сигнали се генерират посредством ортогонална последователност и псевдо-случайна числена (*PRN*) последователност. Като цяло има 510 уникални възможни референтни сигнали. Даден сигнал за справка се назначава към всяка клетка в мрежата и има функцията да бъде специфичен идентификатор на клетката.

Както е показано на горната фигура, сигналите за справка се предават от първия до третия от зад-напред OFDM символ, за всеки отрязък от време. Потребителското устройство трябва да получи точно CIR от всяка предавателна антена. Поради тази причина, когато дадена предавателна антена изпрати сигнал за справка, то останалите предавателни антени в клетката са в режим на изчакване.

Референтните сигнали се изпращат на всяка шеста подносеща. Чрез интерполация CIR определя подносещите, които не са сигнали за справка.

#### **Синхронизиращи сигнали**

Синхронизиращите сигнали, подобно на сигналите за справка, използват същата псевдо-случайна ортогонална последователност. Класифицират се на главни и второстепенни синхронизиращи сигнали, в зависимост от това, как са използвани от потребителското устройство по време на процедурата за търсене на клетка. И двата вида синхронизиращи сигнала се предават на 72 подносещи, позиционирани около централната подносеща, в рамките от нулевия до десетия отрязък от време.

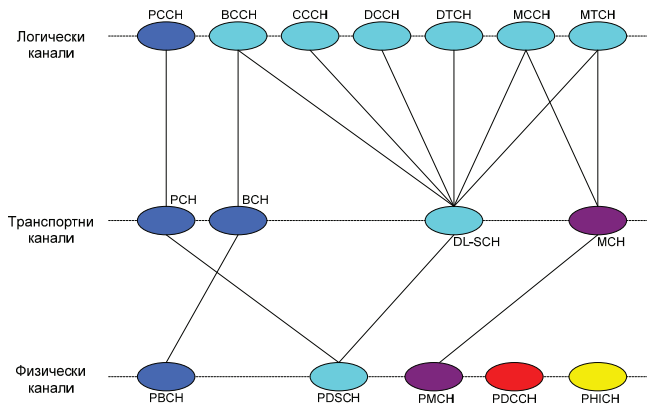
### **ТРАНСПОРТНИ КАНАЛИ**

Транспортните канали са част от физическия слой на LTE и служат като сервизни точки за достъп за по-горните слоеве. Транспортните канали за правия канал са:[6]

- Канали за разпространение (*BCH*)
  - Фиксиран формат
  - Трябва да се разпространяват из цялата зона на покритие на клетката
- Споделен канал на правия канал (*DL-SCH*)
  - Поддържа хибридна автоматичка заявка за повторение (*HARQ*)
  - Поддържа динамична адаптация на връзката, чрез промяна на модулацията, кодирането и мощността на предаване
  - Подходящ е при разпространение из цялата зона на покритие на клетката
  - Подходящ при употреба на формиране на лъча
  - Поддържа динамично и полу-статично разпределение на ресурсите
  - Поддържа приемане с прекъсване на сигнала (*DRX*) за по-добра енергийна ефективност
- Канал за сигнализация (*PCH*)
  - Поддържа приемане с прекъсване на сигнала (*DRX*) за потребителското устройство
  - Изисквания за предаване на информация за цялата зона на покритие на клетката
  - Формира се на динамично разпределени физически ресурси
- Канал за разпространение към множество потребители (*MCH*)
  - Изисквания за предаване на информация за цялата зона на покритие на клетката
  - Поддръжка на MB-SFN (множество потребители/радио разпръскване – едночестотна мрежа)
  - Поддръжка на полу-статично разпределение на ресурсите

**Формиране на транспортните канали върху физическите канали**

На фигура 1 е показано по какъв начин се формират транспортните канали върху физическите канали.



**Фиг. 1 – Формиране на транспортните канали**

Поддържаните транспортни канали са:

- Канали за разпространение (*BCH*)
- Споделен канал на правия канал (*Downlink Shared Channel - DL-SCH*)
- Канал за сигнализация (*PCH*)
- Канал за разпространение до множество потребители (*MCH*)

Транспортните канали осигуряват следните функции:

- Структури за преминаващата информация от/към по-горните слоеве
- Механизъм, чрез който по-горните слоеве конфигурират физическия слой
- Статус индикатори за горните слоеве
- Осигуряват възможност на горните слоеве за обмен на файлове между крайни потребители (peer-to-peer)

#### **Канално кодиране на правия канал**

За физическите канали на правия канал се използват различни кодиращи алгоритми. За физически Канал за общ контрол (*Common Control Physical Channel*) модулационната схема е ограничена до QPSK. Споделен канал може да работи с до 64 QAM. Покритието е най-важното изискване за контролните канали. При Общ канал за контрол е избрано конволюционното кодиране. В зависимост от състоянието на канала, Споделен канал използва QPSK, 16QAM, или 64QAM. Поради тази причина, се използва турбо код, със степен на кода 1/3.[7]

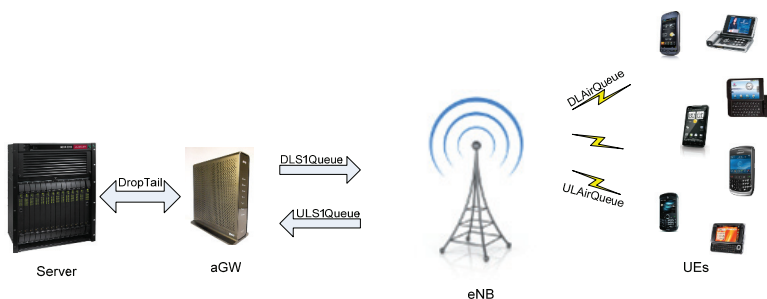
#### **СИМУЛАЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ**

Симулационните изследвания са осъществени с помощта на мрежовия симулатор NS-2 и два допълнителни модула. NS-2 е широко използван симулатор с отворен код, работещ под Линукс операционна система. Първоначално е бил разработен за изследване на компютърни комуникации, но с развитието на комуникационните мрежи и информацията предавана през тях, към NS-2 се появява възможността да се добавят допълнителни модули.

Един от допълнителните модули, който е използван за симулационното изследване е EvalVid. Това е основния модул за разпространение на видео информация през средата NS-2. Представява платформа и набор от инструменти за обработка и разпространение на видео и аудио информация [1].

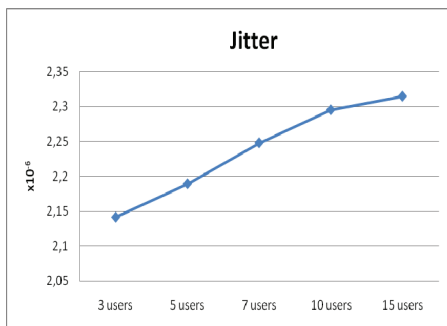
Другият допълнителен модул е LTE модульт. Той предоставя нов мрежов модел и разпространение на различна по характер информация [2].

На фигура 2 е представена архитектурата на проведеното симулационното изследване. При симулационната постановка се използват три вида трафик – гласов, интерактивен и поточен трафик. Сървърът генерира и трите вида трафик, шлюза (aGW) осигурява контрола на потоците, а базовата станция (eNB) осигурява информация за контрола на потоците и разпространява информацията от и до потребителите.

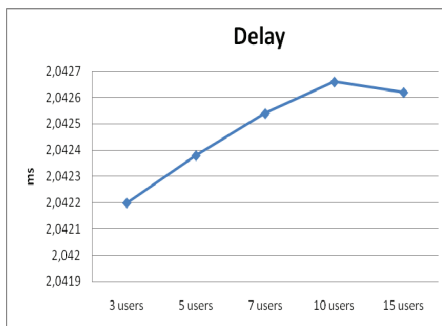


**Фиг. 2 – Архитектура на системата**

По време на симулационното изследване е използван видео файл със следните параметри: **A Bit of a Pickle** – резолюция 1920x1080 пиксела, 24 кадъра за секунда, продължителност 3:45 мин., големина на файла 90,6 Mb.



**Фиг. 3 – Влияние броя на потребителите върху изкривяването**



**Фиг. 4 – Влияние броя на потребителите върху закъснението**

От проведените симулационни изследвания и получените графични зависимости се вижда, че с увеличаването броя на потребителите, коефициента на изкривяване се увеличава пропорционално. Въпреки нарастването на изкривяването, коефициента има много малка стойност, което е предпоставка за качествено приемане и възпроизвеждане на видео информацията от потребителите. От фигура 4 се вижда, че закъснението се изменя по нелинеен характер в много малки граници.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията са разгледани основните характеристики на физическия слой на низходящия канал при 8 версия на LTE стандарта. Предложените от SAE архитектурни решения, ще позволят значително да се намали закъснението при предаване на информация, която не бива да превишава 10 ms и 5 ms за по-малките IP-пакети, при неголямо натоварване на мрежата.

По-нататъшното развитие на LTE технологията, ще се осъществява в рамките на 3GPP версия 10 (LTE Advanced) стандарт. Основните изисквания на които трябва да отговаря са:

- ✓ Максималната скорост за предаване на данни в низходящия канал – до 500 Mbps. Средната пропускателна способност е три пъти в повече, отколкото при LTE;
- ✓ Широчината на честотната лента в низходящия канал е 70 MHz, а във възходящия – 40 MHz;
- ✓ Максималната ефективност при използване на спектъра е 30 bps/Hz за низходящия и 15 bps/Hz за възходящия канал.
- ✓ Пълна съвместимост и взаимодействие с LTE и другите 3GPP системи.

За постигането на тези цели ще се наложи използването на по-широки честотни ленти (до 100 MHz), асиметрично разделение на честотните ленти между възходящия и низходящия канал, в случай на честотен дуплекс, по-съвършени системи за кодиране и поправяне на грешките, хибридна технология - OFDMA и SC-FDMA за възходящия канал.

### ЛИТЕРАТУРА

[1] Klaue J., Rathke B., Wolisz A., EvalVid - A Framework for Video Transmission and Quality Evaluation, In: 13th International Conference on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation, 2003, pp. 255-272

[2] Qin-long Qiu, Jian Chen, Ling-di Ping, Qi-fei Zhang, Xue-zeng Pan, LTE/SAE Model and its Implementation in NS 2, In: Fifth International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks, 2009, pp. 299–303

[3] Zyren J., Overview of the 3GPP Long Term Evolution Physical Layer, Freescale Semiconductor, 2007

[4] Holma, H., Toskala, A., LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access, Oxford, John Wiley & Sons Ltd., 2009

[5] Wang H., Kondi L. P., Luthra A., Ci S., 4G Wireless Video Communications, John Wiley & Sons Ltd., 2009

[6] Glisic, S. G., Advanced Wireless Networks-4G Technologies, John Wiley & Sons Ltd, 2006

[7] Khan F., LTE for 4G Mobile Broadband, Cambridge University Press, 2009

**За контакти:**

ас. инж. Григор Михайлов, катедра “Телекомуникации”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/ 888 836, e-mail: gmihaylov@uni-ruse.bg

доц. д-р Теодор Илиев, катедра “Телекомуникации”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/ 888 839, e-mail: tiliev@ecs.uni-ruse.bg

**Докладът е рецензиран.**