

ТЕХНИКОИКОНОМИЧЕСКИ СЪОБРАЖЕНИЯ ПРИ ИЗБОР НА WIMAX ИЛИ LTE ПРИ ПРЕМИНАВАНЕ КЪМ СЛЕДВАЩО ПОКОЛЕНИЕ МОБИЛНИ МРЕЖИ

Пламен Кътев, Вера Гугова

plamen80@abv.bg, vgugova@abv.bg

Инженер; Доцент, доктор, ВТУ „Тодор Каблешков“, София 1574, ул. „Гео Милев“ 158
БЪЛГАРИЯ

Резюме: Най-важната характеристика на 4G мрежите, е че за разлика от 3G мрежите, предоставят много повече възможности, като най-важната им характеристика е скоростта на пренос на данни. Става въпрос за 3 и повече пъти по-високи скорости за сваляне и качване, спрямо 3G мрежите. Следователно и гледането на HD (High Definition) филми, както и воденето на висококачествени разговори стават безпроблемни задачи. Друго важно предимство на 4G мрежите пред 3G мрежите е, че много повече потребители могат да използват една клетка, което води до намаляване на вероятността от претоварване. Като кандидати за 4G в този доклад ще бъдат споменати двете технологии – WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) и LTE (Long Term Evolution). Като развитие в бъдещето на двете технологии, може да се каже, че се прогнозира очаквано увеличение на абонатите в LTE да достигне 23 милиона абоната, а конкурентната WiMAX да бъде подкрепена от 82 милиона мобилни компютри с вградени WiMAX модули към 2013 година.

В настоящия доклад се представя информация, даваща насоки при избор на WiMAX или LTE, при преминаването към следващото поколение мобилни мрежи. Преднината на WiMAX пред LTE, се оценява на около две години. Едно от най-големите предимства на WiMAX, е че вече има изградени мрежи в някои страни. Но както има предимства, така има и недостатъци – по-голямото времезакъснение при прехвърляне на данни и по-малката скорост на движение на мобилния абонат за безпроблемна работа, за разлика от LTE. Мрежата WiMAX, използва технологията OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), за низходяща посока (от базовата станция към мобилния терминал) и за възходяща посока (от мобилния терминал към базовата станция). За низходяща посока LTE също използва OFDMA, но за възходяща посока - използва SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access), което е много удобно от гледна точка на ниска консумация на енергия от батерията на мобилния телефон, което пък не е от голямо значение при устройства с голяма батерия – както лаптопите в WiMAX мрежите. Технологията LTE има сериозно предимство, че за работата ѝ не е нужно изграждането на изцяло нова мрежа, тъй като е еволюционно продължение на съществуващите UMTS мрежи. Тази технология е по-добра за провеждането на телефонни разговори, докато при WiMAX се залага на прехвърлянето на данни и разговорите стават по начин, подобен на VoIP (Voice over Internet Protocol).

Ключови думи: латентност

1. УВОД

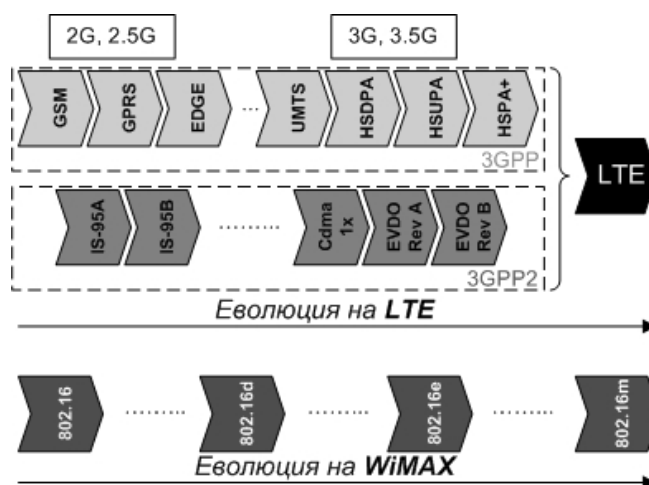
В този доклад се предоставя информация за технологиите LTE и WiMAX, за които се очаква да бъдат основни технологии за безжични комуникации за следващите 10 години. Разглеждат се две основни области : *Архитектура на системата* и *Физически слой*.

В доклада, първо се предоставя кратка информация за еволюцията на двете технологии. Дава се обосновка за нуждата от преминаване към тези две технологии. След това се прави сравнителна характеристика, базирайки се на системната архитектура. Следващата стъпка е описване на въздушните интерфейси на LTE и WiMAX. В края на доклада се предоставя заключение за двете технологии.

2. ЕВОЛЮЦИЯ НА LTE И WiMAX

2.1. ЕВОЛЮЦИЯ НА LTE

На Фигура 1, са представени еволюциите на LTE и WiMAX.



Фиг. 1: Еволюция на LTE и WiMAX

В средата на 80-те години се въвежда първото поколение клетъчни системи, основаващи се на аналогови стандарти. Тяхно продължение е второто поколение клетъчни стандарти, използващи цифрова модулация и обработка на сигналите. В момента има два основни клона : 3GPP (3rd Generation Partnership Project) - Партньорския проект за трета генерация и 3GPP2. Както е показано на Фигура 1, 3GPP и 3GPP2 преминават в единна спецификация, базирана на LTE.

В Таблица 1, са показани някои основни акценти от 3G и 4G технологиите.

2.2. ЕВОЛЮЦИЯ НА WiMAX

WiMAX еволюира почти мигновено към клетъчните стандарти, споменати по-рано. В началото на 90-те години, IEEE създава работна група за разработка на въздушен интерфейс за безжична комуникация от една точка до много точки . Работната група създава стандарт DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification), силно специализиран в дефинирането на MAC слоевете. Оригиналният стандарт е бил променен в 802.16d през 2004 година , представяйки OFDM като предавателна схема. Този стандарт се отнася към фиксирания приложения и се нарича още фиксиран WiMAX.

Таблица 1

Технология	Основни акценти
UMTS (WCDMA - Wideband Code Division Multiple Access) - Universal Mobile Telecommunications System - Универсална Мобилна Телекомуникационна Система	CDMA (Множествен Достъп с Кодово Деление); разширен спектър; 5MHz честотна лента; за разпространение на глас и пакетирани данни (със скорост до 384Kbps); изградена през 2003 г.
HSPDA (High Speed Downlink Packet Access) - Високоскоростен Пакетно	CDMA; разширен спектър; 5MHz честотна лента; за предаване на данни в низходяща посока; множество кодове

ориентиран Достъп в Низходяща посока	за един потребител; модулация – до 16QAM; върхова скорост – 14,4Mbps; изградена през 2005г.
HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) - Високоскоростен Пакетно ориентиран Достъп във Възходяща посока	CDMA; разширен спектър; 5MHz честотна лента; за предаване на данни във възходяща посока; множество кодове за един потребител; модулация – до 16QAM; върхова скорост – 4,5Mbps; 2005г.
HSPA+ (Evolved High Speed Packet Access) - Развита Високоскоростна мрежа за Пакетно ориентиран Достъп	CDMA; разширен спектър; 5MHz честотна лента; модулация - до 64QAM, MIMO; върхови скорости (DL, UL): 42, 11Mbps; изградена през 2010г.
LTE (Long Term Evolution)	OFDM в низходяща посока; SC-FDMA във възходяща посока; променлива честотна лента – от 3 до 20MHz; до 64QAM; MIMO; пространствено мултиплексиране; формиране на диаграмата на насочено действие; очаква се през 2012-2013г.
WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)	OFDM в низходяща и във възходяща посока; променлива честотна лента – от 1,25 до 10MHz; до 64QAM; MIMO; пространствено мултиплексиране; формиране на диаграмата на насочено действие; през 2008г.

През 2005 година, стандартът 802.16d е бил допълнително развит за осигуряване на поддръжка на мобилност както и за осигуряване на мащабируема OFDM предавателна система (в зависимост от различните честотни ленти). Този стандарт е известен още като 802.16e. Другото наименование на този стандарт е мобилен WiMAX. Стандартът 802.16e, еволюира в 802.16m, който фокусира в себе си подобрения в спецификациите на въздушния интерфейс (увеличена скорост на пренос на данни – 100Mbps, за мобилният пренос и 1Gbps за фиксирания пренос на данни). Този стандарт е известен още като WiMAX Release2. Следваща стъпка в развитието на фамилията 802.16, е стандартът 802.16n (не е изобразен на Фигура1), който се използва в мрежи с висока надеждност, както и 802.16r (свързан с приложения за комуникация тип машина-машина).

Като обобщение от изброените данни в Таблица 1, може да се направи извода, че основната разлика между 3G и 4G технологиите (LTE/WiMAX), са различните предавателни схеми (OFDMA при 4G, съответно CDMA при 3G и 3,5G), както и по-високите върхови скорости на пренос на данни.

2.3. МОТИВАЦИИ ЗА ПРЕМИНАВАНЕ КЪМ LTE И WiMAX ТЕХНОЛОГИИТЕ

Основните мотивации за преминаване към 4G технологиите, са както технически, така и икономически, и са подобни както за LTE, така и за WiMAX, и могат да бъдат формулирани в следните подточки:

♦ **Мрежа за мобилен пренос на данни.** Основната функция на LTE и WiMAX е да осигури мрежа, ориентирана към пренос на данни в сравнение с 2G и 3G системите, които са мрежи, ориентирани към пренос на глас. Мрежите осигуряват поддръжка на гласови услуги, но във формата на пакетизирани VoIP (Voice over IP) услуги.

♦ **Спектрална гъвкавост.** За разлика от предните мрежи, които работят с фиксирана ширина на честотната лента (5MHz за WCDMA и 1.25MHz за CDMA-DO), двете мрежи осигуряват мащабируемост от 1.25MHz до 20MHz.

♦ **По-високи скорости за пренос на данни.** Двете мрежи позволяват увеличаване на върховата скорост за пренос на данни в низходяща и възходяща посока, така че услугите, които изискват висока скорост на пренос на данни като видео с висока резолюция, могат да бъдат пренасяни по безжични линии. Конкретно целта е да се увеличат върховите скорости за пренос на данни от (3-10)Mbps на (50-100)Mbps.

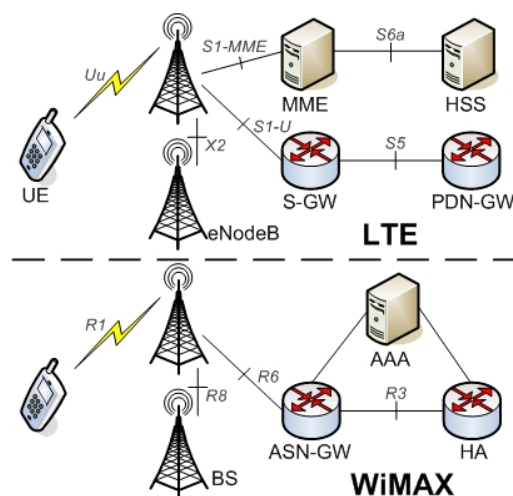
♦ **Увеличена спектрална ефективност.** Липсата на лицензиран спектър, повишавайки ефективността е главен стимул за двете мрежи. Основен начин на двете мрежи да постигнат по-висока ефективност е да се използват схеми с по-висок ред на модулация (като 64QAM – Квадратурно Амплитудна Модулация), компактни антенни технологии (MIMO – Multiple Input

Multiple Output, Beam Forming – антени с формиране на главния лист на Диаграмата на Насочено Действие) и OFDM модулация.

♦ **Ниски разходи за изграждане.** Традиционните клетъчни мрежи съдържат комбинация от TDM (Time Division Multiplex – мултиплексиране с време деление) и пакетна организация в частност. Мрежите LTE и WiMAX опростяват значително мрежата, преминавайки към цялостна IP инфраструктура, разчитайки на IP мрежа за пренос на данни и контролни съобщения. В допълнение, двете мрежи изобразяват един вид принцип на „сплескване” на архитектурата, където системата елиминира централизирания контролер на базовата станция (или Radio Network Controller). По този начин се постига полза при разпределянето на функционалността на Базовите Станции (Base Stations) и шлюзове за достъп до комуникационни услуги (Access Gateways).

2.4. СРАВНЕНИЕ НА АРХИТЕКТУРИТЕ

На Фигура 2, е представена опростена системна архитектура на мрежите LTE и WiMAX, като са представени само най-важните възли, участващи в предаването на контролна и потребителска информация.



Фиг. 2: Основни елементи на LTE и WiMAX

Сравнение между основните елементи на мрежите LTE и WiMAX:

♦ **eNodeB (Evolved NodeB) и BS (Base Station).** Като функционалност, базовите станции при LTE и WiMAX, са еднакви. И при двете мрежи, базовите станции се грижат за трафика към и от UE (User Equipment – Потребителското Оборудване). Те се грижат за идентификация, установяване на връзки, разпределяне на ресурсите и изпълняване на функции, като предаване на данни. В допълнение двете системи използват IP (Internet Protocol – Интернет Протокол) тунел за управление (рутиране) на потребителската информация към шлюзовете за достъп (Access Gateways).

♦ **MME/S-GW и ASN-GW.** Комбинирани функциите на MME (Mobility Management Entity – Единица за Управление на Мобилността) и S-GW (Serving Gateway – Подаващ Шлюз), се доближават до тези, изпълнявани от ASN-GW (Access Service Network Gateway – Шлюз за Обслужване на Достъпа до Мрежата). Тези основни елементи в LTE и WiMAX осигуряват функциите по сигурността, мобилността между базовите станции, функциите по качеството на услугите (QoS - Quality of Service). Стандартът LTE дефинира един функционален елемент MME за поддържане на контролния трафик и друг елемент за поддържане на потребителския трафик, наречен S-GW. За разлика от LTE, при WiMAX контролният и потребителският трафик се поддържат от един елемент, наречен ASN-GW. Протоколите, за обмен на информация между базовите станции и шлюзовете за достъп при LTE и WiMAX, са различни. При LTE, се използва GTP (GPRS Tunneling Protocol) за S1-U и SCTP (Stream Control Transmission Protocol – Протокол за Контрол на Поток Информация), за интерфейса S1-MME, докато WiMAX използва

UDP (User Datagram Protocol – Протокол за Потребителска Дейтаграма). Контролната информация са различни за двете технологии – S1 за LTE и R6 за WiMAX. Това което прави MME и S-GW уникални, е това че те могат да комуникират с 3G мрежите.

♦ **PDN-GW (Packet Data Network Gateway – Шлюз за Мрежата с Пакетна Информация) и HA (Home Agent – Домашен Агент).** Като функции PDN-GW и HA са подобни. И двете се грижат за мобилността между шлюзовете за достъп (S-GW за LTE и ASN-GW за WiMAX).

От Фигура 2, се вижда че двете мрежи са изцяло IP (могат да се обменят само пакети информация). Също така интерфейса между базовите станции е директно, без нуждата от елементи в централната мрежа. Това важи и за двете мрежи и се осъществява посредством протоколите X2 за LTE, и R8 за WiMAX. По този начин се намалява времезакъснението при пренос на информация.

2.5. ВЪЗДУШЕН ИНТЕРФЕЙС ПРИ LTE И WiMAX

2.5.1. ПРИЛИКИ ВЪВ ВЪЗДУШНИЯ ИНТЕРФЕЙС НА LTE И WiMAX

В таблица 2, са изброени основните прилики и разлики между LTE и WiMAX, от гледна точка на въздушния интерфейс. Приликите са:

♦ **Мащабируема честотна лента.** Технологиите 3G, са били проектирани да работят във фиксирана честотна лента (може да се види от Таблица 1). За разлика от 3G, LTE и WiMAX мрежите, са дефинирани за голям обхват от честотни ленти – от 1,5 до 20MHz. Това дава на доставчиците на услуги (мобилните оператори) една гъвкавост, при проектирането на 4G мрежата от гледна точка на наличния спектър и необходимото покритие.

♦ **MIMO (Multiple Input Multiple Output – Множество Входи Множество Изходи).** Мрежите LTE и WiMAX, позволяват използването на MIMO опции, състоящи се от STBC (Space Time Block Coding – Времево Пространствено Блоково Кодиране) или SM (Spatial Multiplexing – Пространствено Мултиплексиране). При WiMAX 1.0 се използва 2x2 MIMO, а при WiMAX се използва 4x4 MIMO. Спецификацията на LTE използва до 4x4 MIMO.

Таблица 2

Характеристики	LTE	WiMAX
Мащабируема честотна лента MHz	1,4;3;5;10;15;20	1,25;5;10; R2.0 20;40
MIMO технология	2x2 (STBC и SM) ; 4x4	R1.0 2x2; R2.0 4x4
Дуплексен режим	FDD и TDD	R1.0 TDD; R2.0 TDD и FDD
Предаване в низходяща посока	OFDMA	OFDMA
Предаване във възходяща посока	SC-FDMA	OFDMA
Честотни ленти MHz	700;1700;1900;2100;2500;2600	2300;2500 и 3500
Големината на рамката ms	1	5
Подносеща честота KHz	15	10

♦ **Режими за Радио достъп (Radio Access Modes).** Както LTE, така и WiMAX 2.0, позволяват използването на TDD (Time Division Duplex – Дуплекс с Време Деление) и FDD (Frequency Division Duplex - Дуплекс с Честотно Деление). Тука възниква един допълнителен въпрос – дали говорим за WiMAX 1.0 (802.16e) или за WiMAX 2.0 (802.16m). При WiMAX 1.0, се използва основно TDD, за разлика от LTE, където се използва основно FDD. Системите 3G, са също FDD, което позволява на операторите да използват неизползваните спектри от 3G за LTE. При WiMAX 2.0, дуплексният режим е същият като при LTE. Режимът FDD, използва двойка спектри – един за низходяща посока и един за възходяща посока, докато при TDD, се използва непрекъснат спектър. Понеже не уточняваме за коя версия на WiMAX говорим, ще направим заключението за LTE и WiMAX 2.0 (по-високата версия), а именно че LTE използва основно FDD, а WiMAX – TDD и FDD. Един от основните аспекти при избора на TDD или FDD система е изискването за синхронизация. При системите с TDD, трябва да се осигури синхронизация за осигуряване на радио разпръскване в низходяща и възходяща посока, без да се получава интерференция. Тази синхронизация се постига, чрез използването на точен GPS приемник, който може да осигури 1 импулс за секунда (1 PPS – 1 Pulse Per Second). Поради тази причина в крайните базови станции (Pico BS и Femto BS), допълнителния GPS приемник довежда до допълнителни разходи, което е и важен фактор при избора на съответната 4G мрежа

от операторите. Това е една причина, операторите да предпочетат да преминат към LTE, където основният метод за пренос е FDD.

♦ **Предаване в низходяща посока.** Технологиите LTE и WiMAX, използват OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – Мултиплексиране с Ортогонално Честотно Деление). Предаването е разделено на времеви интервали (прозорци), а спектъра е разделен на подносеци. Ресурсите на канала за низходяща посока, са управлявани от програма за разписание в базовата станция, която определя броя на подносеците и времевите интервали за всеки потребител.

2.5.2. РАЗЛИКИ ВЪВ ВЪЗДУШНИЯ ИНТЕРФЕЙС НА LTE И WiMAX

♦ **Предаване във възходяща посока.** Технологията WiMAX, използва OFDMA, както за низходяща посока, така и за възходяща посока. За разлика от WiMAX, при LTE, използва OFDMA за низходяща посока и SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access – Множествен Достъп с Честотно Деление с Една Носеща) във възходяща посока. При SC-FDMA, се намалява отношението върхова мощност към средна мощност (PAPR – Peak to Average Power Ratio) във възходяща посока. Отношението PAPR има влияние към живота на батерията на терминалното устройство, както и към изискванията към усилвателя на мощност. За разлика от SC-FDMA, при OFDMA предаването има много подносеци честоти, което води до по-голямо отношение PAPR, което същевременно води до по-голяма консумация.

♦ **Големината на информационната рамка.** Технологията LTE, използва рамки с продължителност 1 ms, докато WiMAX използва рамки с продължителност 5ms. По-малката продължителност на рамките, води до по-малко времезакъснение (latency) на канала. Тези и други сравнителни характеристики между LTE и WiMAX, са дадени в Таблица 3.

♦ **Честотни ленти.** Както се вижда от Таблица 2, използваните честотни ленти от LTE и WiMAX, са доста различни. Поради това клетъчните оператори се стремят да използват съществуващите честотни ленти. Стандартът LTE е специфициран за голям брой честотни ленти от честотния спектър, което е допълнителна причина операторите да предпочетат LTE за преминаване към 4G.

2.6. ДРУГИ ВАЖНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА LTE И WiMAX

В Таблица 3, са дадени някои допълнителни характеристики, които могат да се използват от операторите за избор на технология за 4G.

Таблица 3

Допълнителни характеристики	LTE R8	LTE R10	WiMAX R1.0	WiMAX R2.0
Скорост на мобилността km/h	350	350	60-120	350
Времезакъснение ms /латентност/	връзка <5 хендоувър <50	връзка <5 хендоувър <50	връзка ~20 хендоувър 35÷50	връзка <10 хендоувър <30
Върхова скорост Mbps	DL: 302 UL: 75	DL: 1000 UL: 300	DL: 46 UL: 4	DL: >350 UL: >200
VoIP кап. потр-ли/сектор/MHz	80/1/1 (FDD)	80/1/1 (FDD)	20/1/1 (TDD)	> 30/1/1 (TDD)

Тези допълнителни характеристики изложени в Таблица 3, дават много полезна информация за мобилните оператори, тъй като дават сравнителна характеристика между по-стари и по-нови версии на двете основни технологии за 4G. Както се вижда LTE технологията, бележи огромно предимство спрямо WiMAX, взимайки предвид VoIP капацитета на мрежата (брой потребители/сектор/MHz) измерен при определен дуплексен режим на работа (TDD или FDD). Ако вземем предвид върховата скорост за пренос на данни, то LTE (Версия 10) печели надпреварата с WiMAX (Версия 2.0) с почти три пъти по-висока скорост в низходяща посока и 1,5 пъти във възходяща посока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящия доклад, са представени двете основни 4G технологии – LTE и WiMAX, техните предимства и недостатъци. При избора на съответната технология, оператора трябва да се спре на приликите и разликите между техните характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Zion Hadad, Peretz Shekalim, "WiMAX/16e/16m vs LTE Technology and Performances comparison", Runcom, 2008
- [2] J. Conti, "Lte vs wimax: the battle continues [comms wimax vs lte]", Engineering Technology, 2010
- [3] Rajesh S. Pazhyannur, "Comparison of LTE and WiMAX", Cisco Public, 2010
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page

TECHNICAL AND ECONOMIC CONSIDERATIONS IN SELECTION OF WIMAX OR LTE WHEN TRANSITION TO NEXT GENERATION MOBILE NETWORKS

Plamen Katev, Vera Gugova

*HST „T. Kableskov”, 1574 Sofia, 158 Geo Milev str.
BULGARIA*

Keywords: latency

Summary: *The most important feature of 4G networks is that, unlike 3G networks, provide many more opportunities, as their most important feature is the speed of data transmission. It's about 3 or more times higher download speeds and upload speeds compared with 3G networks. Therefore, watching HD (High Definition) movies, as well as keeping a high quality conversations is hassle-free tasks. Another important advantage of 4G networks to 3G networks, is that many more users can use a cell, which reduces the probability of overload. As candidates for 4G in this report will be referred the two technologies - WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) and LTE (Long Term Evolution). As future development of both technologies, can be said that it is predicts an expected increase in number of LTE subscribers to reach 23 million subscribers, and competitive WiMAX will be supported by 82 million mobile computers with embedded WiMAX modules to 2013 year.*

This report provides information, gives guidelines for selecting WiMAX or LTE, on the transition to next generation mobile networks. The lead of WiMAX to LTE, is estimated at about two years. One of the biggest advantages of WiMAX, is that it has already built networks in some countries. But as well there are advantages, also there are and disadvantages - the greater delay in the transfer of data and lower speed of the mobile subscriber for a smooth operation, in contrast to LTE. The network WiMAX, uses the technology OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), for downlink (from the base station to the mobile terminal) and uplink (from the mobile terminal to the base station). For downlink LTE also uses OFDMA, but for uplink - it use SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access), which is very convenient in terms of low energy consumption from the battery of the mobile phone, which in turn is not very important for devices with great battery - like laptops in WiMAX networks. The technology LTE has a serious advantage that its operation does not need to build an entirely new network, because it is an evolutionary extension of existing UMTS networks. This technology is better for making phone calls, while in WiMAX relies on the transfer of data and calls are on way similar to VoIP (Voice over Internet Protocol).