

Безжични мрежи. Стандарти. Методи за достъп до средата

проф. д-р инж. Венета Алексиева

Изпит редовно обучение

- Време за работа:
 - 60 минути
- Формат:
 - Тестът съдържа 30 въпроса.
 - Въпросите са с един или няколко отговора.
 - Навигацията е само напред и не може да се връща към преминат въпрос, независимо дали е посочен отговор или не.
- Оценяване:
 - До 40 точки от текущ контрол от упражнения
 - До 60 точки от изпита
- Конспект:
 - На cs.tu-varna.bg
- Консултации:
 - Обявени пред 207-4Е

Упражненията

Текущ контрол:

- до 40 т.
- По указания на преподавателя на упражнения

Технически университет – Варна
Катедра “Компютърни науки и технологии”

Венета Панайотова Алексиева
Христо Георгиев Вълчанов
Айдын Мехмед Хъкъ
Диян Желев Динев

БЕЗЖИЧНИ КОМУНИКАЦИИ



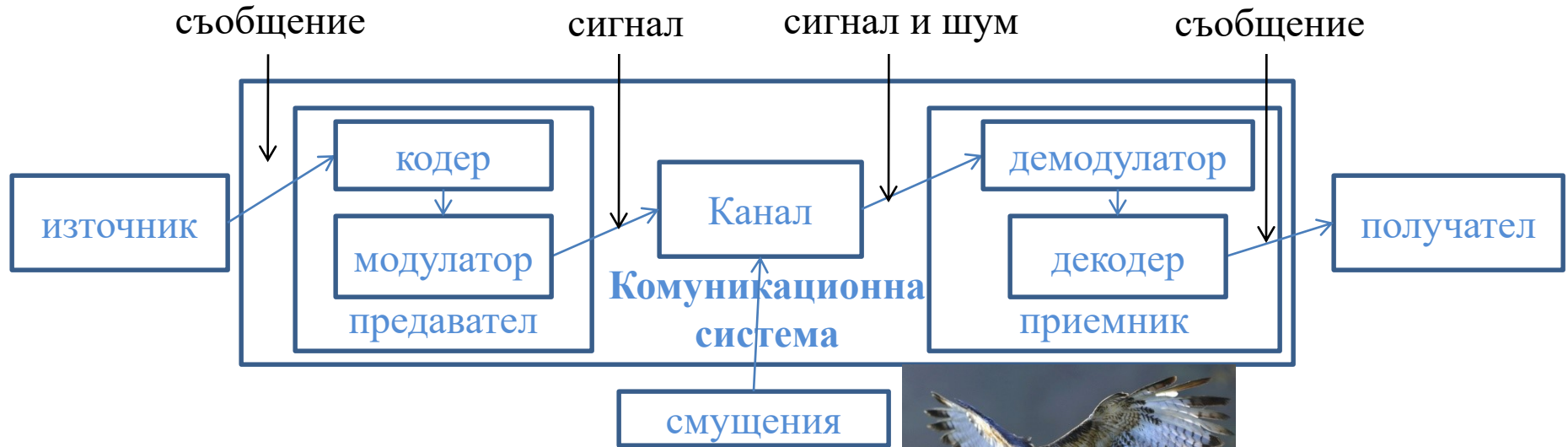
Ръководство за лабораторни упражнения

Варна
2020

ОСНОВНИ МОМЕНТИ

- История
- Състояние на пазара 3G/4G/5G мрежи в България/Европа/Света
- Безжични технологии - същност
- Предимства/недостатъци
- Видове безжични мрежи
- Стандарти
- Методи за достъп до преносната среда
- Примерни въпроси

Предаване на данни



източник

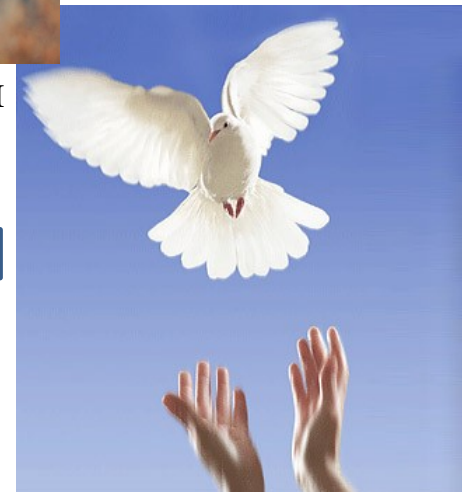


Пренос по канала за връзка

проф. д-р инж. Венета Алексиева



Смушения при предаването



получател

Гълъбите – първата безжична комуникация

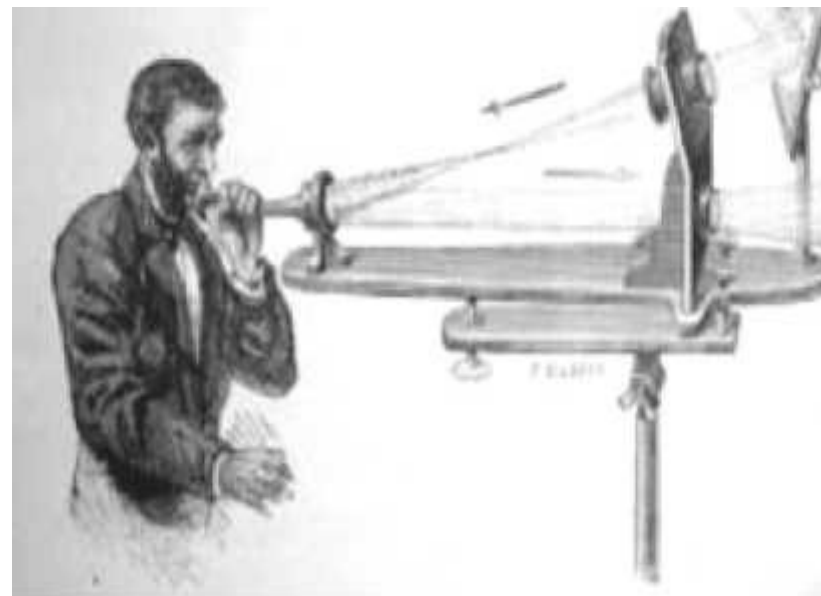
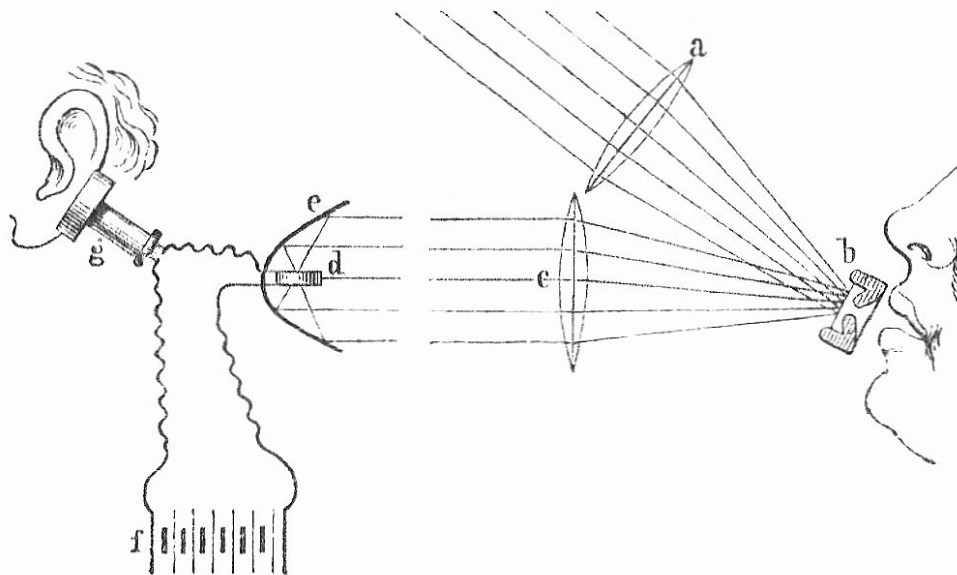
Характеристики:

- Ниски скорости 55 км/ч (рекорд 1896г. - 125км/ч)
- Half-duplex
- Загуба на пакети от смущения в преносната среда
- Разстояние – до 700 мили на ден



- Най-голямата мрежа за комуникации чрез гълъбите е създадена в Сирия и Персия около 5 век пр. Хр.
- През римската епоха - за предаване на резултатите от спортните събития по време на Олимпийските игри.
- ПСВ и ВСВ - информация по време на военни действия.
- Последната станция на пощенски гълъби е била закрыта в Индия през 2004

Аналогов сигнал безжично?



- На 3 юни 1880 година асистентът на Александър Бел – Чарлз Тейнтър предава речеви сигнал чрез слънчев лъч от покрива на Franklin School към прозореца на Bell's laboratory, на разстояние 213 метра. Изобретението е наречено Фотофон.
- Развитието на измервателната техника е позволило възраждането на photoacoustic ефект през 1970г.

Какво искат...

Потребителите	Провайдерите на услуги
<ul style="list-style-type: none">• По-голямо покритие• Високо качество на услугите за пренос на глас и видео• Скорост• Издържливи батерии-малка консумация на енергия• Малък размер на устройствата - ергономичност• Ниска цена	<ul style="list-style-type: none">• По-голяма печалба• По-малки инвестиции в инфраструктура• Сигурност – да не се крадат услуги• Лесна поддръжка/подмяна на устройства• Няколко услуги през съществуваща инфраструктура• Дълъг живот на устройствата• По-голям капацитет на връзките

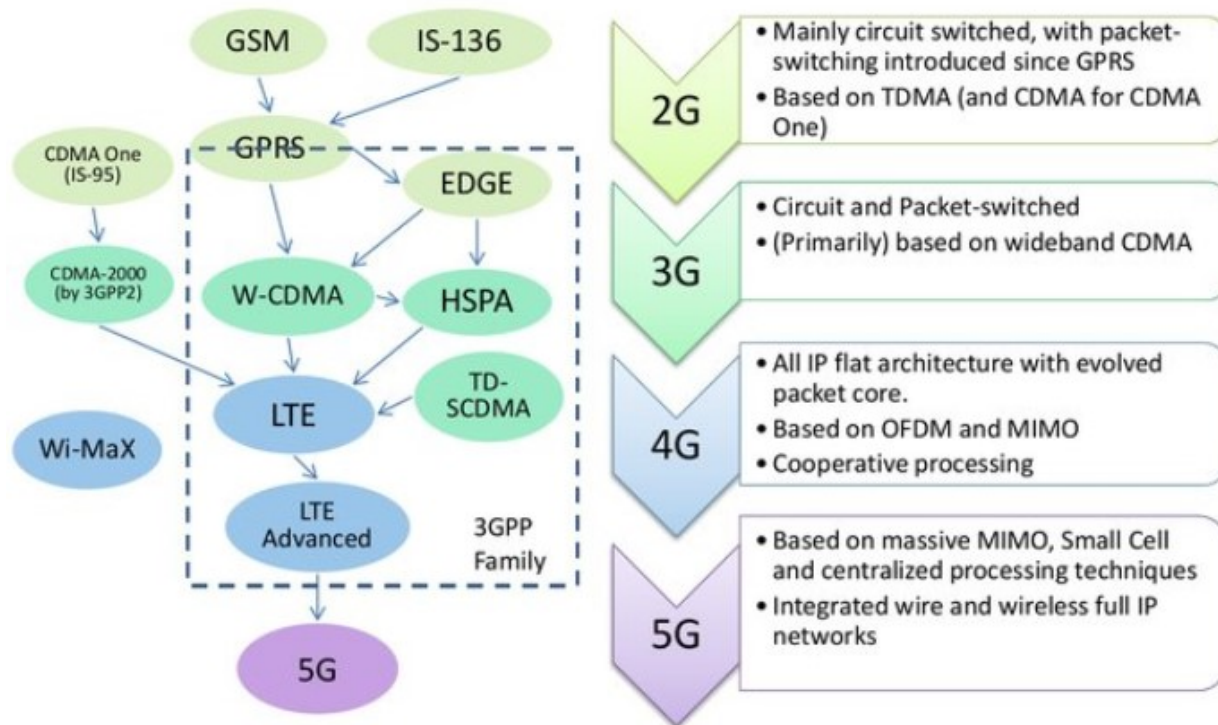
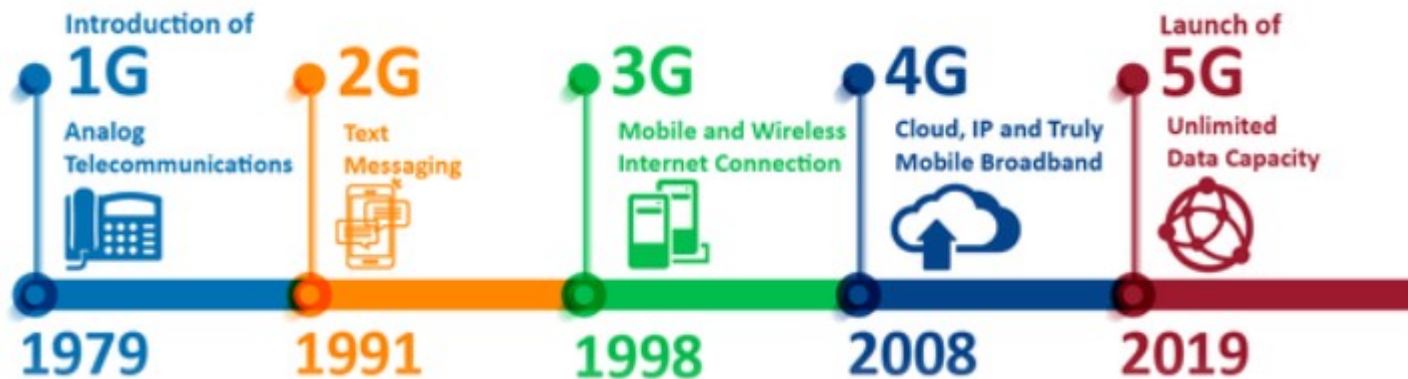
Преди началото

- 1838г. - Самуел Морз – телеграф
- 1895г. - Маркони – първо радио предаване на 18 мили разстояние
- 1915г.- предаване на глас по безжична връзка между Ню Йорк и Сан Франциско
- 1946г. - първа мобилна телефонна услуга между 25 града в САЩ

Началото

- По време на Втората световна война за военна комуникация за армията на САЩ - базирани на радиовълнова технология и разпределен спектър.
 - разпределеният спектър е по-устойчив на заглушаване.
- След 1945 г. - за цивилните предприятия.
- 1962г. е изстрелян първият сателит в орбита.
- През 1970 г. Университета на Хавай, под ръководството на Норман Абрамсън е разработена **ALOHAnet**.
 - седем компютъра на различни острови общуват двупосочно с централен комутатор на остров Оаху
- **ALOHAnet дава началото и следват три поколения безжични мрежи до появата на стандарт...**

1G-2G-3G-4G-5G



Първото поколение (1G)

- Разработено в началото на 1980 от радиолюбители.
- В САЩ се нарича Advance Mobile Phone Service (AMPS) (на 50 MHz , разделени на две 25 MHz канала за двете посоки)
- В Европа - European Total Access Communication System (ETACS)
- Много от клетъчните системи от първо поколение в Европа са несъвместими и това поражда появата на 2G.
- Характеристики:
 - Работи в честотния диапазон 901-928 MHz.
 - Скорости под 9600 bit/s
 - Клетъчно предаване
 - задръстване на честотната лента
 - относително ниска скорост
 - ограничена употреба от потребителите, предимно за военни цели

Безжични телефонни слушалки- предшественик на мобилния телефон

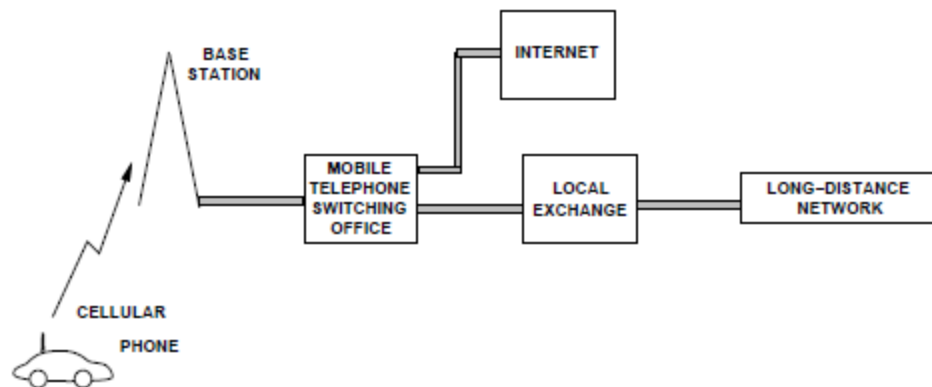
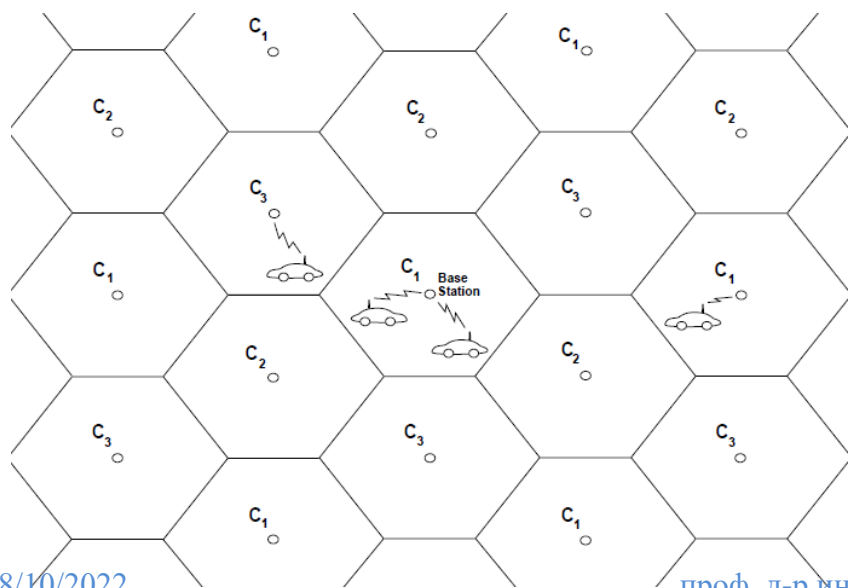
- Първоначалните безжични телефонни слушалки:
 - имат лошо качество на звука и бързо бяха отхвърлени от потребителите.
 - ограничено до няколко стаи от къща или офис.
 - Движението на тези безжични слушалки е изключително ограничено- трябва да останат в обсега на своята база.
 - по-висока плътност на тези системи в малка област, може да доведе до значително повлияване между системите.

Второто поколение (2G)

- 1985г.- Разработено веднага след обявяването на Federal Communications Commission(FCC) на експериментални честотни ленти за невоенно използване на технологията за разширяване на спектъра.
- 3 различни стандарта за предаване – в САЩ, Европа и Япония
- Характеристики:
 - данни със скорост до 100 Kbit / sec.
 - честотни ленти 900MHz, 2.4GHz and 5.8GHz
 - За индустриални, научни и медицински цели (ISM)
 - Клетъчно предаване

Клетъчни системи

- Клетъчните системи осигуряват двупосочна комуникация с глас и данни с регионално, национално или международно покритие.
- Те първоначално са били предназначени за мобилни терминали в превозни средства с антени, монтирани върху покрива на превозното средство.
- Идея на клетъчния дизайн е повторно използване на честотата в пространствено разделени клетки, т.к. мощността на сигнала пада с разстоянието.



Третото поколение (3G)

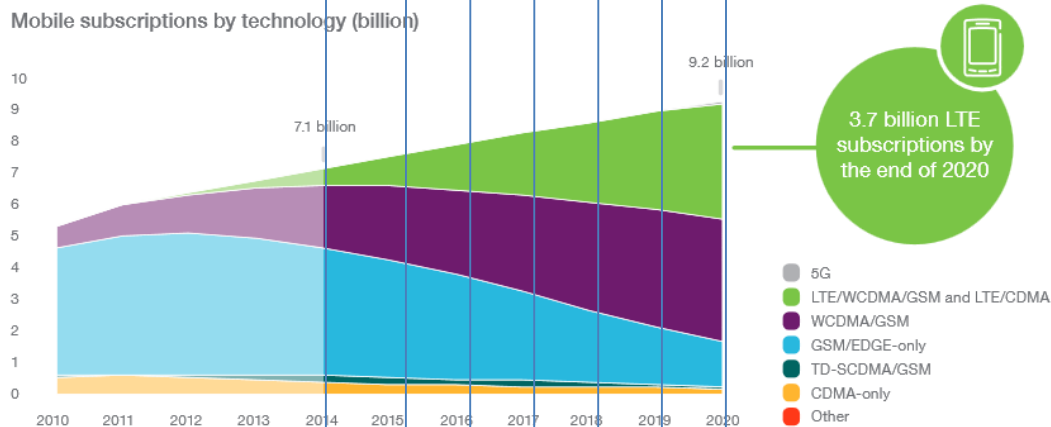
- Международния съюз по далекосъобщения (ITU) определя стандарт CDMA, който е в основата на 3G.
- Стандартът 3G е несъвместим с 2G, така че доставчиците на услуги трябва да инвестират в нова инфраструктура, преди те да могат да осигурят 3G услуги.
- Първите 3G системи са в Япония, т.к. честотите за 3G са свободни.
- В Европа и САЩ честотите за 3G се разпределят въз основа на търг, т.е. ISP влага огромна първоначална инвестиция, за да предостави 3G услуги.
- 1990г.- безжични модеми, насочени към съвместимост със съществуващите локални мрежи с данни със скорост до 2Mbit / sec.
- 1991г. – първият IEEE семинар за безжична LAN
- 1997г.- поява на 802.11 IEEE стандарт
- 1998г. – спецификации за GSM
- 2000г. – поява на GPRS
- 2002г. – поява на 802.16 IEEE стандарт
- 2003г.- поява на 802.15 IEEE стандарт

4G/5G

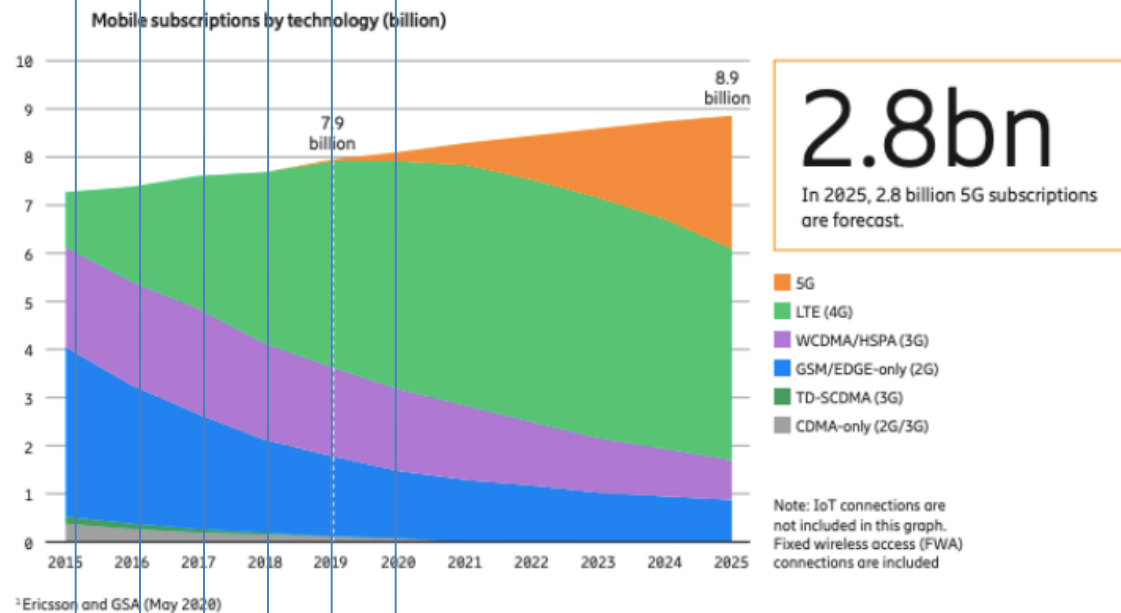
- Технологията поддържа максимална скорост на обмен на данни до 100 Mbps при честотна лента 20 MHz 100 Mbps при движещ се клиент, и 1 Gbps в неподвижно състояние.
- 4G е пригоден специално за пренос на данни, което за потребителите означава по-високи скорости и интерактивни услуги
- 2005г.-поява на 802.16e IEEE стандарт
- 2009г.- начало на стандарти LTE
- 2015г. – началото на LiFi- в Германия – от професор Harald Haas
- На 14.07.2016 FCC одобрява честотен обхват за 5G от 28 GHz, 37 GHz ,39 GHz
- От 2017г Европейската комисия освобождава за 5G честотен обхват от 700MHz

Безжични мрежи с мобилни устройства?

По прогноза на Ericson от 2015:

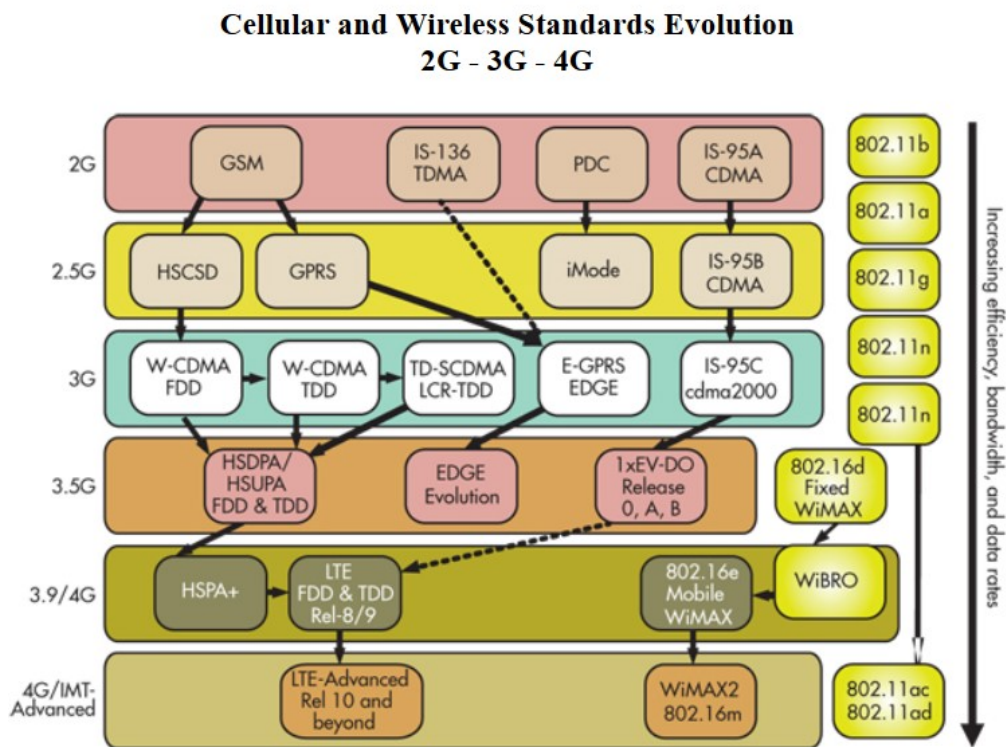


По прогноза на Ericson от 2020:



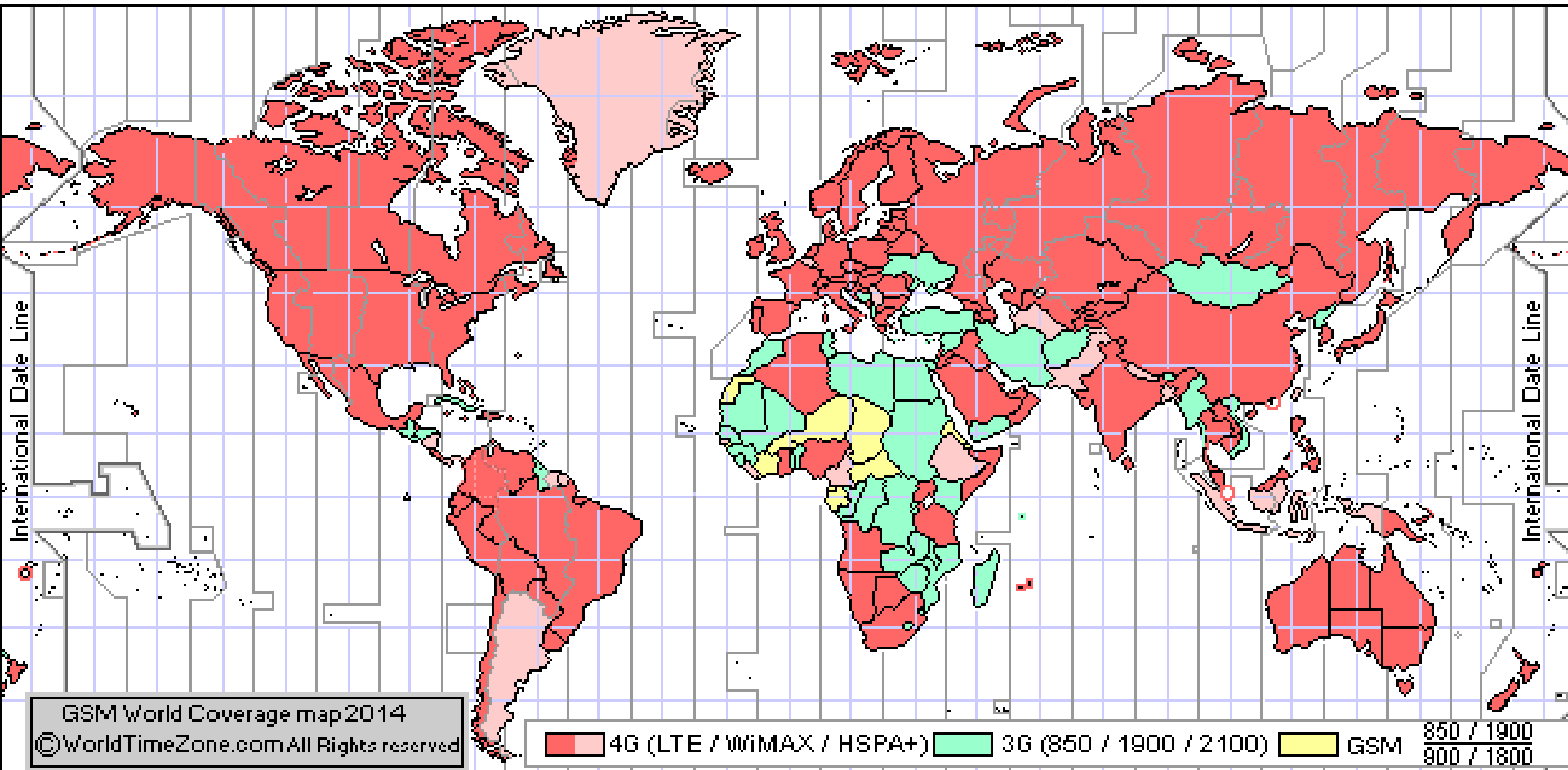
4G безжични комуникационни системи

- Mobile WiMAX (IEEE 802.16e-2005г., първа реализация 2008г.) –downlink 128Mbit/s и uplink 56Mbit/s
- Long Term Evolution (3GPP- 2007г., първа реализация 2009г.) downlink 100 Mbps и uplink 50 Mbps
- WiMAX (IEEE 802.16m -2011г.) - 1Gbit/s за фиксирани и 100Mbit/s за мобилни потребители



3G/4G/5G...?

Светът на безжичните технологии през 2014г.

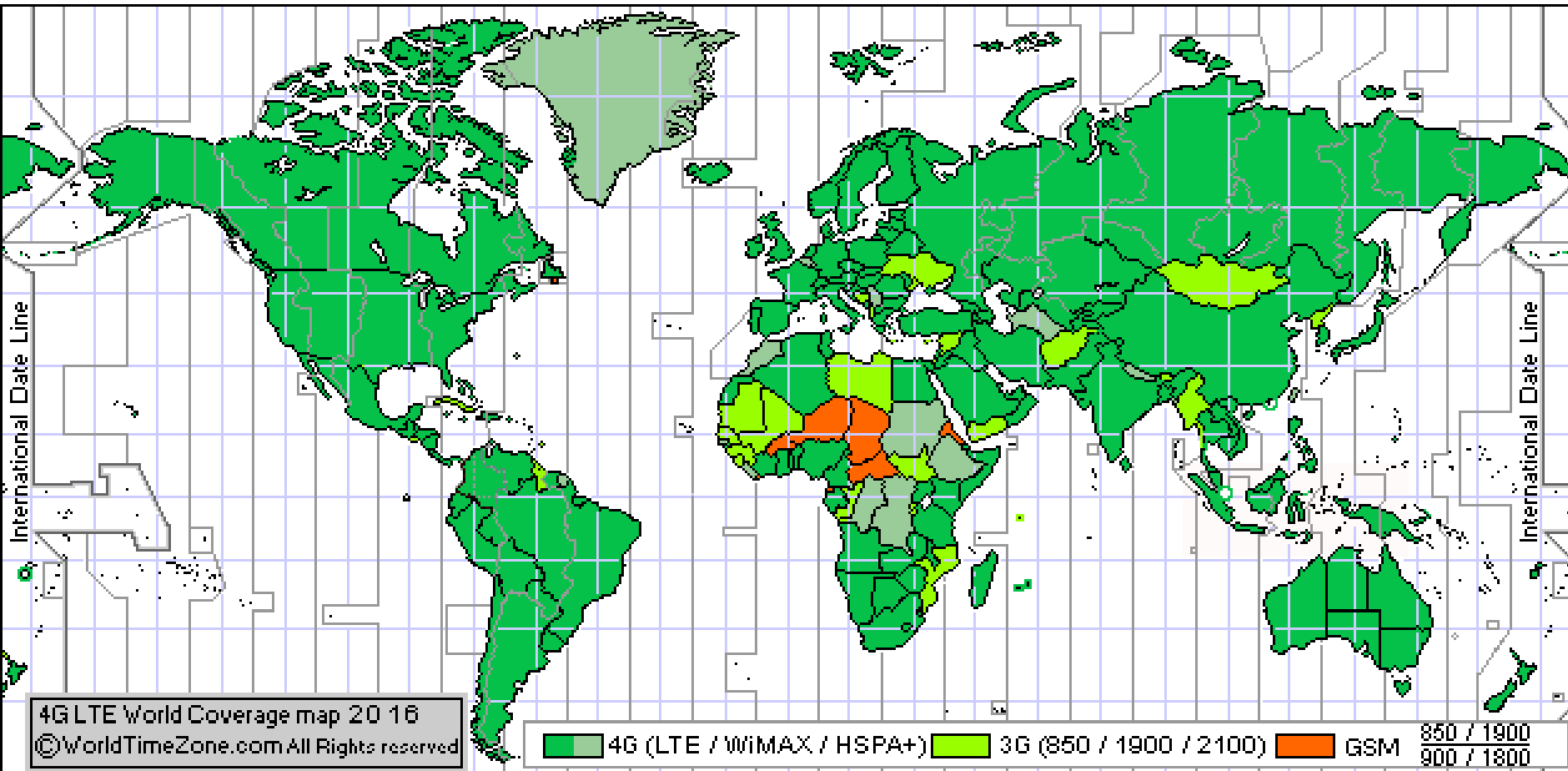


LTE, WiMAX, HSPA+, 3G, GSM информация по държави (10.10. 2014- <http://www.worldtimezone.com/4g.html>)

Country / Territory	900	1800	1900	850	3G	4G (live LTE, WiMAX, HSPA+, test, license)
Bulgaria	900	1800			3G 900/2100 Vivacom; 3G 900/2100 Cosmo; 3G 2100 Mobiltel;	4G LTE Max Telecom 1800Mhz;
Canada			1900	850	3G 850/2100 Bell Mobility; 3G 1700/2100 ALO Mobile; 3G 1700/2100 Bragg; 3G 1700/2100 DAVE; 3G 1700 Globalive; 3G 850/1900/2100 Rogers; 3G 850/1900 SaskTel; 3G 850/1900 Rogers; 3G 1900 TBayTel ; 3G 850/1900 TELUS; 3G 1700 Videotron;	4G LTE Bell Mobility 1700/2100/2600/2500Mhz; 4G LTE Rogers 1700/2100Mhz; 4G LTE SaskTel 2500/2600Mhz; 4G LTE TELUS 1700/2100Mhz;
Denmark	900	1800			3G 2100 3 DK; 3G 2100 TDC Mobil; 3G 900/2100 Telenor; 3G 2100 Telia;	4G 3 DK 1800/2600Mhz; 4G TDC 800/2600Mhz; 4G Telenor 1800/2600Mhz; 4G Telia 1800/2600Mhz;
Russia	900	1800			3G 2100 MegaFon; 3G 2100 MTS; 3G 2100 Beeline; 3G 2100 BaykalWestCom;	4G LTE MegaFon 800/2500/2600Mhz; 4G LTE Beeline 2600Mhz; 4G LTE MTS 800/2600Mhz; 4G LTE Rostelecom 2600Mhz; 4G LTE Tattelecom 1800Mhz; 4G LTE Vainakh Telecom 2300Mhz;

3G/4G/5G...?

Светът на безжичните технологии през 2016г.



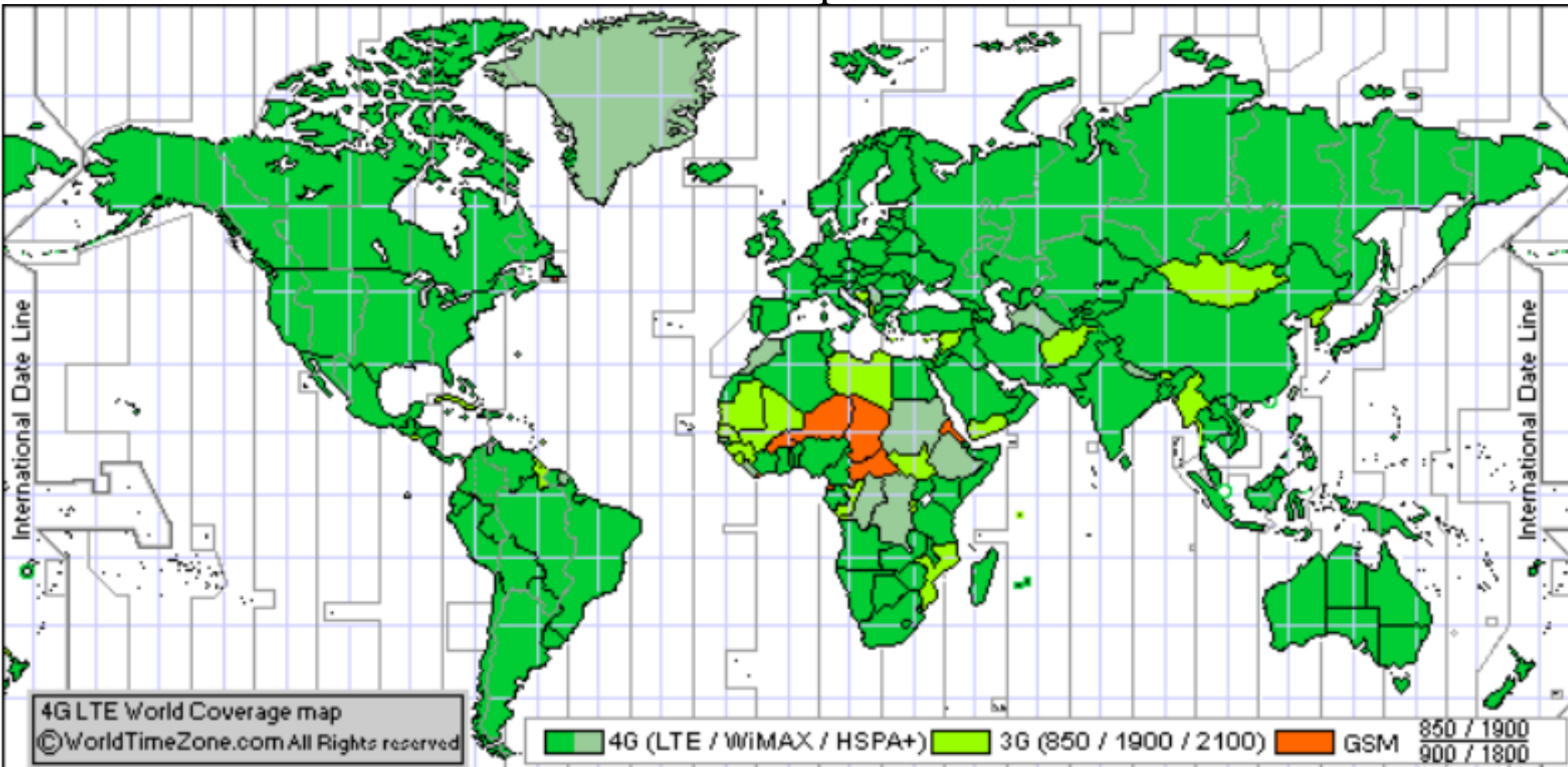
Източник: <http://www.worldtimezone.com/4g.html>

LTE, WiMAX, HSPA+, 3G, GSM информация по държави (08.08. 2016 - <http://www.worldtimezone.com/4g.html>)

Country / Territory	900	1800	1900	850	3G	4G (live LTE, WiMAX, HSPA+, test, license)
Bulgaria	900	1800			3G 900/2100 Vivacom; 3G 900/2100 Telenor; 3G 2100 Mobiltel;	4G LTE Max Telecom 1800Mhz; 4G LTE Telenor 1800Mhz;
Canada			1900	850	3G 850/1900 Bell Mobility; 3G 1700/2100 ALO Mobile; 3G 1700/2100 Bragg; 3G 1700/2100 DAVE; 3G 1700 Globalive; 3G 850/1900/2100 Rogers; 3G 850/1900 SaskTel; 3G 1900 TBayTel ; 3G 850/1900 TELUS; 3G 1700 Videotron; 3G 850/1900 fido; 3G 1700/2100 WIND;	4G LTE Bell Mobility 700/1700/2100/2600/2500Mhz; 4G LTE Rogers 700/1700/2100Mhz; 4G LTE SaskTel 1700/2100Mhz; 4G LTE TELUS 1700/2100Mhz; 4G LTE fido 700/1700/2100Mhz; 4G LTE WIND 1700/2100Mhz; AWS-3 spectrum to AT&T, Verizon, T-Mobile;
Denmark	900	1800			3G 2100 3 DK; 3G 2100 TDC Mobil; 3G 900/2100 Telenor; 3G 2100 Telia;	4G 3 DK 1800/2600Mhz; 4G TDC 800/2600Mhz; 4G Telenor 1800/2600Mhz; 4G Telia 1800/2600Mhz;
Russia	900	1800			3G 2100 MegaFon; 3G 2100 MTS; 3G 2100 Beeline; 3G 2100 BaykalWestCom;	4G LTE MegaFon 800/2500/2600Mhz; 4G LTE Beeline 2600Mhz; 4G LTE MTS 800/2600Mhz; 4G LTE Rostelecom 2600Mhz; 4G LTE Tatttelecom 1800Mhz; 4G LTE Vainakh Telecom 2300Mhz;

3G/4G/5G...?

Светът на безжичните технологии през 2018г.



Източник: <http://www.worldtimezone.com/4g.html>

LTE, WiMAX, HSPA+, 3G, GSM информация по държави (08.08. 2018 - <http://www.worldtimezone.com/4g.html>)

Country / Territory	900	1800	1900	850	3G	4G (live LTE, WiMAX, HSPA+, test, license)
Bulgaria	900	1800			3G 900/2100 Vivacom; 3G 900/2100 Telenor; 3G 2100 Mobiltel;	4G LTE Max Telecom 1800Mhz; 4G LTE Telenor 1800Mhz; 4G LTE Vivacom 1800Mhz; 4G LTE Bulsatcom 1800Mhz;
Canada			1900	850	3G 850/1900 Bell Mobility; 3G 1700/2100 ALO Mobile; 3G 1700/2100 Bragg; 3G 1700/2100 DAVE; 3G 1700 Globalive; 3G 850/1900/2100 Rogers; 3G 850/1900 SaskTel; 3G 1900 TBayTel ; 3G 850/1900 TELUS; 3G 1700 Videotron; 3G 850/1900 fido; 3G 1700/2100 WIND;	4G LTE Bell Mobility 700/1700/2100/2600/2500Mhz; 4G LTE Rogers 700/1700/2100Mhz; 4G LTE SaskTel 1700/2100Mhz; 4G LTE TELUS 1700/2100Mhz; 4G LTE fido 700/1700/2100Mhz; 4G LTE WIND 1700/2100Mhz; AWS-3 spectrum to AT&T, Verizon, T-Mobile;
Denmark	900	1800			3G 2100 3 DK; 3G 2100 TDC Mobil; 3G 900/2100 Telenor; 3G 2100 Telia;	4G 3 DK 1800/2600Mhz; 4G TDC 800/2600Mhz; 4G Telenor 1800/2600Mhz; 4G Telia 1800/2600Mhz;
Russia	900	1800			3G 2100 MegaFon; 3G 2100 MTS; 3G 2100 Beeline; 3G 2100 BaykalWestCom;	4G LTE MegaFon 800/2500/2600Mhz; 4G LTE Beeline 2600Mhz; 4G LTE MTS 800/2600Mhz; 4G LTE Rostelecom 2600Mhz; 4G LTE Tatttelecom 1800Mhz; 4G LTE Vainakh Telecom 2300Mhz;

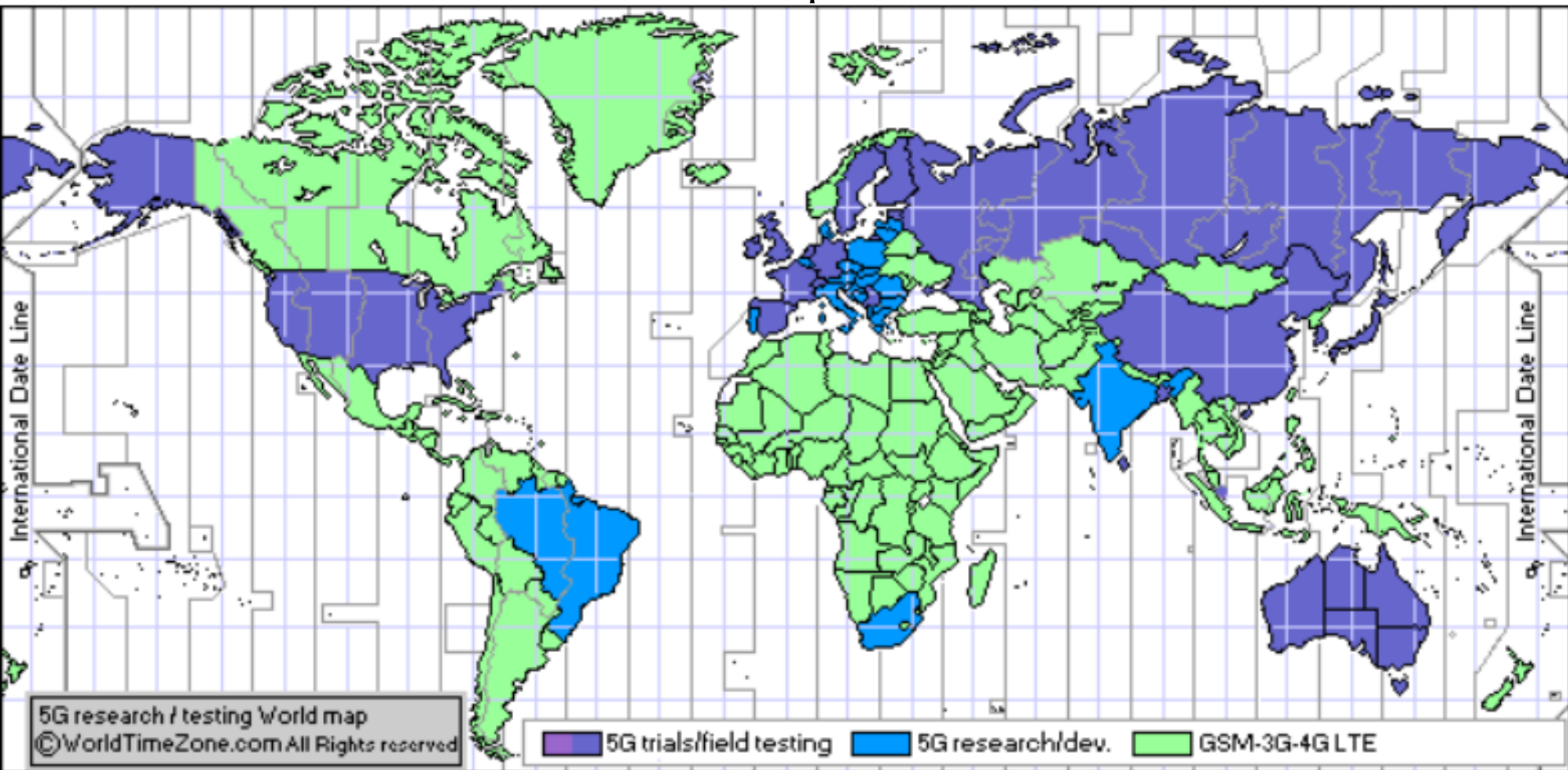
“Horizon 2020”

- Осигуряване на широколентова опорна мрежа—backbone, свързваща големите регионални центрове и по-големите градове и притежаваща съответните точки на присъствие в тях;
- Развиване на широколентова транзитна инфраструктура (backhaul) до средно-големите и малки градове и в слабо урбанизирани и селските райони;
- Осигуряване на широколентов достъп до клиента (last mile) на широк кръг от масови клиенти на подходящи за тях цени.

Подписан е Договор „5G-PPP” през декември 2013г. за развитие на 5G мрежите, който има за цел в Европа да се разработят и използват най-малко 20% 5G Standards Essential Patents.

и вече 5G

Светът на безжичните технологии през 2018г.



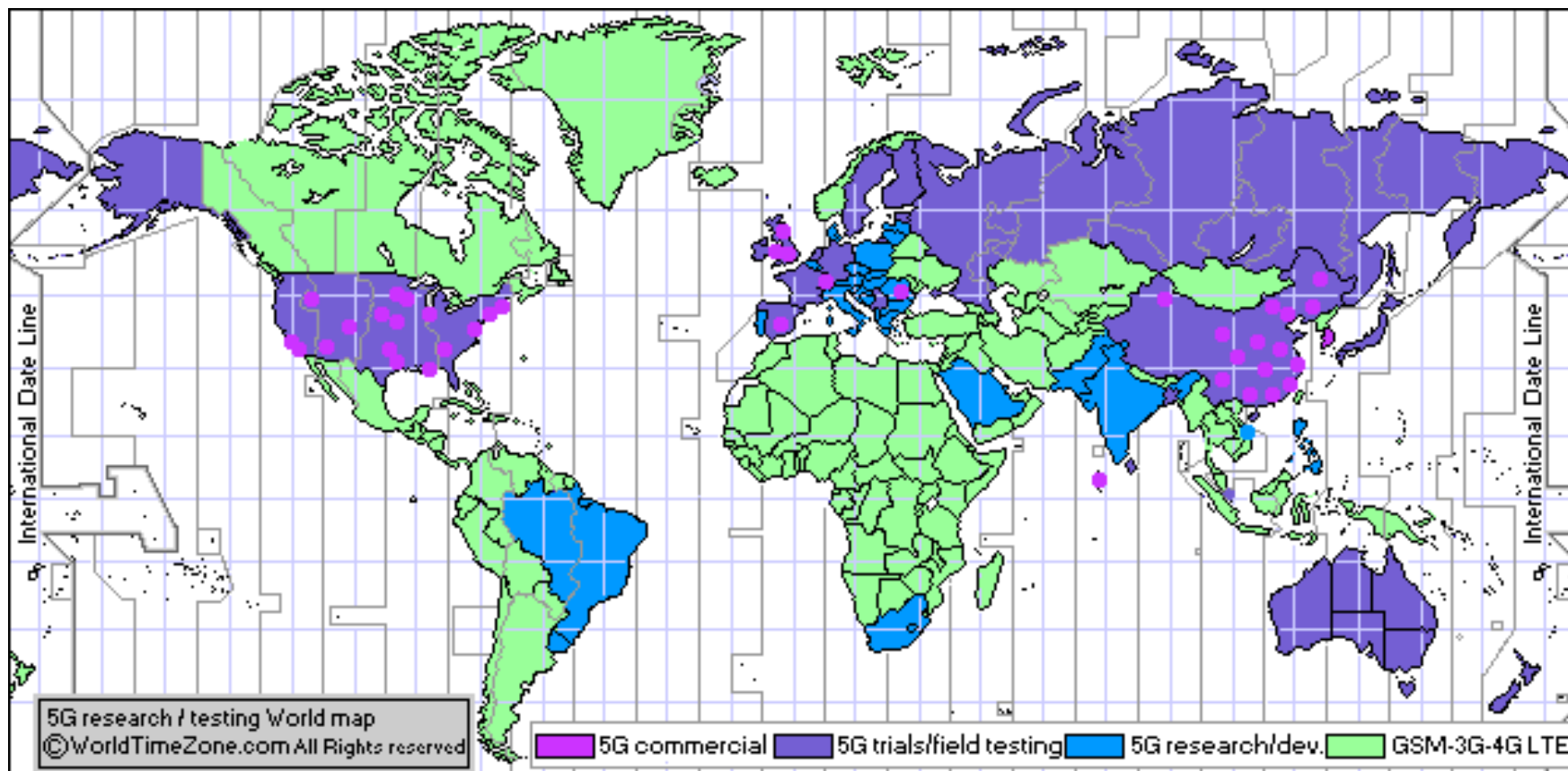
Источник: <http://www.worldtimezone.com/4g.html>

5G през 2018

Country / Territory	5G research/ development	5G trials/field test	5G partial	5G commercial
European Union:	5G PPP	<p>Promoting preliminary trials, under the 5G-PPP arrangement, to take place from 2017 onwards, and pre-commercial trials with a clear EU cross-border dimension from 2018.</p> <p>Ensuring that every Member State will identify at least one major city to be "5G-enabled" by the end of 2020 and that all urban areas and major terrestrial transport paths have uninterrupted 5G coverage by 2025.</p>	To deploy 5G technology for each EU member state at least one city in 2020.	He
Canada	He			
Russia:	5G MegaFon; 5G Rostelecom; 5G MTS ; 5G VimpelCom (Beeline) ;	<p>5G MegaFon / Huawei testing fifth-generation cellular networks via TV channel "Russia 24"</p> <p>5G MTS / Nokia & Ericsson tested at the World Cup soccer games in Russia in 2018.</p> <p>5G trial Rostelecom / Ericsson in St. Petersburg and 5G trial Rostelecom / Nokia in Skolkovo</p>	<p>5G MegaFon tested in Russia World Cup 2018</p> <p>Russian mobile operators are set to launch commercial 5G networks in 2020; MTS, Megafon, Beeline and Tele2 to create a single 5G operator.</p>	He

5G след 2020

Светът на безжичните технологии 2020-2022

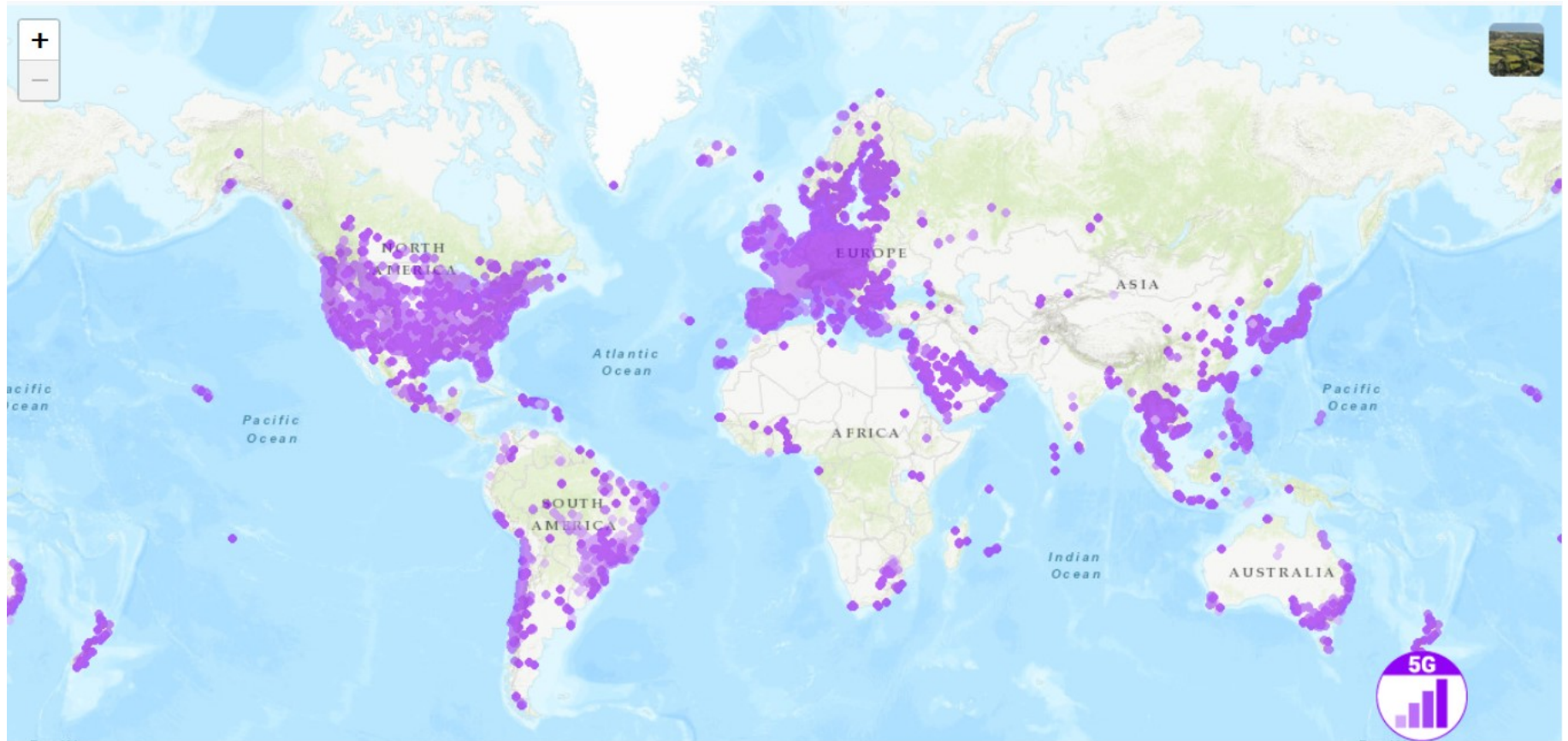


Източник: <http://www.worldtimezone.com/4g.html>

Country / Territory	5G research/ development	5G partial	5G commercial
European Union:	5G Ericsson / Swisscom ; 5G Centre for Communication Systems Research; 5G lab testing - Telefonica / ZTE Corporation	Orange plans to launch 5G in Spain in 2019. Telefonica Germany/ Nokia finished building their "5G Cluster" in Berlin (Dec, 2018) ; Deutsche Telekom and Vodafone Germany plan to launch commercial 5G operations in Germany in 2020. TeliaSonera / Ericsson / KTH Royal Institute of Technology launched 5G testbed in Stockholm (Dec 2018); TeliaSonera plans a commercial launch of 5G in Sweden in 2020	Switzerland, Spain
Canada	He		
Russia:	5G MegaFon; 5G Rostelecom; 5G MTS ; 5G VimpelCom (Beeline) ;	5G MegaFon / Huawei testing fifth-generation cellular networks via TV channel "Russia 24" 5G MTS / Nokia & Ericsson tested at the World Cup soccer games in Russia in 2018. 5G trial Rostelecom / Ericsson in St. Petersburg and 5G trial Rostelecom / Nokia in Skolkovo	He
			China, USA, UK, South Korea

5G- 2022

<https://www.nperf.com/bg/map/5g>



В Европа и света

- Първоначално телеком операторите възприемат WiMAX като разширение на вече предлаганите DSL-услуги, за да осигурят на клиентите си по-голямо покритие с достатъчно високи скорости.
- LTE се възприема като вариант за по-висока пропускателна способност от тази на съществуващите им мрежи.
- Vodafone, Verizon, China Mobile, AT&T, Nokia и Ericsson залагат в оборудването си на LTE.
- Huawei залагат и на двете технологии, прогнозирайки, че в страните от Африка и Латинска Америка дълго време ще господства технологията WiMAX и оборудването им, поддържащо WiMAX/LTE ще доминира именно на тези пазари.
- Началото на хибридните схеми, поддържащи WiMAX/LTE е поставено през 2010г. от компании като Huawei, Vodafone, KDDI, UQ Communication и др.

В Европа и света- началото на 4G/5G

- В края на 2010 г. има 14 действащи LTE мрежи в САЩ, Канада, Япония, Норвегия, Южна Корея и Швеция,
- В края на 2012 г. има вече 31 работещи LTE мрежи в света.
- В края на 2014г. броят на комерсиалните 4G LTE и 4.5G LTE-Advanced мрежи е 45 с близо 411 млн. LTE потребители и 22 млн. LTE-A потребители.
- Достигнати скорости за LTE-Advanced от 300Mbps с 3-band агрегиран пренос.
- През 2012г. в Европа утвърден доста по-масово все още е WiMAX - 18%, отколкото LTE -10% .
- В Русия честотите за WiMAX се разпределят между желаещите оператори едва през 2010г. и през 2013г. WiMAX имат все още превес пред LTE мрежите.
- В края на 2012г. руският телеком оператор „Престиж-Интернет” заявява разрастване на WiMAX мрежата в 150 нови населени места.
- Това се дължи на факта, че оборудването за WiMAX е 4-5 пъти по-скъпо от това за LTE.

В България – началото на 4G

- Получили лиценз за честоти за 4G LTE мрежи - „Нексом България”, „Макс Телеком”, „М-Тел”, „1 one” и „Кериър БГ”
- Същите тези доставчици са придобили лицензи през 2007г., за да реализират WiMAX, но са реализирали покритие към 2015г. все още само в големите градове - „1 one” в 9 града, „Нексом България” в 20 града и „Макс Телеком”, който предлага най-голямо покритие, но основно в градовете и по Черноморието.

В България началото на 4G

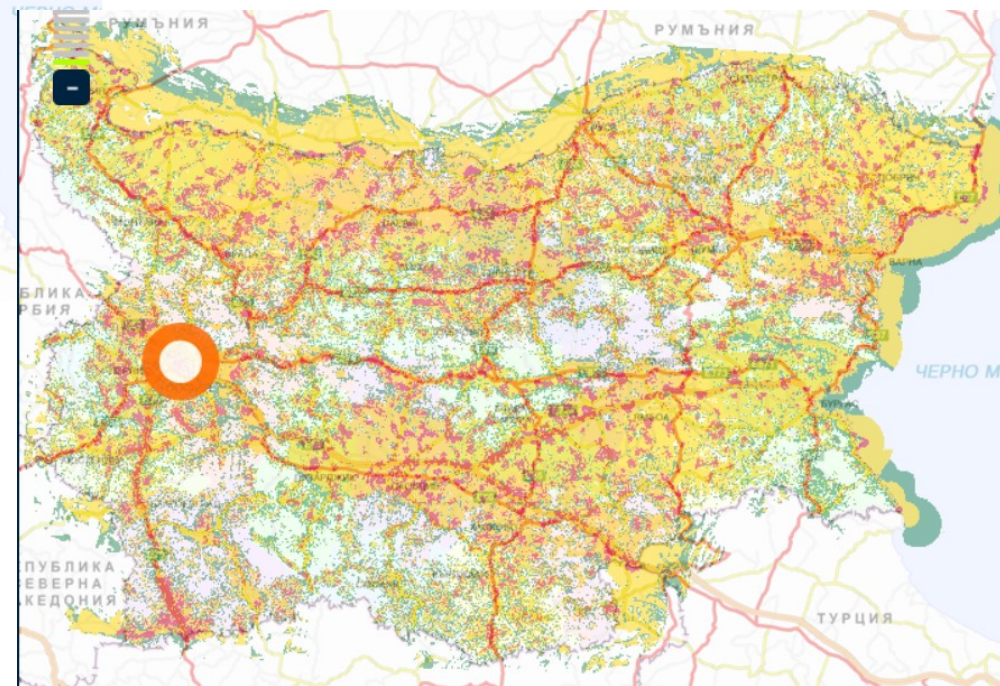
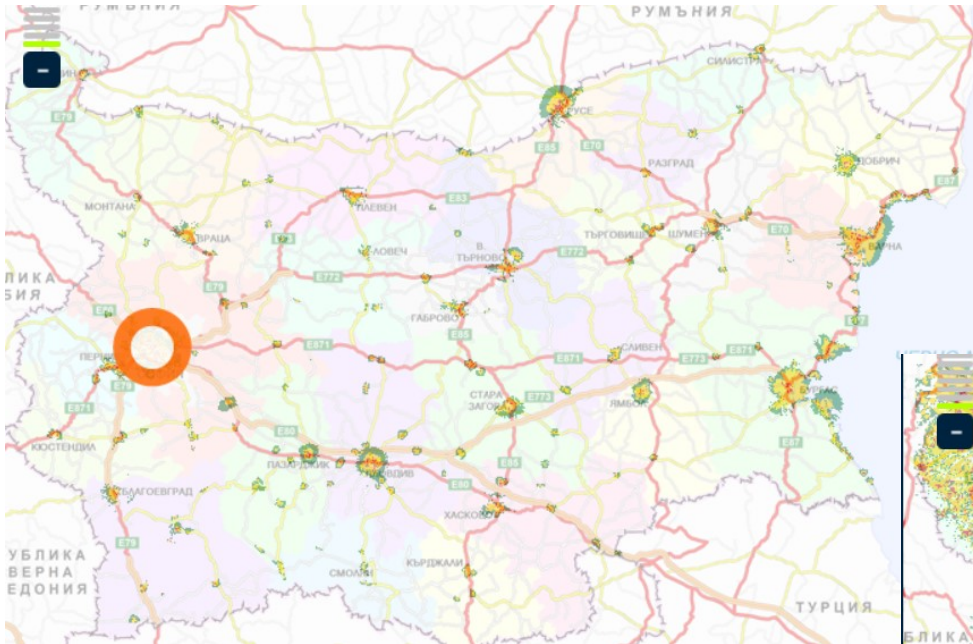
- Големи телеком доставчици на 2G/3G услуги като “Vivacom” , „Globul” -”Telenor” и „М-Тел” до 2016г. не се насочват към този пазар.
- „М-Тел” преотстъпва лиценза си през 2011г. на „Макс Телеком”
- „Globul”-”Telenor” въпреки, че осигурява 99,94% покритие на страната през 2013г., осигурява 75% от приходите си от пренос на глас (2G), а не от пренос на данни (3G) и тази статистика доказва, **че не е необходимо да прави инвестиции в 4G, т.к. те няма да имат възвращаемост в близко бъдеще.** ☺
- “Vivacom” през 2014г. държи най-висок пазарен дял на 3G услуги, поради факта, че осигурява най-добро покритие на страната и гарантира скорост от 42Mbps в 3G мрежата си, но също реализира инвестиции в 4G пазара на услуги едва през 2016г.

В България - началото

- „Макс Телеком” под новото име “Макс” реализира първия LTE пренос на данни, едва на 20.05.2014г. Към 25.08.2015 има покритие в 34 града, в които живее 60% от градското население за България (от 16.10.2014г. Стартира в 5 града с обявени цени на 25.09.2014г.) В началото на 2017 покрива 60% от градското население.
- “Telenor” стартира 4G през декември 2015г. През октомври 2016г., покритието на населението вече е 76%.
- “Mtel” и “Vivacom” през 2016г. също се насочват към реализация на LTE.

5G и 4G - Globul/Telenor/Yettel

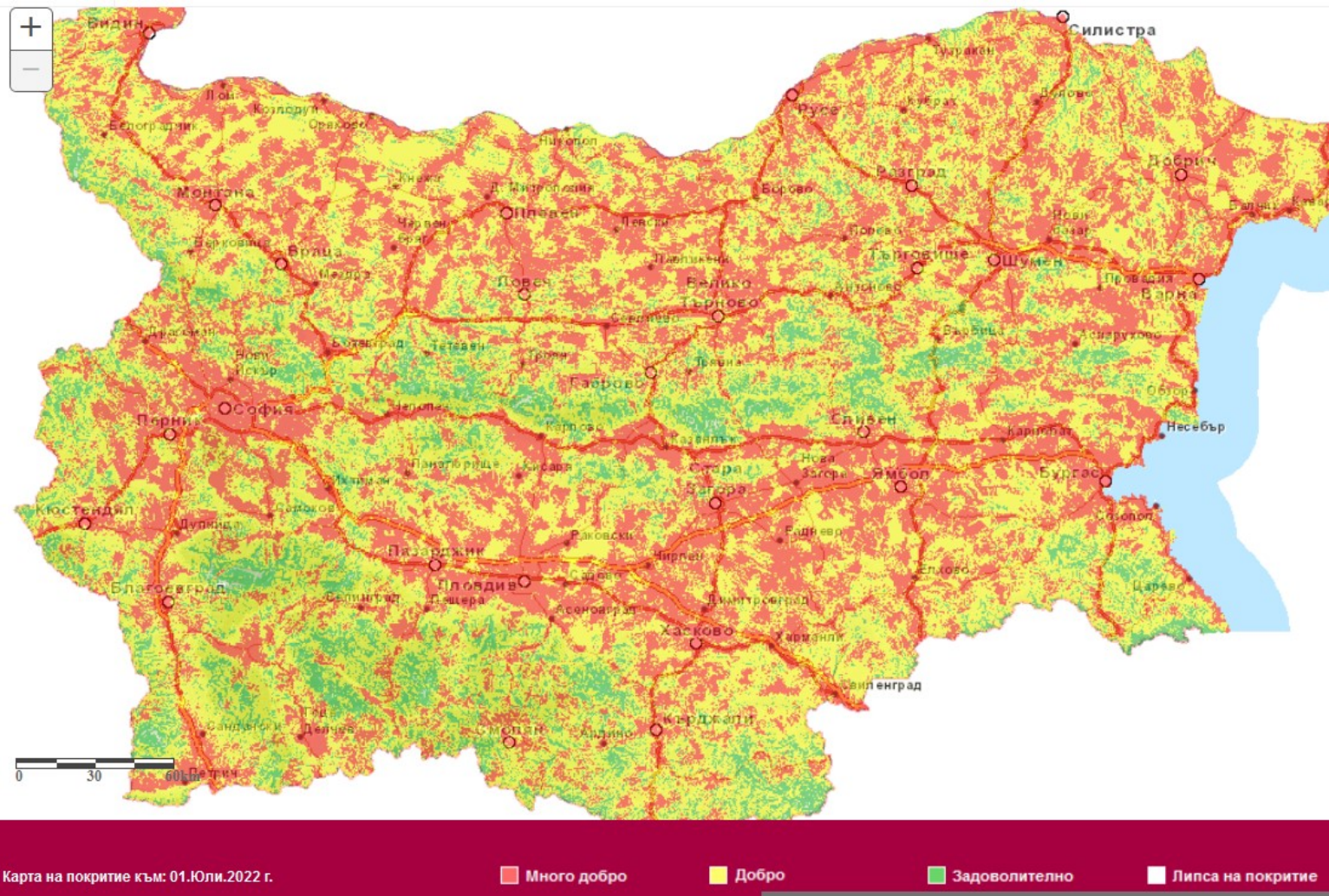
Към 10.08.2022 г. 5G и 4G



Източник: <https://www.yettel.bg/en/coverage-map>

5G и 4G - A1

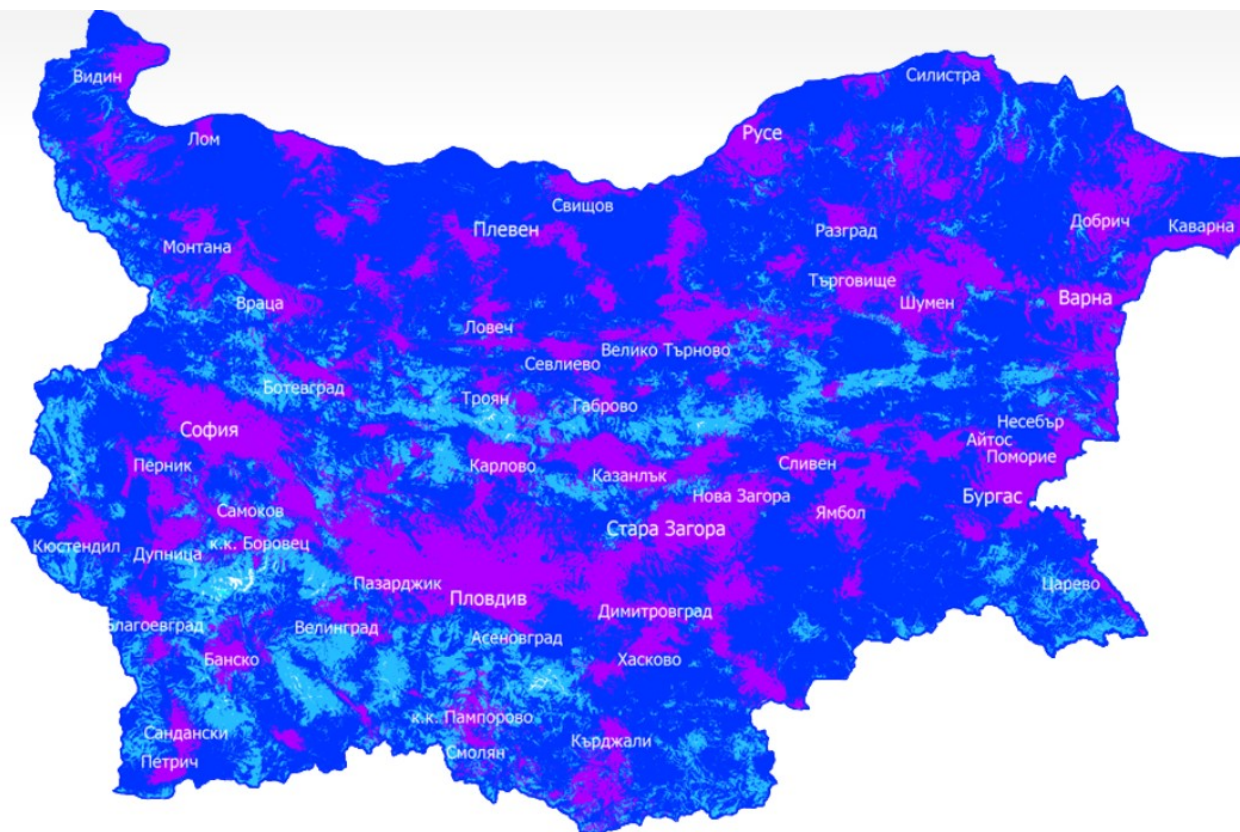
Към 01.07.2022 г.



Източник: <http://www.a1.bg/detailed-coverage-map>

5G и 4G - Vivacom

КЪМ 01.06.2022г.

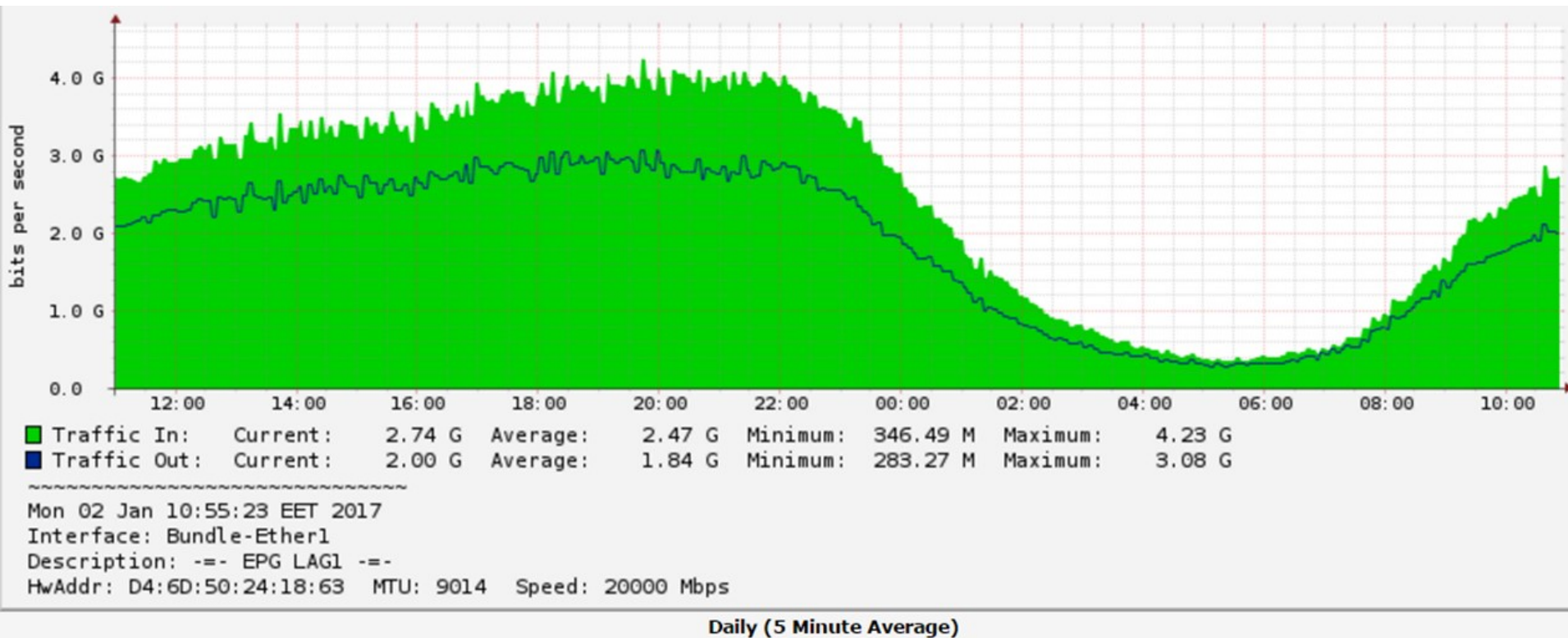


- 5G Максимална скорост на пренос на данните в 5G мрежата на Vivacom: при download – 2071 Mbps, при upload – 167.8 Mbps;
- 4G Максимална скорост на пренос на данните в 4G мрежата на Vivacom: при download – 112 Mbps, при upload – 37.5 Mbps;
- 3G Максимална скорост на пренос на данните в 3G мрежата на Vivacom: при download – 42 Mbps, при upload – 5.74 Mbps;
- 2G Максимална скорост на пренос на данните в 2G мрежата на Vivacom: при download – 236.8 Kbps и upload – 118.4 Kbps;

Източник: <https://www.vivacom.bg/bg/residential/ceni-i-uslugi/mobilni-uslugi/pokritie>

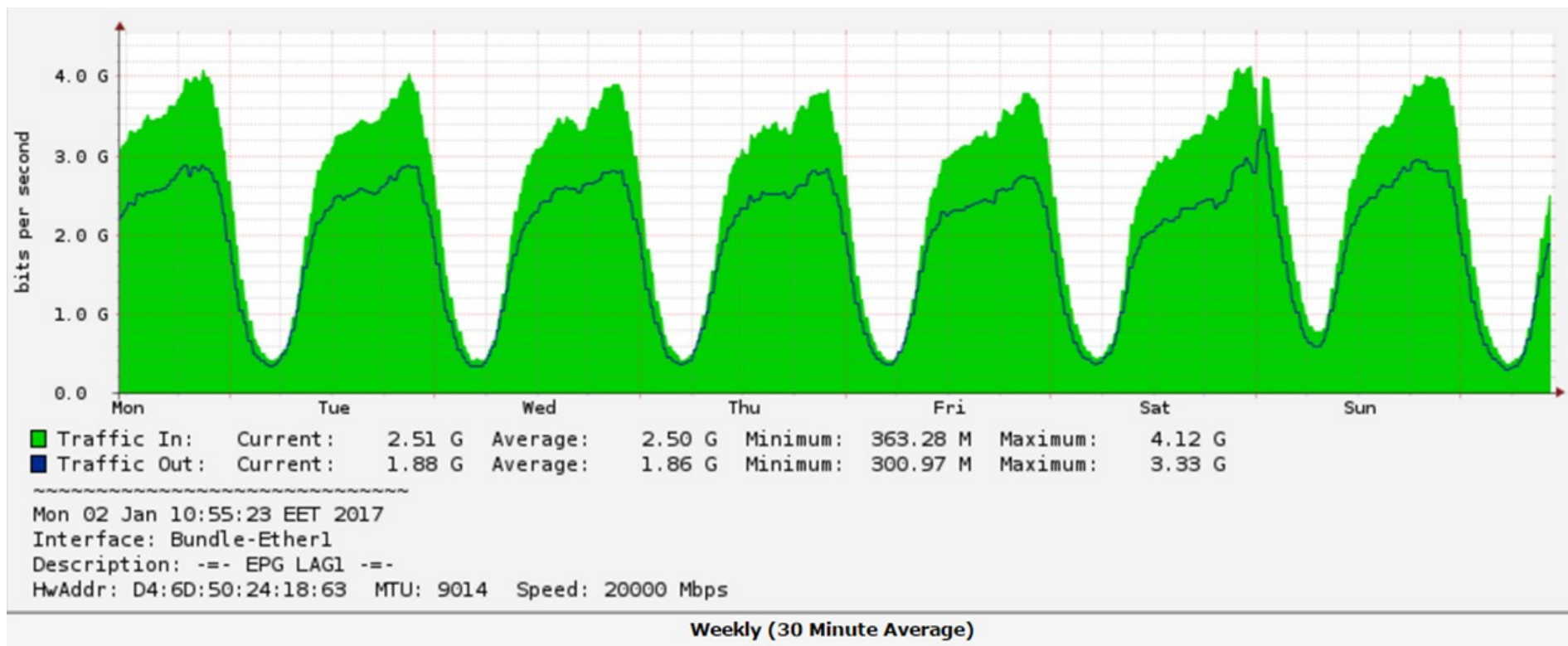
Трафик в устройство от IP core на мобилната мрежа

- Дневен товаров график – почивен ден



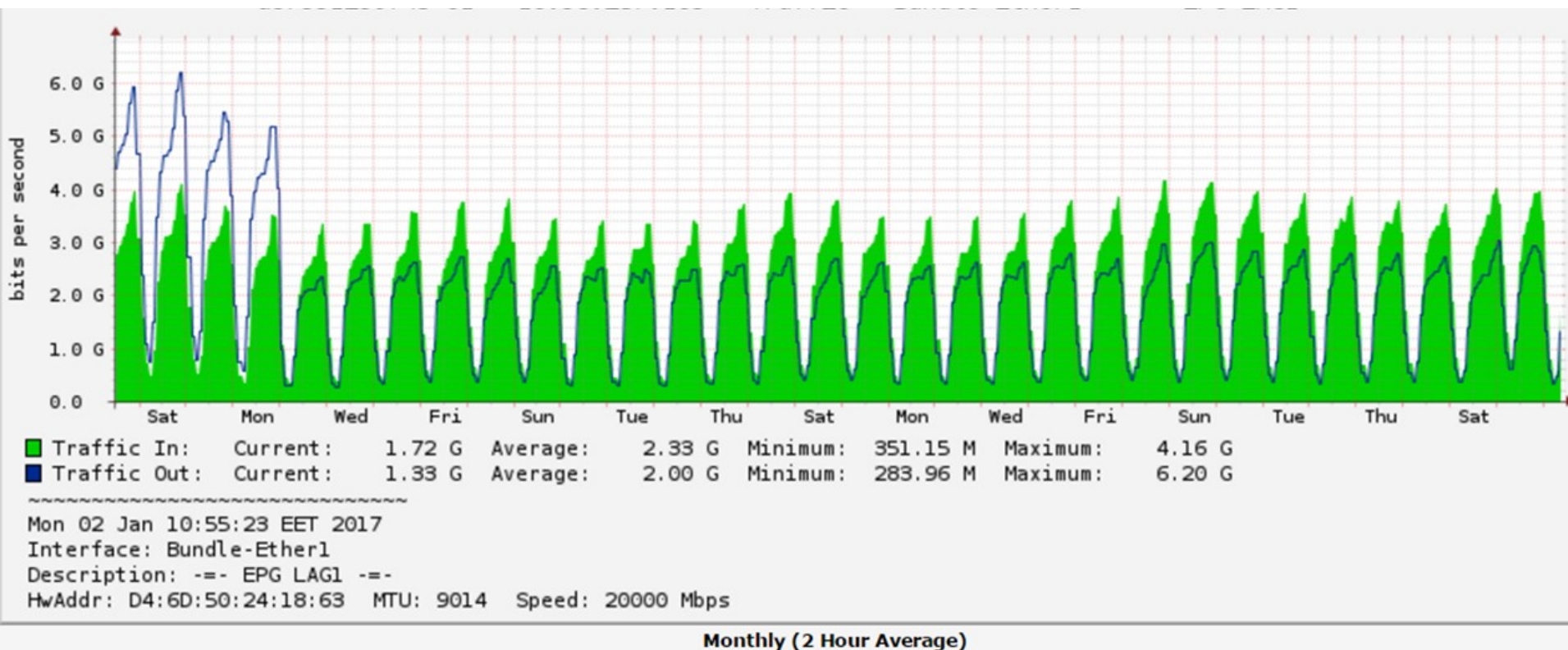
Трафик в устройство от IP core на мобилната мрежа

- Седмичен товаров график



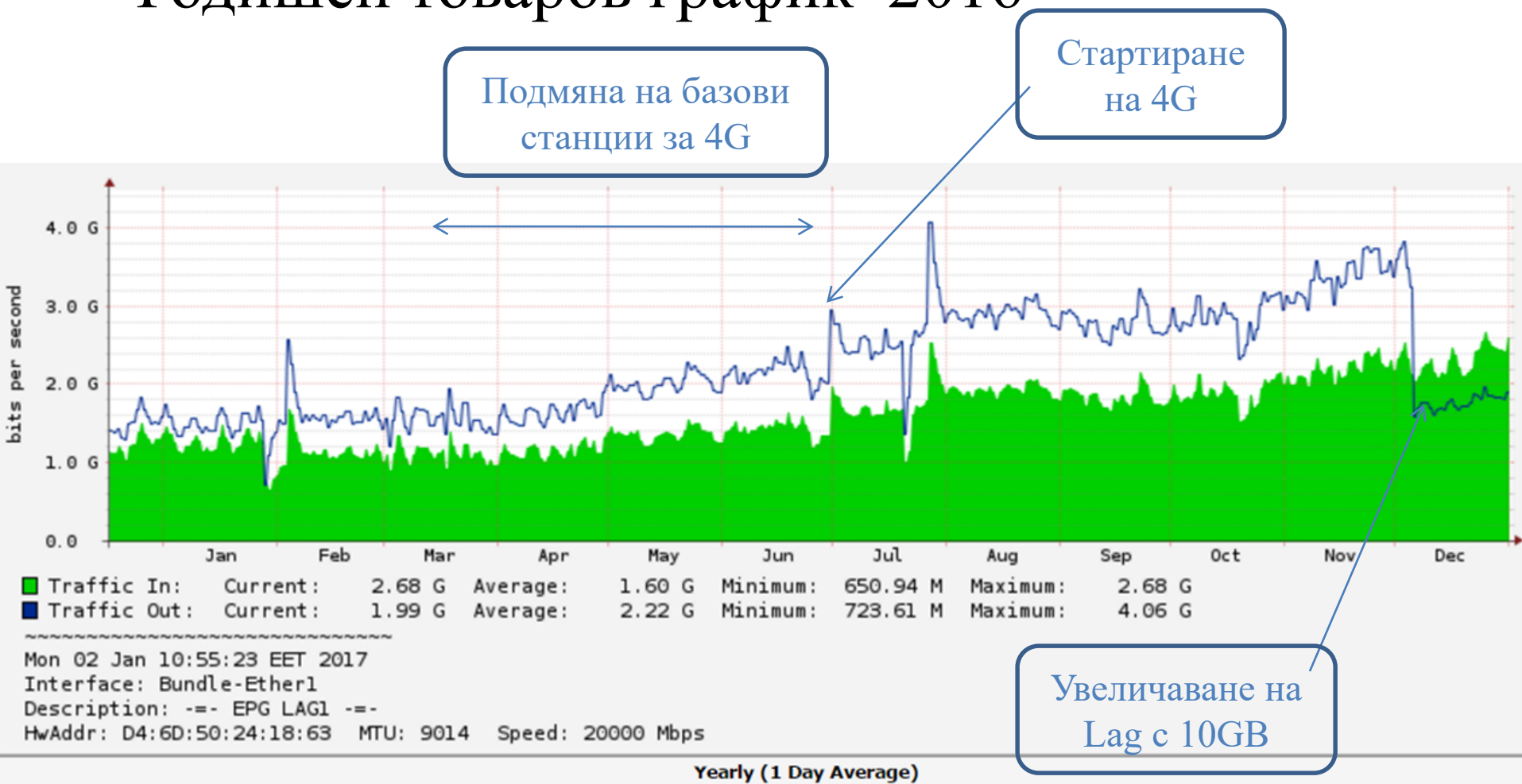
Трафик в устройство от IP core на мобилната мрежа

- Месечен товаров график

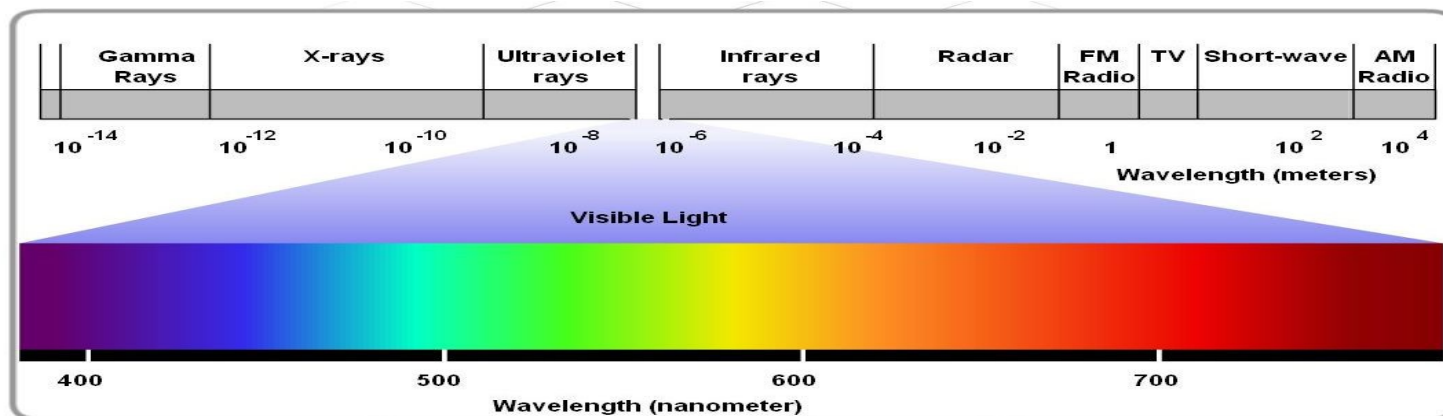


Трафик в устройство от IP core на мобилната мрежа

- Годишен товаров график 2016



Същност на безжичните технологии

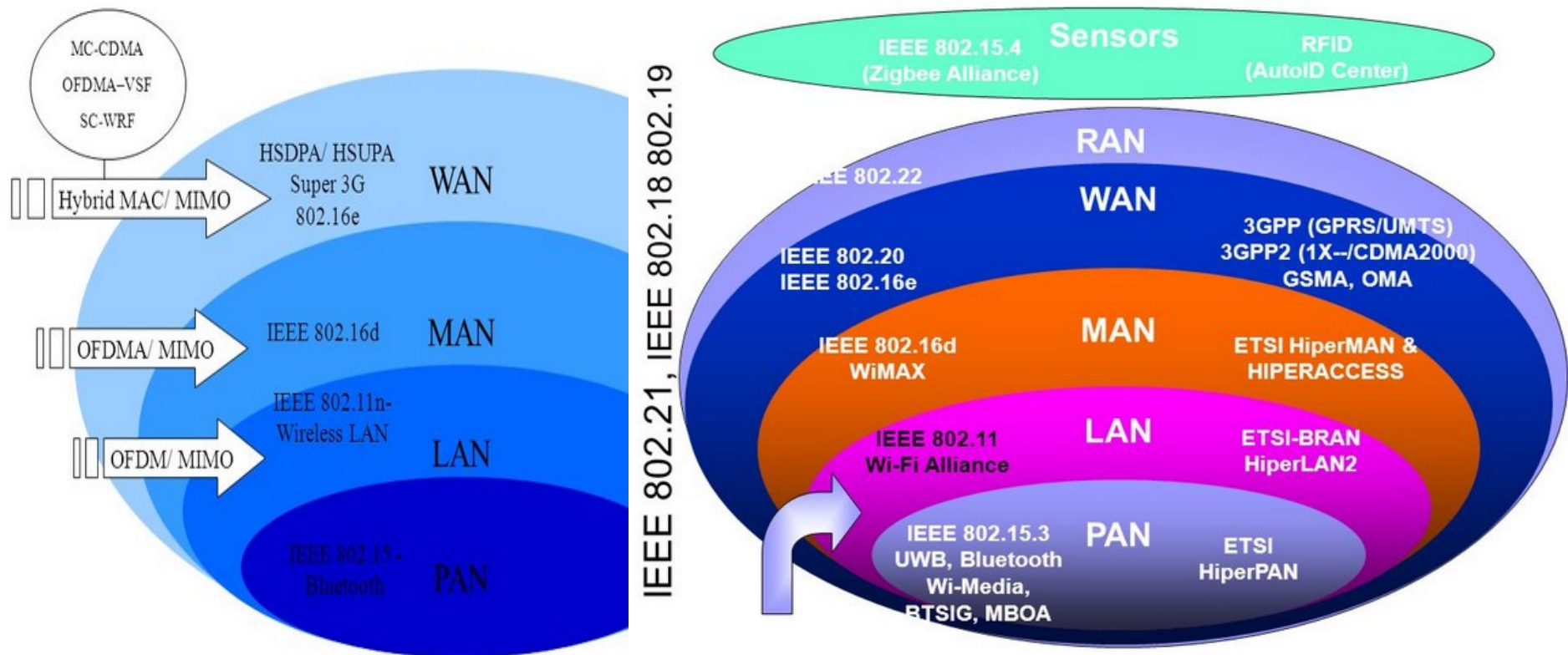


- Някои видове електромагнитни вълни не са подходящи за пренасяне на данни.
- Други части на спектъра са регламентирани от правителствата и лицензирани за различни организации или за специфични приложения.

Характеристики на средата

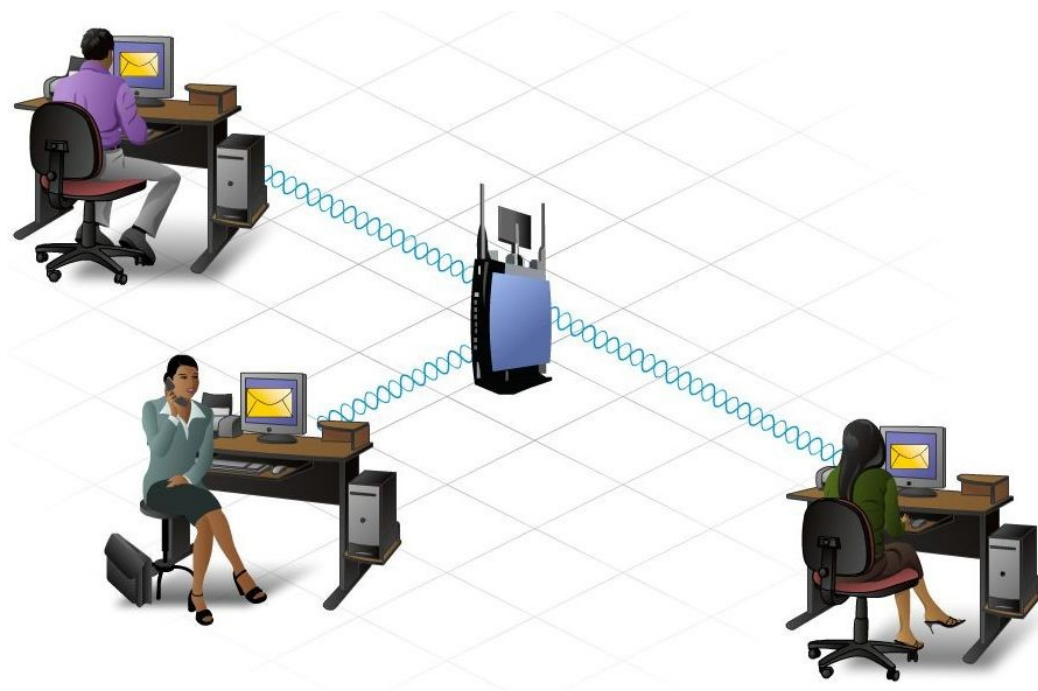
- Устройствата трябва да позволяват няколко режима на работа за пренос на глас, видео, текст, изображения
- Да позволяват roaming
- Да позволяват връзка с ≥ 2 LANs в MAN area
- Енергията е особено важен ресурс в мрежи, където устройствата не могат да презаредят батериите си. (сензорни мрежи)
- Безжичните мрежи решават най-важния проблем на икономическата инфраструктура - бързо, надеждно и сравнително евтино на места, където за прокарването на кабелна мрежа трябва големи инвестиции и продължително време.

Видове Wireless мрежи



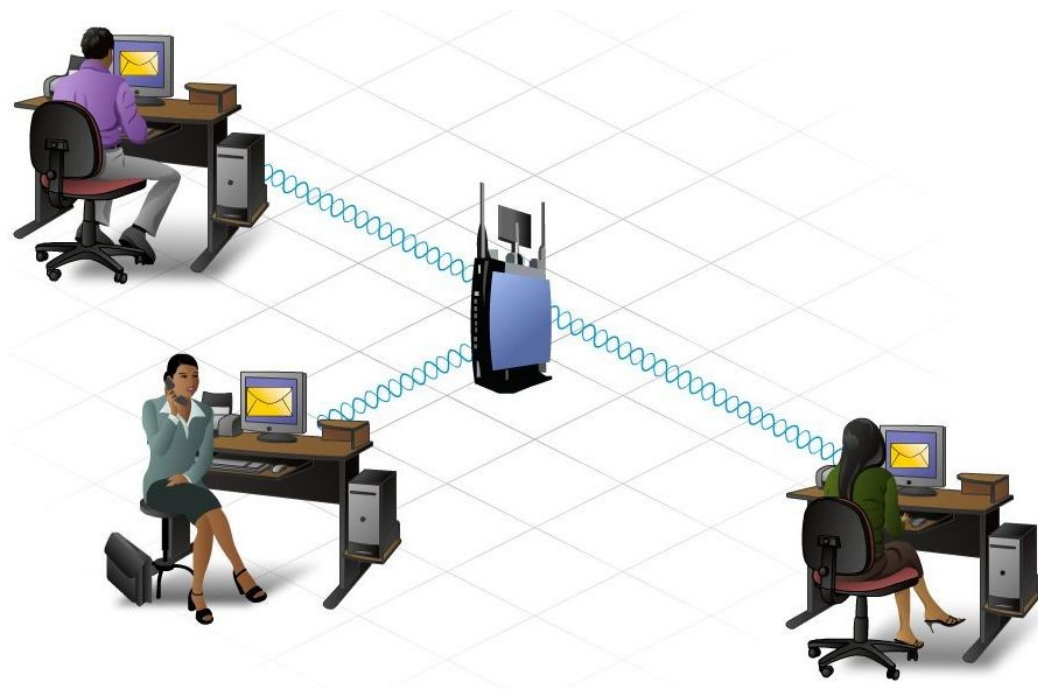
Предимства на Wireless

- Удобство
- Мобилност
- Продуктивност
- Лесно внедряване
- Разширяемост
- Цена
- Свързване на абонати, разпръснати в слабо населена (и труднодостъпна) територия

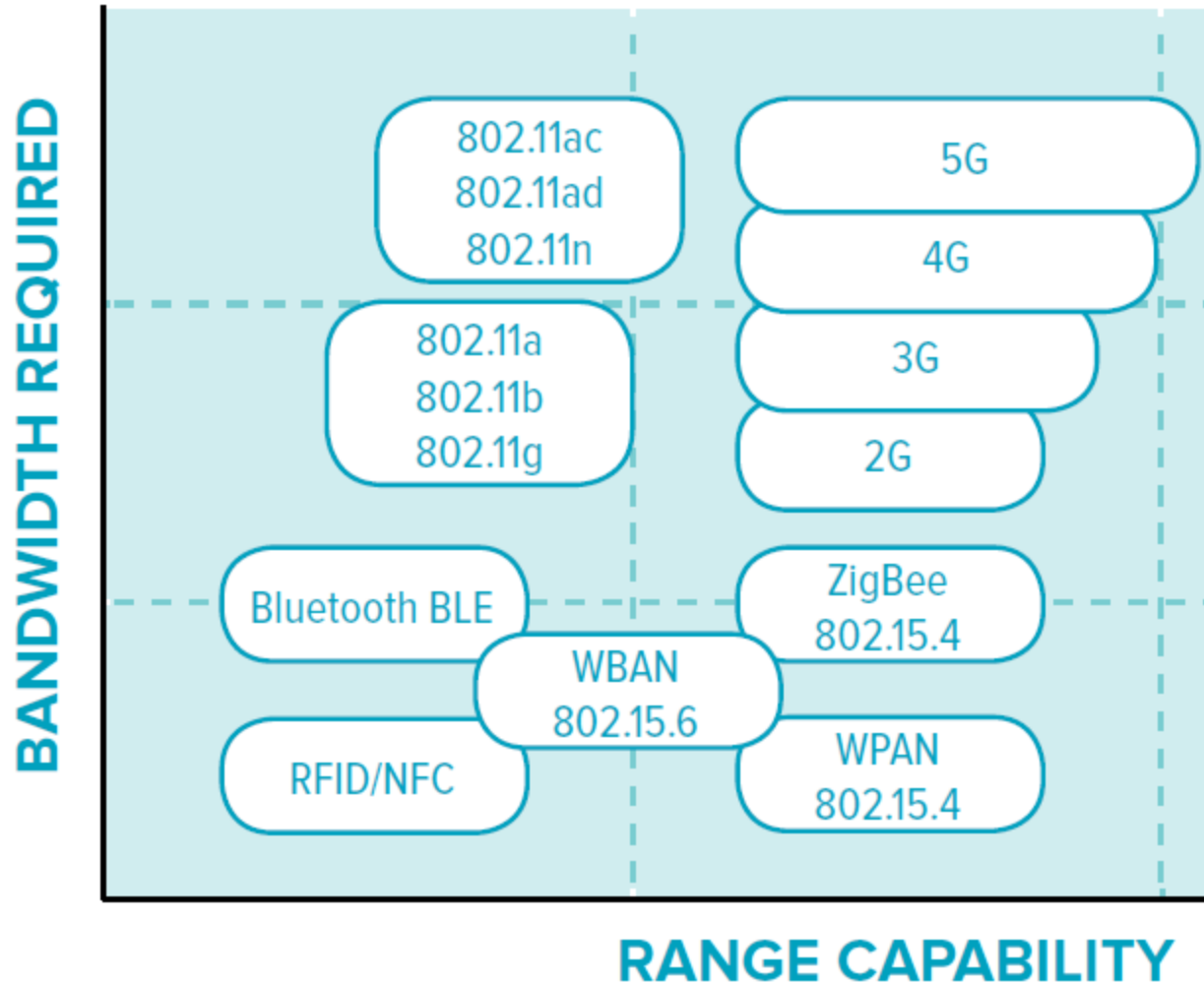


Недостатъци на Wireless

- Сигурност
- Обхват
- Надеждност
- Скорост



Стандарти



Стандарти 802.11-преди

Версия	Дата	Работна честота	Bandwidth	Скорост	Максимална скорост	Обхват в помещение	Обхват навън
Legacy	1997	2.4 GHz	20 MHz	0,9 Mbit/s	2 Mbit/s	~20 метра	~100 метра
802.11a	1999	5 GHz	20 MHz	23 Mbit/s	54 Mbit/s	~35 метра	~120 метра
802.11b	1999	2.4 GHz	20 MHz	4.3 Mbit/s	11 Mbit/s	~38 метра	~140 метра
802.11g	2003	2.4 GHz	20 MHz	19 Mbit/s	54 Mbit/s	~38 метра	~140 метра
802.11n	2009	2.4 GHz / 5 GHz	20, 40 MHz	130 Mbit/s	300 Mbit/s	~70 метра	~250 метра
802.11y	2008	3.7 GHz	20, 40 MHz	23 Mbit/s	54 Mbit/s	~50 метра	~5000 метра

Стандарти 802.11-сега

Версия	Дата	Работна честота	Bandwidth	Скорост	Максимална скорост	Обхват в помещение	Обхват навън
802.11n (WiFi 4)	2009	2.4 GHz / 5 GHz	20, 40 MHz	130 Mbit/s	300 Mbit/s	~70 метра	~250 метра
802.11ac (WiFi 5)	2012	5 GHz	20, 40, 80, 160 MHz	87,6 Mbit/s	866,7 Mbit/s	-	-
802.11ad	декември 2012 г.	60 GHz		6,7 Gbps		на 3,3 метра	на 3,3 метра
802.11ah (Wi-Fi HaLow)	май 2017 г	Под 1GHz (на 900MHz)		до 347Mbps	За IoT с ниска консумация		
802.11aj (като China Millimeter Wave)	2018	59-64GHz в Китай	За съвместимост с 802.11ad				
802.11ax (Wi-Fi 6)	юли 2019 г	2.4 GHz / 5 GHz	С висока плътност			летища	спортни стадиони

Стандарти 802.15

Версия	Наименование	Дата	Работна честота	Максимална скорост	Обхват в помещение
802.15.1	WPAN / Bluetooth	2002		3.0 и 4.0 25Mbps 5.0 50Mbps	3.0 и 4.0 60m 5.0 240m
802.15.3	High Rate WPAN	2003	57–66 GHz	.3a 11-55 Mbps .3b , .3c 5.3 Gbit/s	10m
802.15.4	Low Rate WPAN	2003	314-316MHz, 430-434MHz, 779-787MHz, 950 -956MHz	4a,.4b,.4c,.4d,.4e,.4g	
802.15.5	ZigBee, , 6LoWPAN, Wireless HART, ISA100.11a.	2003		До 10 Mbps	10-20m
802.15.6	Body Area Networks	2012			
802.15.7	Visible Light Communication	2011			
802.15.8	Peer Aware Communications	2012			
802.15.9	Key Management Protocol	2011			
802.15.10	Layer 2 Routing	2013			

Стандарти 802.16

Версия	Дата	Наименование
802.16	2001	Fixed Broadband Wireless Access (10–66 GHz)
802.16.2	2004	IEEE Recommended Practice for Local and metropolitan area networks Coexistence of Fixed Broadband Wireless Access Systems (Maintenance and rollup of 802.16.2–2001 and P802.16.2a)
802.16k	2007	IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Access Control (MAC) Bridges Amendment 2: Bridging of IEEE 802.16 (An amendment to IEEE 802.1D)
802.16	2012	IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems It is a rollup of 802.16h, 802.16j and Std 802.16m (but excluding the WirelessMAN-Advanced radio interface, which was moved to IEEE Std 802.16.1).
802.16.1	2012	IEEE Standard for WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems.
802.16p	2012	IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems Amendment 1: Enhancements to Support Machine-to-Machine Applications
802.16.1b	2012	IEEE Standard for WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems Amendment 1: Enhancements to Support Machine-to-Machine Applications
802.16n	2013	IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems Amendment 2: Higher Reliability Networks
802.16.1a	2013	IEEE Standard for WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems Amendment 2: Higher Reliability Networks

Стандарти

- 802.20

Наименование	Дата	Работна честота	Максимална скорост
Mobile Broadband Wireless Access (MBWA) iBurst (or HC-SDMA , High Capacity Spatial Division Multiple Access)	2005	Под 3.5 GHz	80 Mbit/s

- 802.21

Наименование	Дата	Работна честота	Максимална скорост
handover mechanisms- roaming between 802.11 networks and 3G cellular networks	2008		

Стандарти

- 802.22

Наименование	Дата	Работна честота	Максимална скорост
wireless regional area network (WRAN) using white spaces in the TV frequency spectrum	July 2011	54 MHz 862 MHz	19 Mbit/s до 30 km

- 802.18

Наименование	Дата	Регулира честоти на:
Radio Regulatory Technical Advisory Group (RR-TAG)	2002 2014	IEEE 802.11, IEEE 802.15, IEEE 802.16, IEEE 802.20, IEEE 802.21 , IEEE 802.22

- 802.19

Наименование	Дата	Описание
Wireless Coexistence Technical Advisory Group (TAG) within the IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee	2015 2016	съвместно съществуване между безжични мрежи с нелицензиран спектър в едно и също място за преодоляване на смущения

Метод за достъп до средата

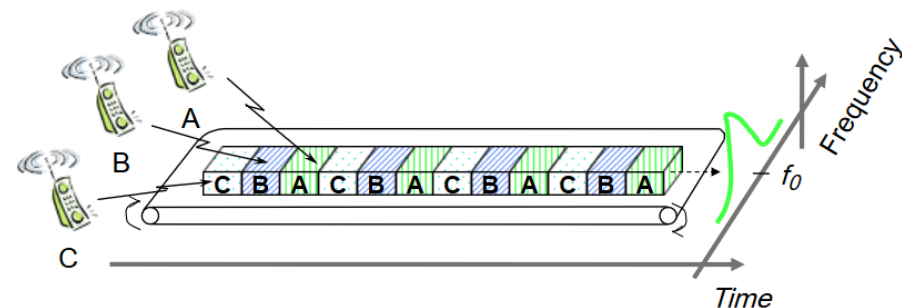
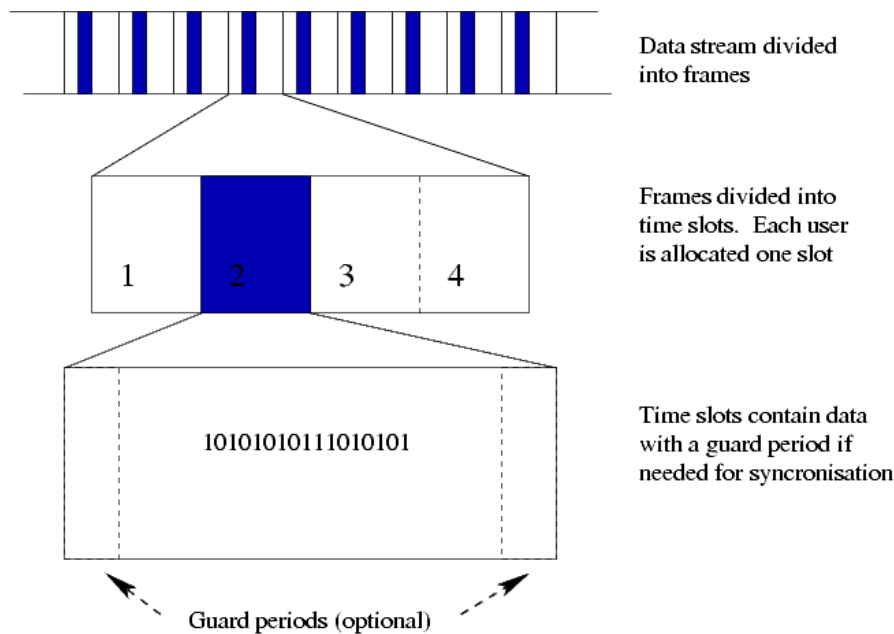
- Методът за достъп до преносната среда определя начинът по който няколко устройства ползват обща преносна среда, за да предават/приемат през нея.
- Делят се на:
 - **Channel based** - достъпът се реализира с мултиплексиране, което позволява няколко потоци данни / сигнали да споделят една и съща физическа среда за пренос. То се осигурява от физическия слой.
 - **Packet based** - достъпът също се основава на протокол за множествен достъп и контролен механизъм- контрол на достъпа до средата (MAC). Той се осигурява от MAC подслоя на DataLink слоя на модела OSI.

Методи за достъп

Метод за достъп до средата	Честота(F), време(T), код (C), поляризация(P), Пулс (P)	Конкретни реализации
Channel based	FDMA	OFDMA, WDMA, SC-FDMA
	TDMA	MF-TDMA, STDMA
	CDMA	W-CDMA, TD-CDMA, TD-SCDMA, DS-CDMA, FH-CDMA, MC-CDMA
	SDMA	HC-SDMA
	PDMA	
	PAMA	
Packet based	Collision recovery	ALOHA, Slotted ALOHA, R-ALOHA, AX.25
	Collision avoidance	MACA, MACAW, CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA, DCF, PCF, HCF, CSMA/CARP
	Collision free	Token ring, Token bus, MS-ALOHA
	Delay & disruption tolerant	MANET, VANET, DTN, Dynamic Source Routing
Duplex methods	TDD, FDD	

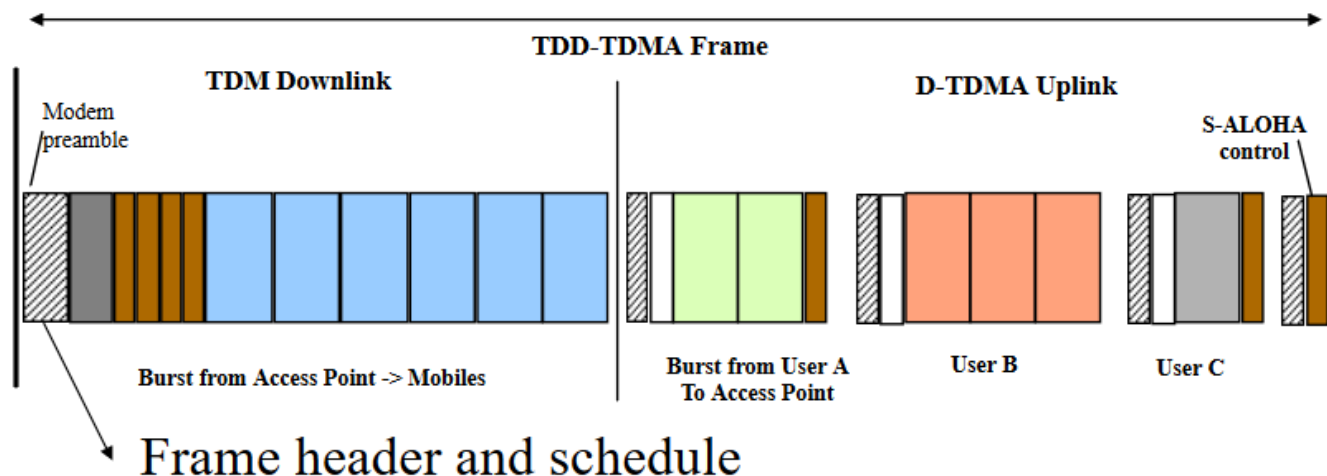
Метод за достъп - TDMA

- Time division multiple access (TDMA) – метод за достъп на няколко потребители до споделена преносна среда чрез разделяне на сигнала в различни времеви интервали.
- Всеки потребител предава в собствен времеви слот, един след друг по канала за връзка.
- TDMA се използва в цифровите 2G клетъчни системи като GSM, DECT стандарт за преносими телефони, спътникови системи, PON мрежи.



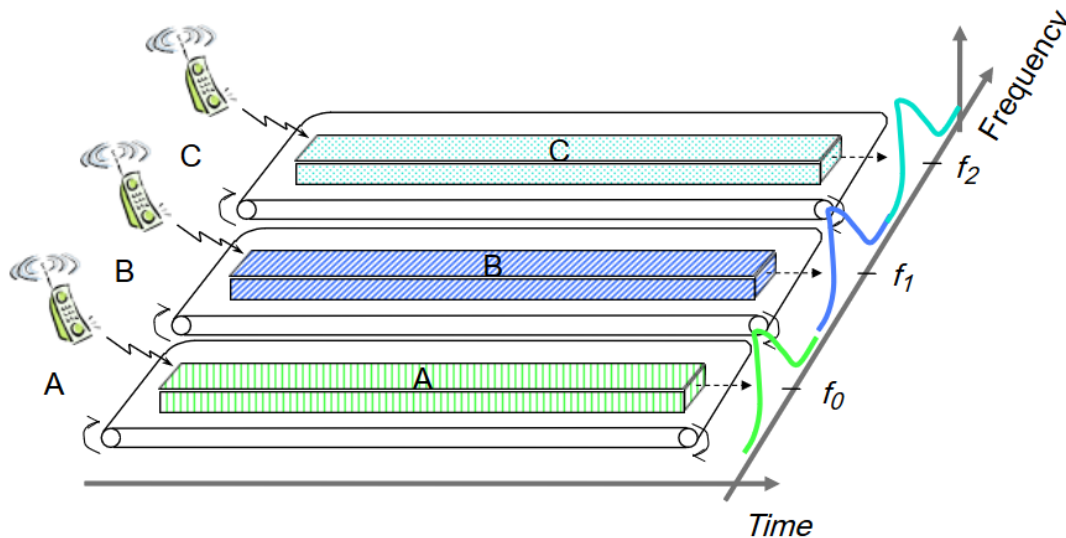
Метод за достъп – Dynamic TDMA

- Dynamic TDMA - алгоритъм за планиране, който динамично запазва променлив брой времеви интервали във всеки фрейм за променливи потоци от данни, въз основа на изискванията на всеки поток от данни.
- Dynamic TDMA се използва в HIPERLAN/2 IEEE 802.16a WiMax, Bluetooth.



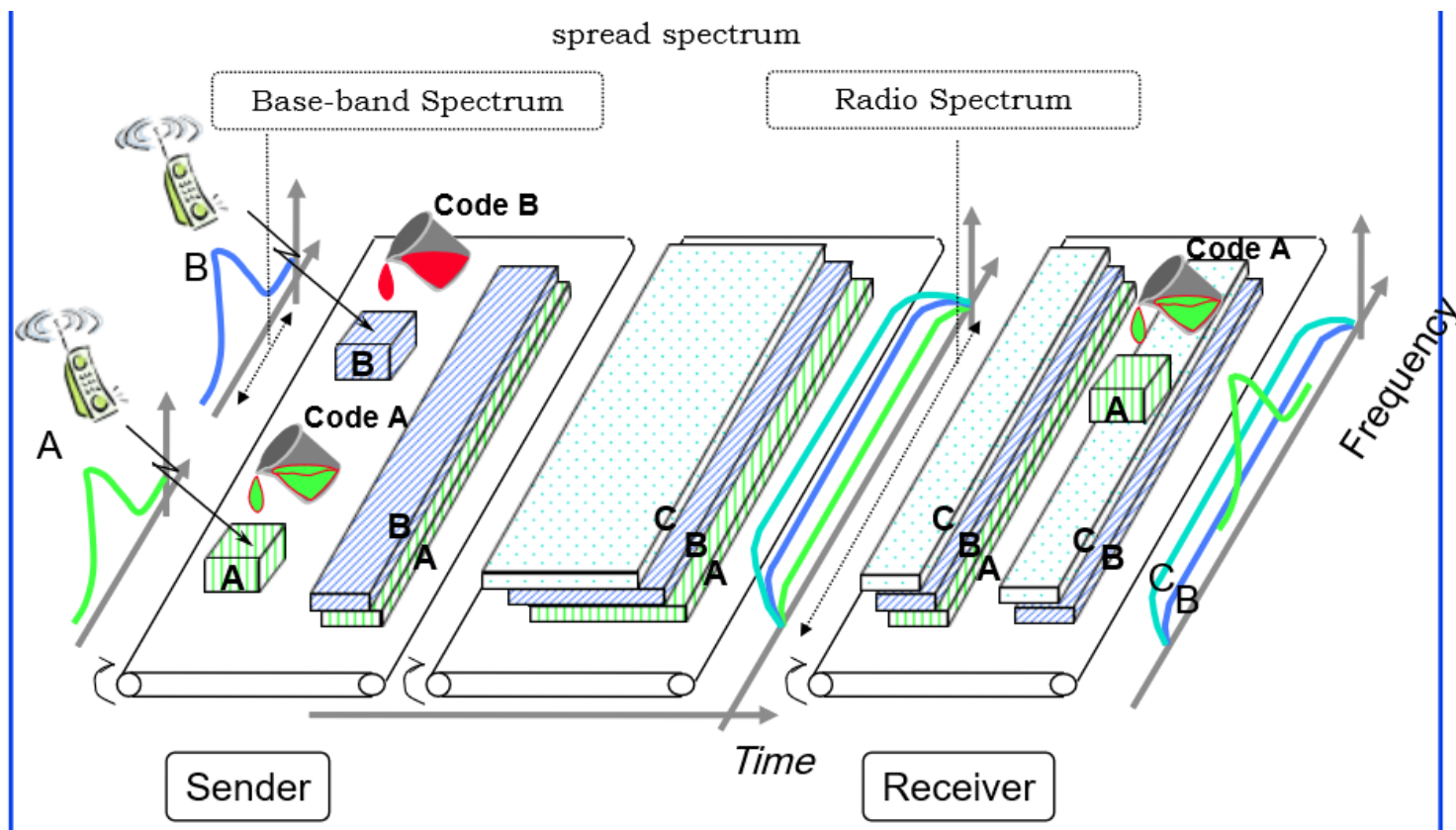
FDMA

- Достъп на няколко потребители, при които се разпределя индивидуално на една или няколко честотни ленти/канални.
- За сателитна комуникация.



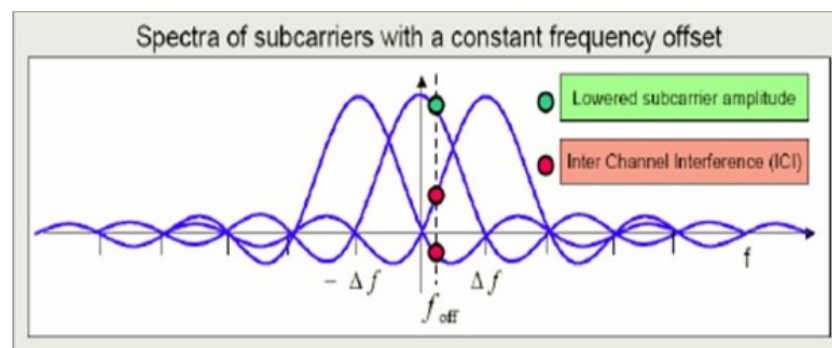
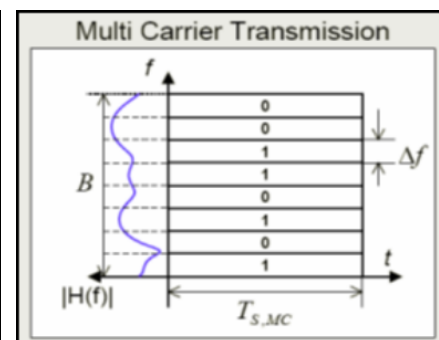
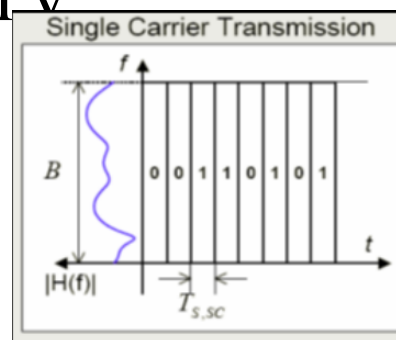
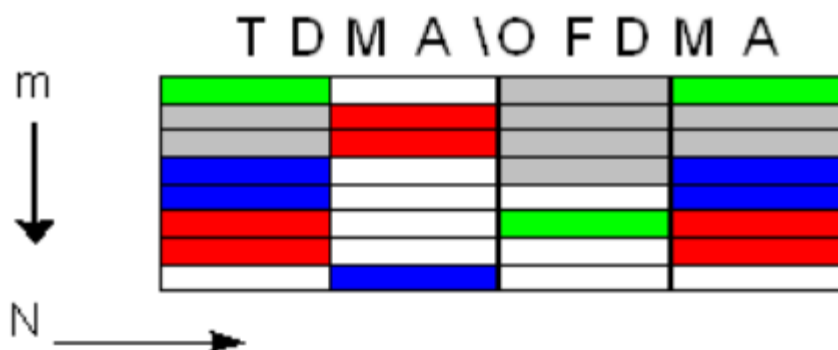
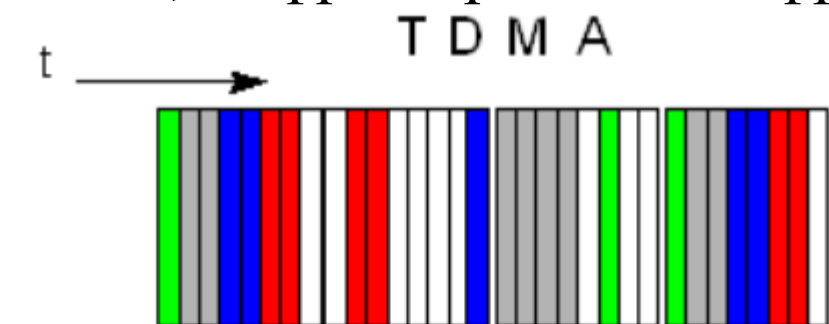
CDMA

- Няколко потребители споделят една честотна лента като на всеки предавател е присвоен код
- CDMA се използва в 3G на GSM.

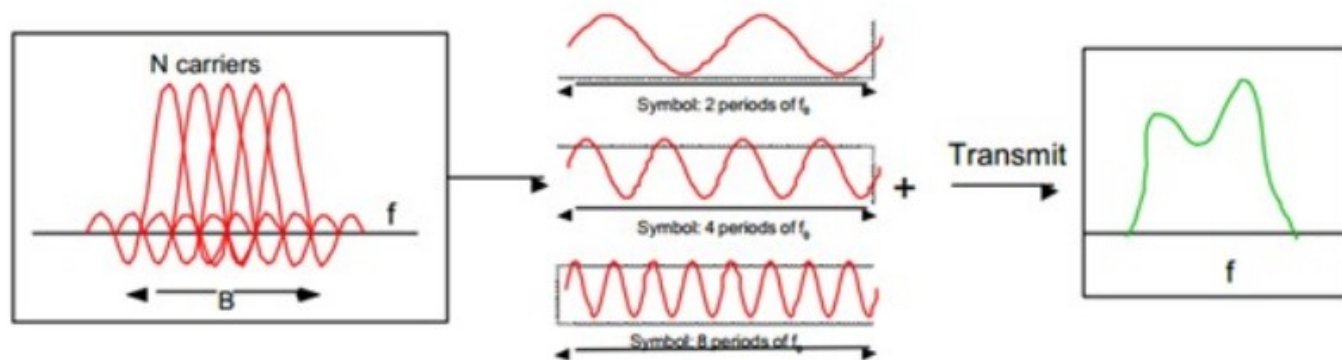


OFDMA

- Подканалите са в честотния домейн, а OFDMA символите са във времевия.
- Динамично се разпределят и позволява адаптивна модулация/кодиране/ контрол на енергията
- Използва се в 802.11a,g,n,ac, HiperLAN/2, Mobile WiMAX, LTE, цифрово радио и цифрова TV



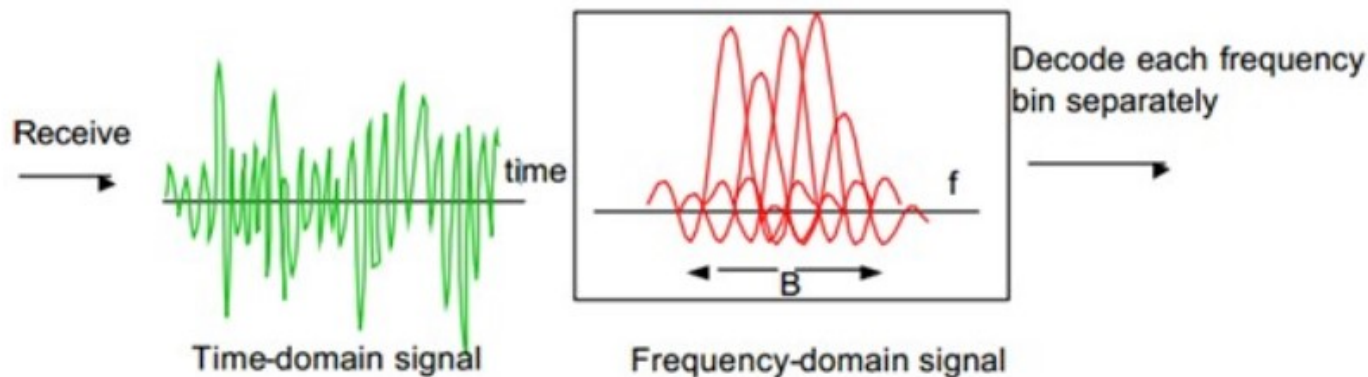
OFDMA- кодиране



Data coded in
frequency domain

Transformation to time domain:
each frequency is a sine wave
in time, all added up

Channel frequency
response



Въпроси ?

Благодаря за вниманието !