



## DEVELOPMENT OF A 5G MODEL OF COMMUNICATION IN COMPUTER NETWORKS

**Abstract:** Nowadays, the principle of operation of computer networks is widely developed. Networks are created and developed based on the amount of the transmitted information and its type. In the present scientific development of a 5G model of communication in computer networks is being conducted.

### Author information:

#### Daniel Denev

PhD Student

Faculty of Technical Sciences

at Konstantin Preslavsky – University of Shumen

✉ slimshady33@abv.bg

🌐 Bulgaria

#### Keywords:

5G, Communication, Computer Networks,

Huawei.

#### Ekaterina Konstantinova

Student

Faculty of Technical Sciences

at Konstantin Preslavsky – University of Shumen

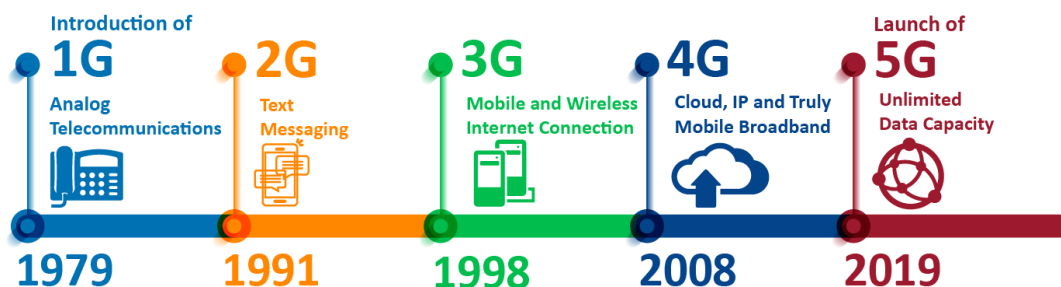
✉ katminkova2@gmail.com

🌐 Bulgaria

### 1. Въведение

**5G** обикновено се разглежда като пето поколение клетъчна мрежова технология, която осигурява широколентов достъп. Индустриалната асоциация ITU дефинира всяка система, използваща „5G NR“ софтуер като „5G“. През септември 2018 г. ITU изпраща своя „5G NR“ софтуер на 3GPP за стандартизация. Към края на 2018 година 5G започва своето навлизане и употреба като клетъчна технология. Изискванията на стандарта ITU IMT-2020 гласят, че до 2020 година, 5G трябва да е основен представител на много държави и 5G да е основната клетъчна мрежа. Тя е пряк наследник и приема всички технологии като GSM, UMTS, LTE, LTE Advanced Pro от своите предходни модели 2G, 3G и 4G (фиг. 1).

## The Evolution of 5G



Фиг. 1. Развитие на мрежите

Първите доста значителни развивания са направени през април 2019 г. в Южна Корея. SK Telecom е заявила 38 000 базови станции, KT Corporation 30 000 и LG U Plus – 18 000. От всички заявени станции 85% са в шест големи града. Те използват 3, 5 GHz честотен спектър в несамостоятелен (NSA) режим и тестваните скорости са от порядъка на 193 до 430 Mbit/s.

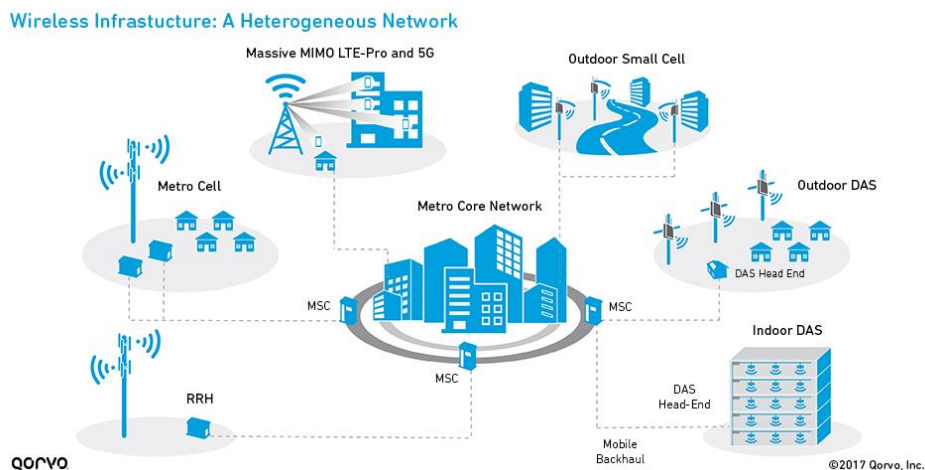
Verizon открива услугата за много ограничен брой базови станции в американските градове Чикаго и Минеаполис, използвайки 400 MHz милиметрови вълни в режим NSA от спектъра от 28 GHz. Скоростите на изтегляне в Чикаго са от 80 до 900 Mbit/s. Скоростите на качване са от 12 до 57 Mbit/s. Времето на закъснение за двупосочно връщане е 25 милисекунди. През май 2019 г. е съобщено, че на някои места услугата 5G на Verizon редовно ще достига скорост 1 Gbit/s.

Пет компании продават 5G радио хардуер и 5G системи. Това са: Huawei, ZTE, Nokia, Samsung и Ericsson.

## 2. Общ преглед на 5G

5G мрежите са цифрови клетъчни мрежи, в които зоната на обслужване е покрита от доставчиците и е разделена на мозайка от малки географски зони, наречени клетки. Аналогови сигнали, представляващи звуци и изображения, се цифровизират в телефона, конвертират се от аналогов към цифров преобразувател и се предават като поток от битове [2], [3], [4].

Всички 5G безжични устройства в клетка комуникират чрез радиовълни с локална антенна решетка и нискомощен автоматизиран приемо-предавател (предавател и приемник). Информацията се обслужва в клетката по честотни канали, зададени от трансивъра от общ пулт с честоти (фиг. 2).



Фиг. 2. Wireless инфраструктура

Местните антени са свързани с телефонната мрежа и интернет чрез високоскоростна оптична или безжична връзка. Подобно на съществуващите мобилни телефони, когато потребителят премине от една клетка към друга, мобилното им устройство автоматично се „предава“ безпроблемно на антената в новата клетка. Има планове да се използват на всякъде милиметрови вълни за развитието на 5G, като такива са изпробвани първоначално в Чикаго. Милиметровите вълни имат по-малък обхват от микровълните, следователно клетките са ограничени до по-малък размер. Вълните също имат проблеми с преминаването през стени на сгради. Милиметровите антени са по-малки от големите антени, използвани в предишните клетъчни мрежи. Те са само с няколко сантиметра по-къси. Друга техника, използвана за увеличаване на скоростта на предаването на данни, е масивна MIMO (Multiple-Input Multiple-Output – Множество входи с множество изходи).

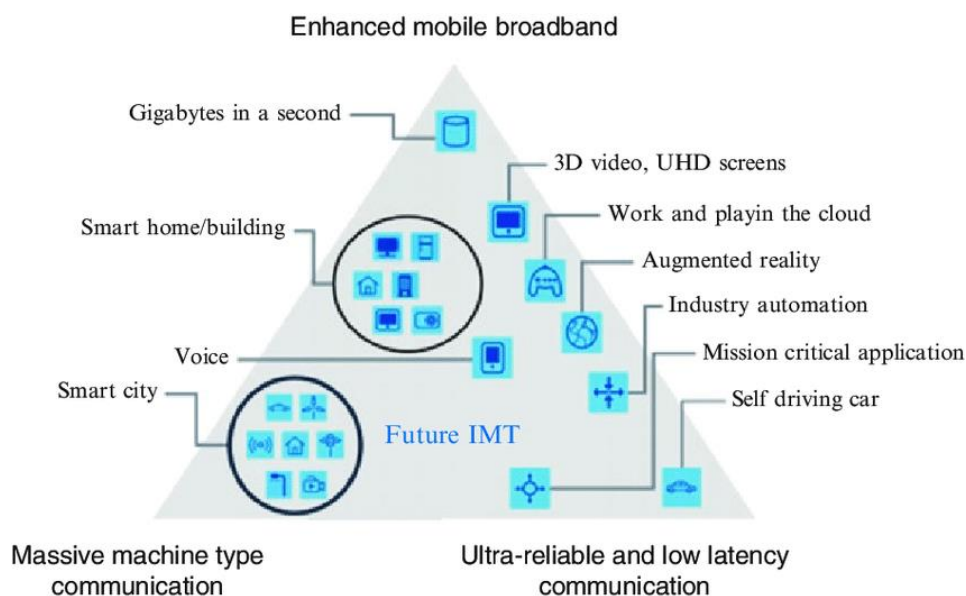
Всяка клетка ще има множество антени, които ще комуникират с безжичното устройство, получените от множеството антени битови потоци данни от устройство ще се предават едновременно и паралелно. Компютърът на базовата станция непрекъснато ще изчислява най-добрия път на радиовълните, за да достигнат до всяко безжично устройство и ще организира множество антени, за да работят заедно като фазови масиви и да създават лъчи от милиметрови вълни, които да достигнат устройството [2], [3], [4].

Новите 5G безжични устройства имат също и 4G LTE съвместимост, тъй като използват 4G за първоначално установяване на връзката с клетката, както и на места, където 5G не е достъпен.

5G може да поддържа до един милион устройства на квадратен километър, докато 4G поддържа само 4000 устройства на същата площ.

### 3. Сценарий за използване

ITU-R определи три основни приложения за 5G. Те са подобрена мобилна широколентова връзка (eMBB), ултра-надеждна комуникация с ниска латентност (URLLC) и масова комуникация тип машина (mMTC) (фиг. 3).



M.2083-02

Фиг. 3. Подобрена мобилна широколентова връзка

Подобрената мобилна широколентова връзка (eMBB) използва 5G като прогресия от 4G LTE мобилни широколентови услуги, с по-бързи връзки, по-висока производителност и по-голям капацитет.

Ултра-надеждната комуникация с ниска латентност (URLLC), отнасяща се до използването на мрежата за критично важни приложения, които изискват непрекъснат и надежден обмен на данни.

Масова комуникация тип машина (mMTC) ще се използва за свързване към голям брой устройства с ниска мощност, с ниска себестойност, които имат висока скалируемост и по-дълъг живот на батерията, в широк район. Нито URLLC, нито mMTC се очаква да бъдат разгърнати преди 2021 година.

### 4. Производителност

#### Скорост

Скоростта на 5G NR в под 6 GHz-ови ленти може да бъде малко по-висока от 4G с подобно количество антени и ниво на спектъра, въпреки че някои 3GPP 5G мрежи ще бъдат по-бавни от някои усъвършенствани 4G мрежи, като T-Mobile. LTE / LAA е мрежа, която достига до над 500 Mbit/s в Манхатън. 5G спецификацията позволява и LAA (License Assisted Access). Добавянето на LAA към съществуваща 4G конфигурация може да прибави стотици мегабита в секунда към скоростта, но това е разширение на 4G, а не нова част от стандарта 5G. Скоростите в по-малко честотния спектър на милиметровите вълни могат да бъдат значително по-високи.

#### Латентност

В 5G „въздушната латентност“ е между 1 и 4 милисекунди, въпреки че оборудването през 2019 г. е тествало латентността на въздуха и е отчело между 8 и 12 милисекунди. Закъснението към сървъра трябва да бъде добавено към „въздушната латентност“. При първите тестове за латентност след ранно внедряване на 5G на Verizon е отчетена стойност от 30 ms.

## 5. Стандарт

Първоначално стандарта е свързан с IMT-2020 на Международния съюз по телекомуникация, който изисква теоретичен капацитет за изтегляне 20 гигабита, заедно с редица други изисквания. След това групата за стандарти в индустрията 3GPP избира стандарта 5G NR (New Radio) заедно с LTE, като предложение за представяне на стандарта IMT-2020. Първата фаза на спецификациите на 3GPP 5G приключва още през 2019 г. Втората фаза ще е с една версия по-добра и трябва да приключи през 2020 г.

5G NR може да включва по-ниски честоти (FR1), под 6 GHz и по-високи честоти (FR2), над 24 GHz. Въпреки това, скоростта и латентността в началото на внедряването на FR1, използвайки 5G NR софтуер на 4G хардуер са само малко по-добри от новите 4G системи. Оценени са с 15 до 50% по-добри.

IEEE обхваща няколко области от 5G мрежата и се фокусира върху разделите за проводниците и линиите между дистанционната радио глава (RRH) и базовия блок (BBU).

Стандартът 1914.1 се фокусира върху мрежовата архитектура и разделянето на връзката между RRU и BBU на два основни раздела. Радио-единица (RU) към дистрибуторската единица (DU), както NGFI-I (следващо поколение интерфейс) и DU към централното звено (CU) е NGFI-II интерфейс, който позволява по-разнообразна и рентабилна мрежа. NGFI-I и NGFI-II имат дефинирани стойности за ефективност, които трябва да бъдат компилирани, за да се гарантира, че различните типове трафик, могат да бъдат пренасяни и определени от ITU. Стандартът 1914.3 създава нов формат на Ethernet кадрите, способен е да пренася IQ данни по много по-ефективен начин в зависимост от използваното функционално разделение. Това се основава на дефиницията на функционални разделяния на 3GPP. Множество стандарти за мрежова синхронизация в рамките на IEEE групите се актуализират, за да се гарантира, че точността на синхронизиране на мрежата в GP се поддържа на ниво, необходимо за трафика, пренасян върху него [5], [6], [8].

## 6. Разгръщане

Освен в мрежите на мобилните оператори, 5G също се очаква да бъде широко използван за частни мрежи с приложение в мрежите на промишлени предприятия, корпоративни мрежи и критични комуникации.

Първоначалните стартирания на 5G NR ще зависят от съществуващата LTE (4G) инфраструктура в нестандартен (NSA) режим (5G NR софтуер на LTE радио хардуер), преди съзряването на самостоятелния (SA) режим (5G NR софтуер на 5G NR радио хардуер) с основната мрежа 5G.

Когато Южна Корея стартира своята 5G мрежа, всички оператори използват базовите станции и оборудване на Samsung, Ericsson и Nokia, с изключение на LG U Plus, които използват оборудването на Huawei. Samsung е най-големият доставчик на 5G базови станции в Южна Корея при пускането ѝ на пазара, като по това време доставя 53 000 базови станции, които са инсталирани в цялата страна по това време. За кратък период от 2 седмици бройката им нараства до 86 000.

### *Спектър*

Големи количества от новия спектър с новите честотни ленти са заделени и разпределени главно за 5G, за да се подкрепи и разрасне новата мрежа, както и да се увеличи нейната пропускателна способност.

Спектъра предлага удвоено количество милиметрови вълни до 14 GHz което го прави четири пъти по-голям, гъвкав и мобилен, който към е лицензиран от FCC. През март 2018 г. законодателите на Европейския съюз се съгласяват да отворят обхватите от 3,6 до 26 GHz до 2020 г.

### *5G устройства*

През март 2019 г. Асоциацията за глобални доставчици на мобилни услуги публикува първата в света база данни за проследяване на пускането на 5G устройства в световен мащаб. В него GSA идентифицира 23 производители, които са потвърдили наличието на предстоящи 5G устройства (фиг. 4).



Фиг. 4. Прототипи на 5G мобилни апарати на Samsung

## 7. Технологии

### Нови радиочестоти

Въздушният интерфейс е дефиниран от 3GPP за 5G и е известен като New Radio (NR) и спецификацията е разделена на две честотни ленти, FR1 (под 6 GHz) и FR2 (mmWave), всяка с различни възможности.

#### Честотен обхват 1 (<6 GHz)

Максималната честотна лента на канала е определена за FR1 и е 100 MHz, поради недостига на непрекъснат спектър в този претъпкан честотен диапазон. Най-широко използваната група за 5G в този диапазон е около 3,5 GHz. Корейските производители използват 3,5 GHz, въпреки че е бил разпределен и спектър от милиметрови вълни.

#### Честотен обхват 2 (> 24 GHz)

Минималната честотна лента на канала е дефинирана за FR2 и е 50 MHz, а максималната е 400 MHz, с поддържане на двуканална агрегация в 3GPP Release 15. В САЩ Verizon използва 28 GHz, а AT&T използва 39 GHz. 5G може да използва честоти до 300 GHz. Колкото по-висока е честотата, толкова по-голяма е способността да се поддържат високи скорости на пренос на данни, без да се пречи на други безжични сигнали при голямо натоварване. Благодарение на това, 5G може да поддържа около 1000 устройства на метър за разлика от 4G.

#### FR2 Мрежово покритие

5G може да използва по-високи честоти от 4G и в резултат на това някои 5G сигнали не могат да пътуват на големи разстояния (над няколкостотин метра), за разлика от 4G. Това изисква поставянето на 5G базови станции на всеки няколкостотин метра, за да се използват по-високи честотни ленти. Също така, тези 5G сигнали с по-висока честота не могат лесно да проникнат през твърди предмети, като коли, дървета и стени, поради естеството на тези електромагнитни вълни с по-висока честота (табл. 1).

Таблица 1. FR2 Мрежово покритие

5G на станции с FR2 покритие	Среда за разгръщане	Макс. брой потребители	Исходяща мощност (mW)
Femto cell	Домове, фирми	Домове: 4–8 Фирми: 16–32	на закрито: 10–100 на открито: 200–1000
Pico cell	Обществени зони като молове, летища, жп гари, небостъргачи	64 до 128	на закрито: 100–250 на открито: 1000–5000
Micro cell	Градските зони за запълване на пропуските в покритието	128 до 256	на открито: 5000–10000
Metro cell	Градските райони за осигуряване на допълнителен капацитет	над 250	на открито: 10000–20000
Wi-Fi (за сравнение)	Домове, фирми	по-малко от 50	на закрито: 20–100 на открито: 200–1000

### Масивни MIMO

Масивните антени MIMO (множествен вход и множествен изход) увеличават пропускателната способност на сектора и плътността на капацитета, използвайки голям брой антени и многопотребителски MIMO (MU-MIMO). Всяка антена се управлява индивидуално и

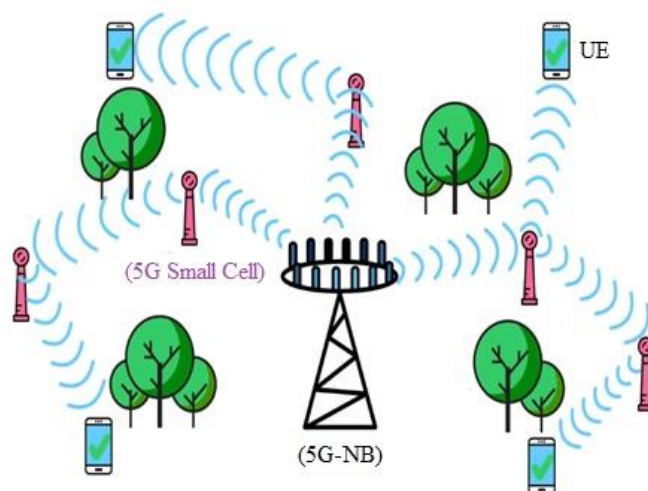
може да вгражда в себе си радиопредавател. Nokia претендира за петкратно увеличение на капацитета на антената с 64-Tx / 64-Rx. Терминът „масивни MIMO“ е измислен от изследователя на Nokia Bell Labs д-р Томас Л. Марцета през 2010 г. и стартира в 4G мрежи, като Softbank в Япония са първите които го използват. От над 562 отделни 5G демонстрации, тестове или изпитвания в световен мащаб на 5G технологиите, поне 94 от тях са участвали в тестване на Massive MIMO в контекста на 5G.

#### *Edge Computing (Крайни Изчисления)*

Edge computing се доставя от сървърите на изчислителните облаци, които се намират близо до крайния потребител. Това намалява закъснението и трафика на данни

#### *Small cells (Малки клетки)*

Малките клетки са нискомощни клетъчни възли за достъп до радиостанции, които работят в лицензиран и нелицензиран спектър, които имат обхват от 10 метра до няколко километра. Малките клетки са критични за 5G мрежите, тъй като радиовълните на 5G не могат да пътуват на дълги разстояния поради високите честоти на 5G (фиг. 5).



Фиг. 5. Действие на малките клетки

#### *Beamforming (Формиране на лъчи)*

Формирането на лъчи, както подсказва името, се използва за насочване на радиовълните към целта. Това се постига чрез комбиниране на елементи в антенната решетка по такъв начин, че сигналите при определени ъгли да изпитат конструктивна интерференция, докато други изпитват разрушителна намеса. Това подобрява качеството на сигнала и скоростта на пренос на данни. Поради подобреното качество на сигнала 5G използва формиране на лъчи.

#### *Wifi-клетъчно уеднаквяване (Wifi-cellular convergence)*

Една очаквана полза от прехода към 5G е сближаването на множество мрежови функции за постигане и намаляване на разходите, мощността и сложността. LTE е насочена към уеднаквяването на Wi-Fi лентовата технология чрез различни усилия, като лицензиран достъп (LAA, 5G сигнал в нелицензиран честотни ленти, които също се използват от Wi-Fi) и LTE-WLAN агрегация (LWA, уеднаквяване с Wi-Fi Radio), но различните възможности на клетъчния Wi-Fi са ограничили обхвата на уеднаквяването. Въпреки това, значителното подобрене на спецификациите на клетъчните характеристики в 5G, комбинирано с миграцията от разпределената радиодостъпна мрежа (D-RAN) към Cloud или Centralized-RAN (C-RAN) и пускането на малки клетъчни клетки може потенциално да намали разликата между Wi-Fi и клетъчни мрежи при гъсто и вътрешно разгръщане. Радио уеднаквяването може да доведе до споделяне, вариращо от агрегация на клетъчни и Wi-Fi канали до използване на едно устройство за множество технологии за радио достъп [8], [9], [10].

#### *NOMA (Non-Orthogonal Multiple Access)*

NOMA (неортогонален множествен достъп) е предложена техника за множествен достъп за бъдещи клетъчни системи. В това отношение ресурсите за едно и също време, честота и код за разпространение се споделят от множеството потребители чрез разпределяне на властта. Цялата честотна лента може да бъде използвана от всеки потребител в NOMA за цялото време

на комуникация, поради което латентността е намалена и скоростта на данните на потребителите може да бъде увеличена. 3GPP включва NOMA в LTE-A поради неговата спектрална ефективност.

#### *Работа в нелицензиран спектър*

Подобно на LTE в нелицензиран спектър, 5G NR също ще поддържа работа в нелицензиран спектър (NR-U). В допълнение към лицензирания достъп (LAA) от LTE, който позволява на доставчиците да използват този нелицензиран спектър за повишаване на оперативната им производителност за потребителите, в 5G NR той ще поддържа самостоятелна NR-U нелицензирана операция, която ще позволи създаването на нови 5G NR мрежи в различни среди без придобиване на лиценз за експлоатация в лицензиран спектър, например за локализирана частна мрежа или за намаляване на бариерата за достъп за предоставяне на 5G интернет услуги за обществеността.

### **8. Изчисляване на загубите на милиметровите вълни при пренос на данни в 5G**

Изчисляване на загубите на милиметровите вълни при пренос се основава на основните параметри и на техните стойности характерни за 5G, изброени в табл. 2.

- Коефициентът на усилване на генерираните на лъчи (BF) отразява ефекта от използването на множеството антени, както от базовата станция, така и от страна на мобилната станция. Определя се по същия начин като  $10 \times \log_{10}(N)$ , което е броят на антенните елементи на базовата станция (BS) и където се прилагат генерираните лъчи BF. С други думи, ако BF се прилага на BS, тогава броят на антените използвани от страната на BS е равен на броят на антените от страна на MS (мобилната станция). Тогава общото усилване на антенния масив се изчислява от сумата на усилване на лъчевия формат и единичното усилване на антенния елемент;

- Атмосферна загуба на милиметрова вълна: този параметър отчита нивото на милиметрова електромагнитна енергия, погълната от газове като кислород или затихване от дъжд или шум. В това проучване приемаме постоянна стойност от 3,2 dB за загуба на атмосфера при 60 GHz. Този параметър въвежда допълнително затихване при милиметрови вълни, което трябва да се отчита, тъй като увеличава загубата на пренос и следователно намалява обхвата на клетката.

- Моделът на загубите при пренос: В литературата са предложени различни модели на загубите при пренос свързани с честотните ленти на милиметровата вълна. Те биват:

1. моделите на загуба на референтен пренос на близко разстояние;
2. моделите на загуба на плаващ прихващащ пренос;
3. модели на загубата на алфа-бета-гама пренос;
4. моделите за загуба при пренос на Университета в Станфорд (SUI).

**Таблица 2.** Изчисляване на загубите на милиметровите вълни при пренос

Параметри	Стойности
Носеща честота	60 GHz
Ширина на канала	500 MHz
Предавано усилване на антенните елементи	10 dBi
Предаващата загуба на антената на масива	3 dB
TX мощност на антена на базовата станция	10 dBm
Брой получаващи елементи на антенната решетка	4
Получаване на усилване на антенните елементи	6 dBi
SNR	(7,39, 15,4, 17,5) dBi
Показател за загуба при пренос	3,5

Загуби при проникващи вълни	2 dB
Загуби при атмосферни вълни	3,2 dB
Внедрени загуби	3 dB
RX шум	7 dB
Други загуби (затихване)	20 dB

В това проучване се приема, че моделът на загуба на референтен пренос на близко разстояние не е емпиричен и предлага съществена простота и разумна точност в много среди и честотни ленти. Той е приложим за всеки тип терени (градски, крайградски или селски) и коефициентът на разпространение, било то на видимо разстояние (LOS) или на не видно разстояние (NLOS), изразено чрез показателя на загубата при пренос на разстояние. Последното взема предвид разстоянието между предавателя и приемника и височините на съответните им антени. Уравнението определящо загубата при пренос е  $PL(d)$  където мерната единица ще бъде dB, а разстоянието  $d$  ще се определя:

$$PL(d) = PL(d_0) + 10n \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right) + X_{\sigma} 3,$$

където  $n$  е показател за загуба на пренос за определен честотен обхват и среда. Тя е безразмерна и се приема, че е равна на 3,5 за случая NLOS (невидимо разстояние).  $X_{\sigma}$  е нулева средна гаусова произволна променлива със стандартно отклонение  $\sigma$  (в dB), като се вземат предвид колебанията на сигнала, произтичащи от засенчването и  $PL(d_0)$  (в dB). Загубата при пренос в свободното пространство се счита за референтно разстояние  $d_0$  (в m) и се определя, както следва:

$$PL(d_0) = 10 \log_{10} \left( \frac{4\pi d_0}{\lambda} \right)^2,$$

където  $\lambda$  е дължината на вълната (в m). В честотните ленти на милиметровата вълна се приема, че  $\sigma$  е равна на 10 dB,  $d_0$  равна на 1 m и  $PL(d_0) = 68$  dB. Въз основа на тези параметри в таблицата за 5G е проектирана 5G макроклетка, за да характеризира очакваната ефективност на разглежданата система. Тя отчита всички усилвания и загуби на предавателя, приемника и в разпространяващата среда през приемника [1], [7].

## 9. Сравнителен анализ между 4G и 5G

За поставеното сравнение е нужно да се оцени ефективността на мрежата, получена с референтния сценарий 4G и сценарий 5G, при което изобщо не се използва формоването на лъчи. За добро сравнение на тези сценарии местоположението на базовите станции в разглежданата област е избрано така, че сравнените мрежи да обслужват повече от 96% от потребителите.

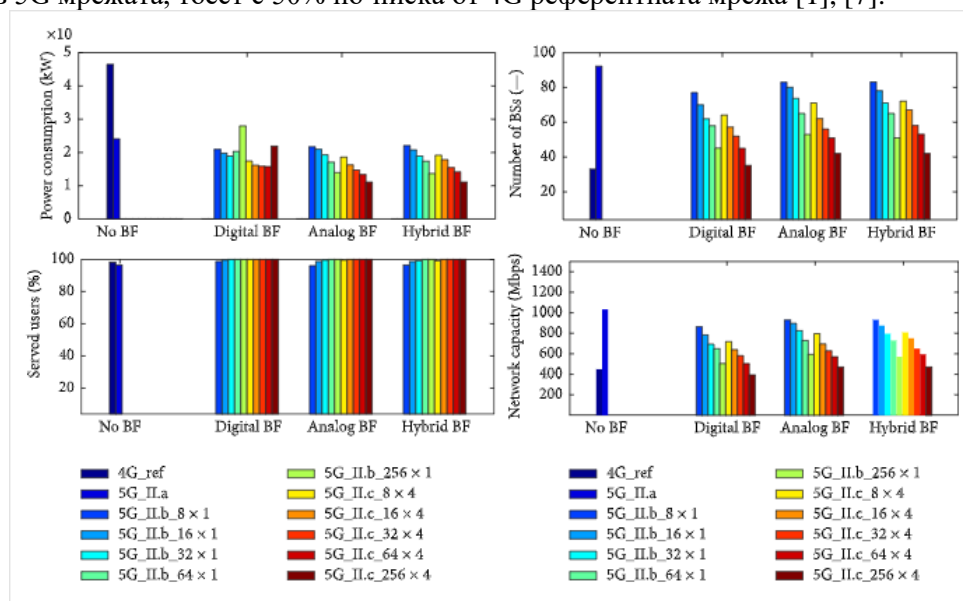
5G сценарият изисква повече базови станции, отколкото 4G референтната мрежа (92 базови станции срещу 33 базови станции) (фиг. 6). Това се обяснява с факта, че обхватът на клетката в 5G е 39,6% по-малък от тези на 4G. 5G базовите станции обаче са по-малко консумиращи от 4G. Има намаление с почти 50% на консумацията на енергия, въпреки по-големия брой базови станции в 5G мрежите. Всъщност при 5G сценарий се консумира 24,1 kW в сравнение с 46,5 kW, консумирани от 4G референтната мрежа. Това може да се дължи на новите технологии, разработени от производителите за изграждане на нискотарифни и енергоефективни RF компоненти.





Фиг. 6. Сравнение между 4G и 5G

За целия капацитет на мрежата (на основата на базови станции) разглежданият 5G сценарий предлага по-голям капацитет от 4G мрежата, 1032,6 Mbps за сценарий 5G, докато 4G предлага 449,5 Mbps (фиг. 7). Въз основа на показателя за енергийна ефективност, при който всички горепосочени параметри се комбинират, референтната мрежа 4G е по-малко енергоефективна, тъй като има по-малка стойност на ЕЕ в сравнение с разглеждания сценарий 5G. Тази по-добра производителност по отношение на ЕЕ се поддържа от консумацията на енергия в 5G мрежата, тоест с 50% по-ниска от 4G референтната мрежа [1], [7].



Фиг. 7. Сравнение на различни параметри при използване на форматиране генериращите лъчи: брой базови станции, процент на обслужвани потребители, консумация на енергия и капацитет, предлагани от мрежата

## 5. Заключение

С развитието и разпространението на 5G мрежите, населението на света ще усети рязка промяна в преноса на информация. Ще може да разменя информация с скорост до 1 Gbps, което ще позволява по-добро покритие на мрежата, поради по-големия брой на разположените клетки. Трудното гледане на филми и сърфиране в аудио платформи ще остане в миналото. Съвременните мобилни апарати, работещи с 5G, ще представляват удобство за всеки потребител, както в България така и в световен мащаб [5], [6], [10].

## References:

1. **Bedzhev, B. Y., Yordanov, S. S., Tsankov, Ts. S., 2013.** A Method for Synthesis of Signals Possessing Almost Ideal Periodic Autocorrelation Function. International Conference on Bionics and Prosthetics, Biomechanics and Mechanics, Mechatronics and Robotics, Vol. 9, Riga, ISBN 978-9934-8409-0-6, pp. 166-169.
2. **Boyanov, P., Hristov, Hr., Fetfov, O., Trifonov, T., 2017.** Educational simulation the local area network of academic departments with securely configured FTP server. International Scientific Online Journal, [www.sociobrain.com](http://www.sociobrain.com), Publ.: Smart Ideas - Wise Decisions Ltd, ISSN 2367-5721, Issue 31, March, Bulgaria, 2017, pp. 146-154.
3. **Boyanov, P., Stoyanov, St., Hristov, Hr., Fetfov, O., Trifonov, T., 2017.** Routing information security in the local area network of academic departments using an enhanced distance vector routing protocol – EIGRP. A refereed Journal Scientific and Applied Research, ISSN 1314-6289, vol. 11, pp. 35-46.
4. **Boyanov, P., Stoyanov, St., Hristov, Hr., Fetfov, O., Trifonov, T., 2017.** Security routing simulation the local area network of academic departments using a link-state routing protocol – OSPF. A refereed Journal Scientific and Applied Research, ISSN 1314-6289, vol. 11, pp. 47-58.
5. **Lalev H., Tsankov Ts., 2008.** Synthesis on computer systems of work of real time. Scientific Conference, dedicated to the 105th anniversary of the birth of the pioneers of computing John Atanasoff and John von Neumann, Shumen, ISBN 978-954-577-540-6.
6. **Lalev H., Tsankov Ts., Nikolov I., 2010.** IP management technology projects. Scientific Conference MATTEH 2010, Shumen, ISSN 1314-3921.
7. **Petrov, I., Janevski, T., 2017.** Advanced 5GTCP: Transport protocol for 5G Mobile Networks. 14th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference, Las Vegas, USA, ISSN: 2331-9860, DOI: 10.1109/CCNC.2017.7983089.
8. **URL:** <https://www.raconteur.net/technology/4g-vs-5g-mobile-technology>
9. **URL:** <https://www.qualcomm.com/invention/5g/what-is-5g>
10. **URL:** <https://www.ericsson.com/en/5g>