

5Г МРЕЖА

Биљана Аћимовић¹

Резиме: Због корисника за све већим брзинама преноса података и потребе за ширењем мреже, настала је идеја о преласку на нову генерацију мобилне мреже. Циљеви које би 5Г мрежа требала остварити су повећање капацитета мреже и брзине преноса података, смањење времена чекања, већа мобилност те повећање поузданости и сигурности мреже. Откако се појавила идеја о 5Г мрежи, једна од актуелних тема јесте њен утицај на здравље живог света. Због позитивних и негативних мишљења, ова генерација мреже је стекла велику популарност већ у самим почецима те је због тога спроведен низ научних експеримената како би се испитао њен учинак, али и утицај на животну средину.

Кључне речи: 5Г, мобилна мрежа, здравље, брзина преноса, генерација

5G NETWORK

Abstract: With the users need for increasing data transfer speeds and the need to expand the network, the idea of moving to a new generation of mobile network appeared. The goals that the 5G network should achieve are to increase the network capacity and data transfer speed, reduce the waiting time, increase mobility, reliability and security of the network. Since the idea of the 5G network appeared, one of the current topics has been its impact on the health of the living world. Due to positive and negative opinions, this generation of the network has gained great popularity from the very beginning and has therefore been conducted through scientific experiments to examine its efficiency, but also impact on the environment.

Key words: 5G, mobile network, health, transfer speed, generation

1. УВОД

Због сталног повећавања конкурентности 4Г технологије, са потребом корисника за све већим брзинама преноса података те потребе за ширењем мреже, неопходно је било пронаћи пут према 5Г технологијама. Потреба за бежичном комуникацијом у периоду између 2020. и 2030. године биће толико велика да ће бити нужно осмислити концепт за драстично повећање капацитета преноса сигнала. Из тог разлога се јавља потреба за развојем и преласком на нову генерацију мобилних мрежа, која ће се моћи носити са будућом потражњом корисника и система. 5Г мобилна мрежа неће бити само еволуција широкопојасне мреже, већ јединствена мрежа са потпуно новим услужним могућностима.

Првенствено, осигураће кориснику врло велике брзине преноса података у случају високе мобилности (нпр. возња на аутопуту) или у подручјима мање насељености. Касније, новим верзијама и надоградњама, 5Г мрежа ће бити кључ у повезивању свих уређаја у једну целину. Пружаће кориснику низ побољшања перформанси у смислу повећања капацитета мреже, мањег времена чекања, више мобилности, те повећање поузданости и сигурности мреже.

¹ Студент мастер студија Информационих технологија, сарадник у настави, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Нови Сад, Србија, acimovic@vtsns.edu.rs

2. ШТА ЈЕ 5Г МРЕЖА?

На највишем нивоу, 5Г је прилика за креаторе политике пословања да оснаже саме грађане, али и предузећа. 5Г ће играти кључну улогу у пружању подршке владама и креаторима пословне политике у спровођењу трансформације њихових градова у тзв. паметне градове. То ће омогућити грађанима и заједницама да схвате значај 5Г мреже те да учествују у друштвено-економским предностима које ће им пружати напредна дигитална економија, са интензивном применом података.

5Г обећава да ће пружити побољшано искуство крајњег корисника нудећи му нове апликације и услуге захваљујући гигабитним брзинама. Осим тога, нуди кориснику значајно побољшане перформансе те поузданост. 5Г ће се надовезати на успех претходних генерација мобилних мрежа које су такође трансформисале друштва, подржавајући нове услуге и нове пословне моделе. [1]

2.1. Мрежна архитектура 5Г система

Технологије које се данас користе ће радити наредних барем десет година стога нема потребе за променом бежичних подешавања која су настала у развоју од прве до четврте генерације мобилних мрежа. Стога, могао би се само креирати додатак примене или побољшања на основној мрежи уколико то корисници буду захтевали. Да би се удовољило захтевима корисника и како би се превазишли изазови који су постављени у сам 5Г систем, потребна је 5Г бежична ћелијска архитектура. У садашњој бежичној ћелијској архитектури, спољашња базна станица која је присутна у средини ћелије помаже у комуникацији корисницима који комуницирају споља или у затвореном простору. Дакле, како би тзв. унутрашњи корисници комуницирали са спољном базном станицом, потребно је да сигнали путују кроз зидове затвореног простора. То резултира врло великим губицима продора и сходно томе се смањује спектрална ефикасност, брзина преноса података те енергетска ефикасност бежичних комуникација.

Како би се превазишао тај проблем, појавила се нова идеја односно техника дизајнирања за планирање 5Г ћелијске архитектуре која се разликује споља и изнутра. Ова техника је подржана уз помоћ тзв. *ММО* (енгл. *Multiple-input multiple-output*) технологије. Овом технологијом је географски распршен низ антена које су распореређене на десетине или стотине антенских јединица. Постојећи *ММО* системи користе било које две или четири антене. Међутим, дошло се на идеју масивних *ММО* система како би се искористиле предности великих елемената антенских низова у смислу огромног повећања капацитета.

Да би се изградила или конструисала велика *ММО* мрежа, првенствено је битно да спољне базне станице буду опремљене великим антенским низовима и да међу њима и око њих буду расуте хексагоналне ћелије и повезане са базном станицом путем оптичких каблова, потпомогнутим масивним *ММО* технологијама. Оваква технологија ће значајно побољшати енергетску ефикасност, просечну пропусну моћ ћелије, брзину преноса података и спектралну ефикасност ћелијског система. Једна од мана јесу повећани трошкови инфраструктуре. [2]

Дакле, права се суштина налази у технологијама које ће произаћи из принципа рада виртуелизације мрежних функција (енгл. *Network Function Virtualisation – NFV*) и софтверски дефинисаних мрежа (енгл. *Software Defined Networks – SDN*). Термин 5Г се углавном користи како би се у једној речи објединиле те технологије,

али то није тачно, јер те технологије омогућавају развој тренутних мрежа према 5Г системима.

NFV и SDN се развијају независно од 5Г система, али ће имати утицај на рад система. NFV је концепт мрежне архитектуре који омогућава одвајање софтвера од хардвера. То значи да омогућава стварање мрежних функција софтверски и у облаку без потребе комерцијално доступних платформи. То обезбеђује скалабилност која подупиरे достављање услуга на захтев. Највећа корист NFV-а је флексибилност извршавања мрежних функција независно од локације, па оне нису више везане за одређену локацију или чвор. SDN је продужетак NFV-а којим се омогућава софтверска динамична реконфигурација топологије мреже и тиме се мрежа може прилагодити потражњи, односно омогућава преусмеравање доступних капацитета где је потребно. [3]

3. КАРАКТЕРИСТИКЕ 5Г МРЕЖЕ

Сваком новом генерацијом мобилних мрежа, брзина преноса података се минимално удвостручује у односу на претходну генерацију. Због тога главни захтеви који се стављају пред 5Г мрежу су повећање брзине преноса података, повећање капацитета мреже, смањење латенције и уштеда енергије.

Уградња нових услуга и апликација једнако је битна као и повећање брзине преноса података или смањења латенције и обрнуто, јер што су апликације захтевније, потребна је и већа брзина преноса података. Главна очекивања од пете генерације мобилних комуникација су:

- Просечна брзина преноса података у покрету око 1 *Gbit/s*
- Већа ефикасност употребе радијског спектра
- Побољшана комуникациона сигурност, посебно због примене паметног радија
- Мање димензије и пуно дуже трајање батерије, односно већа енергетска ефикасност
- Укупно време кашњења (латенције) до 1 *ms*
- Могућност расподеле података приликом слања и примања кроз два различита комуникациона канала, односно две различите приступне мреже
- За повећање капацитета мреже примењиваће се МИМО технологија просторног мултиплексирања радио сигнала помоћу већег броја пријемних и одашиљачких антена
- Бежични интернет који ће омогућити широкопојасну комуникацију и масовну примену мултимедијалног садржаја
- Поузданост услуге од 99.999%
- Подршка мобилности до 500 *km/h* за промет одвијан на тлу

3.1.1. Милиметарски таласи

Да би се добиле мултигигабитне брзине, неопходно је пребацивање на нове високе фреквенције које су још познате и као „милиметарски таласи“. У постојећим опсезима су доступни само релативно уски канали јер је тај спектар већ веома заузет или искоришћен. Међутим, на 28 GHz и 32 GHz постоје широки појасеви доступног спектра који је могуће искористити за стварање канала за веома велике брзине. Те фреквенције су раније употребљаване за повезивање базних станица, удаљеним интернет везама. Једина је разлика што се нису користиле за крајње кориснике јер није било одговарајуће инфраструктура за то.

Постоји и трећи сет фреквенција, које се углавном користе ван САД. Те фреквенције се налазе у распону од 3,5 GHz до 7 GHz и мало су изнад тренутних опсега, али захватају и спектар (као и брзине) које већ могу да се окарактеришу као милиметарски таласи.

Разлог зашто САД заостају за другим државама у средњем опсегу спектра је у томе што га ту најчешће употребљавају сателитске компаније и морнарица. Међутим, ради се на томе да се тај опсег ослободи. Предност средњег опсега је што не захтева толико базних станица као милиметарски таласи, већ би оне могле да се постављају на нешто већим удаљеностима – од 500 до 800 метара једна од друге. [4]

3.1.2. Сигурност и безбедност

При настанку 5G мреже је вођено рачуна о безбедносним контролама како би она могла да одговори на многе претње са којима су се суочавале претходне генерације мобилних мрежа. Те контроле укључују нове могућности узајамне потврде идентитета, побољшану заштиту идентитета корисника те додатне сигурносне механизме. 5G нуди индустрији мобилних уређаја невиђену прилику за подизање нивоа сигурности мреже и услуга. Она пружа превентивне мере за већ познате претње, али је проблем што усвајањем нових мрежних технологија долази до нових потенцијалних претњи за управљање у индустрији.

Један од начина побољшања сигурности се односи на сам дизајн, што омогућује:

- Коришћење међусобне аутентификације – потврдом пошиљаоца и примаоца се успоставља поверење и веза од почетне до крајње тачке је осигурана.
- Претпостављена отворена мрежа – уклањање сваке сумње о сигурности са обухваћених производа или процеса.
- Потврда да све везе могу бити прислушкиване – обавезна енкрипција међумрежног саобраћаја која осигурава чињеницу да су шифорване информације безвредне када се пресретну.

Иако је ово и раније била уобичајена пракса у решењима за друге услуге, попут интернет банкарства, то је велика промена у односу на постојећу праксу мобилне телефоније. Као последица тога, 5G треба омогућити потрошачу већу заштиту од постојећих ранијих генерација.

Осим сигурности у самом дизајну, постоје и друге иновације. Историјски гледано, мреже оператора су углавном користиле заштићене протоколе за управљање мрежом. 5G прелази на пакет протокола заснован на интернет протоколу, омогућавајући интероперабилност са већим бројем услуга и технологија у будућности.

Следећи протоколи, шеме и процеси биће усвојени у 5Г:

- HTTP/2 преко N32, замењујући пречник преко референтне тачке S6a
- TLS као додатни слој заштите који пружа шифровану комуникацију између свих мрежних функција унутар јавне компоненте мобилне мреже
- TCP као протокол транспортног слоја – као замена протокола SCTP транспорта
- RESTful радни оквир као језик за дефиницију интерфејса (IDL)

Како се ови протоколи користе у широј ИТ индустрији, њихова употреба ће вероватно довести до краткотрајне рањивости за временску линију експлоатације и дуготрајније рањивости лоциране унутар ових протокола. Осим тога, употребом ће се проширити потенцијални скуп нападача.

4Г и посебно 3Г мреже имају користи од нападача који имају мало искуства са стандардима исправности који се код њих користе. Шеме извештавања о рањивости, попут GSMA програма координаног за откривање рањивости. Пронађено време за поправљање релеватних рањивости требало би да буде кратко. [5]

4. УТИЦАЈ 5Г МРЕЖЕ НА ЗДРАВЉЕ И ЖИВОТ ЉУДИ

Грађани у многим градовима широм света протестују због инсталирања 5Г базних станица. Забринутости су око штетних ефеката које би ови мрежни чворови могли имати на људе, биљке и животиње. Циљ њиховог протеста јесте указати на потенцијалну опасност зрачења радио-фреквенција које емитују антене инсталиране у непосредној близини људи.

Демонстранти такође наводе и недостатак научних доказа који показују како су 5Г сигнали, посебно они који преносе у милиметарском таласном подручју електромагнетног спектра, сигурни. Данашњи мобилни уређаји раде на фреквенцијама испод 6 GHz, док ће 5Г користити фреквенције од 600 MHz и више, укључујући милиметарски таласни опсег између 30 GHz и 300 GHz.

4.1. Како је настала забринутост око 5Г мреже

Већина забринутости због наводног негативног утицаја 5Г на здравље потиче од његових ћелијских торњева који имају другачију архитектуру од оних који подржавају данашње 3Г и 4Г ћелијске мреже. Те куле су удаљене километрима и постављене су на високим, подигнутим објектима који се обично налазе далеко од насељених места.

Будући да 5Г базна станица може бити мања од величине ранца, може се поставити готово било где, нпр. на врх стубова за осветљење, уличну расвету и кровове. То значи да ће се станице налазити у близини кућа, стамбених зграда, школа, продавница и сл.

5Г радио који замењује 4Г радио на 750 MHz имаће исту покривеност као и 4Г ако претпоставимо да нема промена на антенама. Разлика је у томе што ће обезбедити веће брзине преноса података и брже време одзива мреже. Вотерхаус предвиђа да ће 5Г бити представљен у две фазе. Прва фаза би радила у опсезима ближим делу спектра – испод 6 GHz – где ради 4Г опрема. Разлика је у томе што ће

бити мало више пропусног опсега и веће брзине преноса података за све. 5Г базне станице ће бити само на одређеним малим областима, не на свим.

Код друге фазе, тзв. 5Г Плус, доћи ће до огромног побољшања пропусног опсега и брзине преноса података, јер ће бити више базних станица и оне ће користити фреквенције милиметарских таласа. Такође, доћи ће до замене 3Г и 4Г радија за новије 5Г радио станице.

Што се тиче питања да ли су појасеви милиметарских таласа сигурни, Вотерхаус објашњава како се радио-фреквенција са хелијских места налази у спектру нејонизирајућег зрачења, то није врста зрачења која може оштетити ДНК и можда узроковати рак. Једини познати биолошки утицај радио-фреквенције на људе јест загревање ткива. Прековремено излагање радио-фреквенцији доводи до прегревања читавог тела особе, до опасних нивоа. Локално излагање може оштетити ткиво коже или рођачу.

Вотерхаус наводи: „Стварни утицај и дубина продирања у људско тело, мањи су на вишим фреквенцијама. Предност тога је што Ваша кожа неће бити оштећена јер ће се милиметарски таласи одбијати од површине коже.“ Он признаје да, иако су милиметарски таласи коришћени за многе различите примене – укључујући астрономију и војне примене – ефекат њихове употребе у телекомуникацијама није добро разумљив. На регулаторним телима која надгледају телекомуникационе компаније је да осигурају сигурност 5Г. Многи противници инсистирају на томе да се 5Г мора показати безбедном пре него што регулатори дозволе примену. Проблем ове тврдње је у томе што није логично могуће било шта доказати са стопостотном сигурношћу. [6]

4.2. Резултати истраживања ефеката 5Г мреже на здравље

Шведски научници са међународног универзитета у Остерстунду су спровели истраживање о ефектима 5Г мреже на здравље човека. Изложеност човека зрачењу 5Г мреже се може догодити преко 5Г уређаја са фреквенцијом изнад 6 GHz , а може се посебно појавити на кожи и у мањој мери на очима, као што је наведено већ и у претходном поглављу. То је могуће због врло мале дубине продирања милиметарских таласа. Стога је важно истражити постоје ли неки здравствени ефекти видљиви на кожи. Ту спадају акутна оштећења коже, загревање ткива (опекотине), али и могући мањи акутни ефекти попут упале, развоја тумора и сл.

Такви ефекти се могу појавити након дужег и понављаног загревања површинских структура коже. То би значило да се јављају топлотни ефекти, али не услед акутних већ хроничних оштећења. Такође, могуће је да локална изложеност изазива таложење енергије у дермису коже, што може бити толико јако да механизам загревања утиче на нервне завршетке и периферне крвне судове.

За ове студије је типично коришћено излагање око 60 GHz при густини снаге 10 mV/cm^2 на кожи, у пределу грудне кости да произведе системске ефекте. Циљ је био лечење одређених болести. Идеја је била да третман индукује ослобађање сопствених опиоида у телу и додатно стимулише периферне живце. Стимулација би зависила од локалног топлотног ефекта, који због фреквенција индукује локално високе вредности, чак и при малим густинама снаге, тако загревајући ткиво.

Због контрадикторности информација из различитих врста доказа које научно не могу бити објашњене, и с обзиром на велике празнине у знању у вези са

утицајем милиметарских таласа на здравље, потребно је спровести истраживања на многим нивоима. То је важно за дефинисање тачних опсега фреквенција и густина снаге за могуће истраживачке пројекте.

Постоји хитна потреба за истраживањем у областима дозиметрије, ин виво студија одговора на дозу, те питања нетермичких ефеката. Стога се препоручује да се следеће празнине у знању затворе одговарајућим истраживањима, а то су:

- Тачна дозиметрија, узимајући у опсег кожу за релевантне опсега фреквенција, укључујући разматрање кратких интезивних импулса (рафали).
- Студије о запаљенским реакцијама које почињу од коже и повезаних ткива.
- Ин виво студије о одговору на дозу развоја топлоте.
- Коришћење ин витро модела (тродимензионални модели) коже за молекуларне и ћелијске крајње тачке.
- Разјашњење питања о нетермичким ефектима.

Постоје и питања о утицају на животну средину са потенцијалним последицама по човеково здравље. Будући да ће многи ММВ уређаји бити инсталирани у окружењу, утицај милиметарских таласа на инсекте, биљке, бактерије и гљиве је важно истражити. Посебно је релевантно питање пораста температуре у врло малим организмима, јер би дубина продора милиметарских таласа могла загрејати цео организам. Међутим, нереалан сценарио је да би изложеност овим таласима при реалним густинама снаге, могла да изазове систематско загревање тела код људи.

Свако локално излагање топлоти, тело би распршило нормалним системом регулације топлоте. Ово је углавном због конвекције изазване протоком крви у близини површних подручја коже на којима се одвија стварно излагање.

Укратко, треба напоменути да постоје недостаци у знању у погледу развоја локалне топлоте на малим живим површинама, нпр. на кожи или оку, што може довести до специфичних ефеката на здравље. Поред тога, треба одговорити на питања било какве могућности нетермичких ефеката. [7]

5. ЗАКЉУЧАК

Први, јавно доступни, 5Г терминални уређаји су се појавили 2019. године. Међутим, како се терминални уређаји са подршком за 5Г појављују на тржишту, у складу с тим ће се повећати и генерисање 5Г промета података. Уз значајно повећање мрежног промета, 5Г ће омогућити економичну мрежну функционалност како би помогли операторима у управљању наведеним повећањем промета.

Уз све теорије завера које су настале појавом 5Г мреже, мора се признати како ће нам ова генерација увелико олакшати живот. Увек доступан и брз Интернет, па чак и замена за Wi-Fi, апсолутно је нешто што обећава. Уз исплативост и приступачне уређаје који могу подржати ову мрежу, очекивања су да ће се комуникација олакшати корисницима било где да се они налазе.

Без обзира на позитивна или негативна мишљења о новој мрежи, чињеница је да је већ на њеним самим почецима стекла велику популарност. Време ће показати какву је еволуцију остварила и хоће ли се појавити неки бољи наследник ове мреже. Што се тиче утицаја на здравље и живот људи, најбоље је пустити научнике

да наставе са истраживањима како би се што јасније утврдио тачан степен ризика иако је и са досадашњим истраживањима доказано да немамо разлог за претерану бригу, а још мање за уништавањем базних станица.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sanou B.: *Setting the Scene for 5G: Opportunities & Challenges*, ITU 2018, преузето 01.02.2021. са: http://www.itu.int/pub/D-PREF-BB.5G_01-2018
- [2] Gupta A., Kumar Jha R.: *A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies*, IEEE Access, 2015, преузето 01.02.2021. са <https://ieeexplore.ieee.org/document/7169508>
- [3] Tutorials Point: *5G – Architecture*, преузето 02.02.2021. са: https://www.tutorialspoint.com/5g/5g_architecture.htm
- [4] Bujanja B.: *Све о 5G технологији у петој брзини*, 2019, преузето 02.02.2021. са: <https://pcpress.rs/sve-o-5g-tehnologiji-u-petoj-brzini/>
- [5] GSMA: *Securing the 5G area*, 2020, преузето 02.02.2021. са: <https://www.gsma.com/security/securing-the-5g-era/>
- [6] IEEE Spectrum, Pretz K.: *Will 5G be bad for our health?*, 2019, преузето 03.02.2021. са: <https://spectrum.ieee.org/news-from-around-ieee/the-institute/ieee-member-news/will-5g-be-bad-for-our-health>
- [7] Simko M., Metson M.: *5G Wireless Communication and Health Effects—A Pragmatic Review Based on Available Studies Regarding 6 to 100 GHz*, International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, преузето 03.02.2021. са: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6765906/>