

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

---

№ 3 (2023)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

---

<https://doi.org/10.48081/YBCY7199>

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.  
*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *д.т.н., профессор*  
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*  
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD*  
Омарова А.Р., *технический редактор*

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов  
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

**\*К. Н. Тайсариева<sup>1</sup>, Г. С. Джобалаева<sup>2</sup>,  
А. А. Абдыкадыров<sup>3</sup>, А.Хабай<sup>4</sup>, Ж.Ш. Тәуірбек<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, Қазақстан, Алматы қ.

e-mail : [g.jobalayeva@satbayev.university](mailto:g.jobalayeva@satbayev.university)

### **КЕЙІНГІ ҰРПАҚ ЖЕЛІЛЕРІНДЕ ШАҒЫН ҰЯШЫҚТЫ ОРНАЛАСТЫРУДЫ ЗЕРТТЕУ**

*Қазіргі уақытта орналастырылған 4G сыртқы жылжымалы желілерінің көпшілігі макростарға негізделген. Алайда, макростатистика кең географиялық аймақтарды қамтитын тығыз қамтуды қамтамасыз ету қиын қысқа кідіріс уақыты және жоғары өткізу қабілеттілігі кейбір 5G қосымшалары үшін қажет етеді [1].*

*Бұл мақалада кең ауқымды ММО жүйелерінің спектрлік тиімділікті жақсартуы және шағын ұяшықтарды тығыз орналастыру және орналастыру кезінде туындайтын мәселелер, сонымен қоса 5G технологиясының өткізу қабілеттілігінің талаптарын қанағаттандыру қарастырылды. Шағын ұяшықтар қосымша спектрді бөледі қажет етпестен желінің өткізу қабілетін арттырады, бұл оларды жиілік спектрі аз операторлар үшін немесе спектр жеткіліксіз болған жағдайда тартымды етеді[3]. Сонымен қатар, салада қолданыстағы 4G желілерінің сапасын жақсарту мақсатында тығыз дамыған қалалық әсерлерде шағын ұяшықтарды орналастыру 5G технологиясы мен eMBB алғашқы қызметтерінің өткізу қабілеттілігіне қойылатын жоғары талаптарды қанағаттандыру зерттелді.*

*Бұл мақалада nrDLCarrierConfig функциясын қолдана отырып, жаңа NR радиотолқынның 5G төмен түсетін арнасының толқын пішінін қалай параметрлеу және модельдеу керектігі көрсетілген. MATLAB модельдеу ортасында 5G желісінде HDL-кодты генерациялау үшін бейімделген модель құрылды. Бірінші кезекте бұл 5G New Radio (NR) сигналдарын генерациялау, нәтижесінде төмен жиіліктегі қалыптасқан сигналдың есептеулері алынды. Бұл жағдайда F-OFDM сигналдарын генерациялау бойынша осы құралдың мүмкіндіктері қарастырылды.*

*Кілтті сөздер: 5G, шағын ұяшықтар, MIMO, New Radio (NR) антенна, өткізу қабілеті.*

### **Кіріспе**

Сонғы уақытта көп елдерде реттеуші органдар мен жергілікті өзін-өзі басқару органдарының саясаты операторларға шамадан тыс әкімшілік және қаржылық міндеттемелерді жүктеу арқылы шағын ұяшықтарды орналастыруға кедергі келтіруде, бұл инвестицияға кедергі келтіреді. Бұл шектеулер ұзақ рұқсат беру процедураларын, ұзақ сатып алу процедураларын, шамадан тыс алымдарды және қолжетімділікке кедергі келтіретін ережелерді қамтиды[2]. Оларға тоқтала кетсек:

Арнайы жерлерге рұқсат беру және жоспарлау процедуралары.

Жергілікті үкіметтің шағын ұяшықтарды қолдану жоспарларын бекітуі 18–24 айға созылуы мүмкін, бұл кідірістерге әкеледі.

Ұзақ келіссөздер мен сатып алу процедуралары.

6 айдан 18 айға дейін созылатын ұзақ сатып алу процедураларынан кейін ғана жергілікті үкіметтер сымсыз байланыс қызметтерін жеткізушілерге сыртқы жабдыққа шағын ұялы жабдықты орнатуға ерекше құқықтар береді, бұл қосымша уақыт пен шығынға әкеледі.

– Көше жабдықтарына қол жеткізу үшін жоғары төлемдер. Қазіргі уақытта жергілікті өзін-өзі басқару органдары көше жабдықтарын пайдаланғаны үшін жоғары ақы алады. Американдық тұтынушылар институтының мәліметі бойынша, бір қалада шам бағанына шағын ұялы жабдықты орнатқаны үшін 30 мың АҚШ доллары көлемінде комиссия алынады.

– Радиожиілік электромагниттік өрістердің (ЭМӨ) адамға әсері. белгіленеді және кейбір жағдайларда олар шектен тыс шектеледі. МЭС (Медициналық-әлеуметтік сараптама) ұсынымына сәйкес, егер радиожиілік электромагниттік өрістің (РЖ ЭМӨ) рұқсат етілген шекті деңгейлері болмаса немесе тиісті жиіліктерді қамтымаса, иондамайтын сәулеленуден қорғау жөніндегі халықаралық комиссия (ICNIRP) белгілеген шектерді пайдалану керек[4,5]. Егер жаңа антенналар қосылса, жауап беру кезеңінде қоғамды алаңдататын кез келген мәселелерге жауап беру үшін барлық қажетті тұрақты шаралар қабылдануы керек. Осындай алаңдаушылық тудыратын факторлардың бірі-антенналардың, әсіресе шатырлардың көрінуі. Көрнекі әсерді азайту үшін шатырлардағы антенналардың бірдей санын сақтай отырып, көп жолақты антенналарды қолдануға болады. Спектрді пайдалану немесе технологияны қайта құру стратегиясы болмаған жағдайда, 5G желісі кем дегенде өтпелі кезеңде радиотехнологиядан туындаған локализацияланған әсерді арттырады. Сондықтан ұлттық директивалық органдарды 5G желісін өрістету және оны іске қосу тәсілдері, сондай-ақ

ұлттық шектеулерге сәйкестікті бағалау мен қамтамасыз етудің неғұрлым тиімді әдістері туралы шешім қабылдаудың ерте сатысында қосу маңызды. Бұл әсер ету шегі Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДСҰ) РЖ ЭМӨ1-ге қатысты ICNIRP дайындаған. Бірақ радиожелілердің мемлекет берген шегі нұсқаулар негізінде ұсынғаннан гөрі шектеулі болатын бірнеше елдерде қиындықтар туғызды.

– Кодекске сәйкес қол жетімділік және құқықтар. Сымсыз байланыс операторлары шам бағаналары сияқты сыртқы жабдыққа шағын ұяшықтарды немесе радио жабдықтарын орнатуға құқылы болмауы мүмкін. Мысалы, Ұлыбританияда бұл шектеулерді жеңу үшін кодекске өзгертулер енгізілді, яғни оларды қолдануға мемлекет кез келген сәтте қарсы болуы мүмкін.

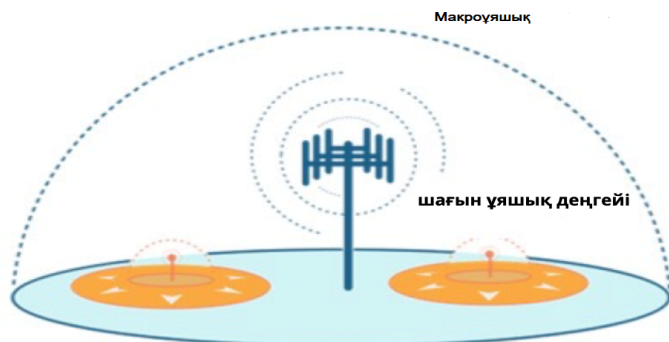
### **Материалдар мен әдістер**

Жалпы әлемдік деңгейде келісілген жиілік спектрін анықтау және бөлу үшін әлемдік қауымдастықтың, аймақтық телекоммуникация ұйымдарының және NRO үйлестіру қажет. NRO үшін бұл 5G желілерін сәтті орналастырудағы ең үлкен қиындықтардың бірін білдіреді. Келісілген таратудың көптеген артықшылықтары бар, өйткені ол шекара бойындағы радио кедергілерді азайтады, халықаралық роумингті жеңілдетеді және жабдықтың құнын төмендетеді. Мұндай жалпы үйлестіру Дүниежүзілік радиобайланыс конференцияларын (ДПК) өткізу барысында МӘСК-тің негізгі міндеті болып табылады[6].

5G желілерін бастапқы орналастыру үшін дамыған елдердегі бірқатар NRO 700 МГц, 3,4 ГГц және 24 ГГц жолақтарын осындай желілердің қамту және өткізу қабілеттілігі талаптарын қанағаттандыра алады деп санайды.

Сондай-ақ, қолда бар спектрді тиімді бөлісу туралы мәселені қарастыру қажет. Дәстүр бойынша, NRO ұялы байланыс операторларына спектрді ерекше негізде бөледі. Алайда, жиіліктерге деген қажеттіліктің артуына байланысты, қолда бар спектрді пайдалану тиімділігін арттырудың бір әдісі оны бөлісу яғни бірнешеге бөле отырып қолдану болуы мүмкін. Сонымен қатар, 5G желілері үшін, әсіресе 24 ГГц-тен жоғары жиілік диапазонында спектрді лицензиялау және пайдалану модельдерін қарастыру қажет. Дәстүр бойынша, тар жолақтарға (5 МГц, 10 МГц, 20 МГц және т.б.) бөлінген жылжымалы жиілік спектрі тапшы, сондықтан аукцион бағасының өсуіне әкелуі мүмкін[5].

Шағын ұяшықтарды орналастыру қолданыстағы 4G желілерінің өткізу қабілеті мен сапасын арттырудың және коммерциялық 5G желілері мен алғашқы eMBB қызметтерінің негізін қалаудың бір әдісін ұсынады. Кейбір сымсыз байланыс операторлары қазірдің өзінде 4G желілерін өткізу қабілетін арттыру және қамту үшін шағын ұяшықтарды пайдаланады, әсіресе тығыз қалалық даму жағдайын атап айтсақ болады[7,9].



Сурет 1 – 5G желілерін өткізу қабілетін арттыру және қамту үшін шағын ұяшықтар

Шағын ұяшықтар қосымша спектрді бөлуді қажет етпестен желінің өткізу қабілетін арттырады, бұл оларды жиілік спектрі аз операторлар үшін немесе спектр жеткіліксіз болған жағдайда тартымды етеді. Сонымен қатар, салада қолданыстағы 4G желілерінің сапасын жақсарту мақсатында тығыз дамыған қалалық жерлерде шағын ұяшықтарды орналастыру 5G технологиясы мен eMBB алғашқы қызметтерінің өткізу қабілеттілігіне қойылатын жоғары талаптарды қанағаттандыруға ықпал етуі мүмкін. Шағын ұяшықтар тығыз жабуды қамтамасыз етуі керек болғандықтан, олардың антенналарын көше инфрақұрылымының элементтеріне – автобус аялдамаларына, шам бағдаршамдарына, бағдаршамдарға және т.б. орнатуға тура келеді [10].

2-суретте шам бағанасына орнатылған антенна жүйесі және соған сәйкес сыртқы шкаф көрсетілген.

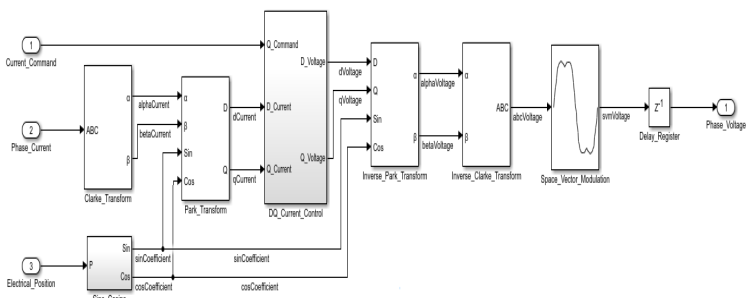


Сурет 2 – Шағын ұяшықтарды және сыртқы шкафты қолдайтын антенна жүйесі

Кең ауқымды МІМО (Multi-Input/Multi-Output) жүйелері деректер жылдамдығын арттыратын және қуатты тиімді тасымалдау үшін қажет сәулененуді қолдайтын жүздеген немесе тіпті мыңдаған антенналарды қамтиды. Кең ауқымды МІМО жүйелері спектрлік тиімділікті жақсартады және шағын ұяшықтарды тығыз орналастырумен бірге операторларға 5G технологиясының өткізу қабілеттілігі талаптарын қанағаттандыруға көмектесе алады[9].

### Нәтижелермен талқылау

MATLAB-Simulink ортасында 5G желісінде HDL-кодты генерациялау үшін бейімделген модель құруға болады. Осы жүйенің моделі 3 -суретте келтірілген.



Сурет 3 – 5G желісінде HDL-кодты генерациялау

Әрі қарай біз 5G-ші буындағы стандартты жиілік-уақыттық қорлар торын қарастырамыз және магистральдық байланыстың физикалық арнасының құрылысына сәйкес құрылған сигналдардың генерациясын қарастырамыз.

Бұл мақалада nrDLCarrierConfig функциясын қолдана отырып, жаңа NR радиотолқынның 5G төмен түсетін арнасының толқын пішінін қалай параметрлеу және модельдеу керектігі көрсетілген. Жасалған толқын пішінінде осы арналар мен сигналдар бар.

PDSCH және оның байланысты DM-RS және PTRS;

PDCCH және оның байланысты DM-RS;

PBCH және оның байланысты DM-RS;

PSS және SSS;

RS CSI.

Толқын пішіні және тасымалдаушы параметрі `nrDLCarrierConfig` пайдаландық, нысан жолақты сигнал генерациясын параметрлеу үшін жасалды. Бұл нысанда толқын пішінінің арналарына сәйкес келетін қосымша нысандар жиынтығы бар және сигнал береді және тасымалдаушының төмен конфигурация параметрлерін орнатуға мүмкіндік береді. [3]

Бұл параметр үшін DL тасымалдаушысын белгіледік.

Ресурс блоктарындағы SCS тасымалдаушы өткізу қабілеттілігі.

Carrier ұяшығының идентификаторы.

Ішкі кадрларда пайда болған толқын пішінінің ұзындығы.

Терезелермен жұмыс.

OFDM модуляцияланған толқын пішінінің үлгі жиілігі.

Символдық фазаны өтеу үшін тасымалдаушы жиілігі

`nrSCSCarrierConfig` нысанының `NStartGrid` және `NSizeGrid` сипаттарын пайдаланып SCS тасымалдаушысының өткізу жолақтары мен қорғау жолақтарын басқаруға болады. [3]

Сигналды синхрондау бумасының (SS) параметрлерін орнатуға болады. SS пакетінің нумерологиясы толқын пішінінің басқа бөліктерінен өзгеше болуы мүмкін. Бит массиві 5 мс жартылай координаттар жүйесін пакетке жіберу үшін блоктарды орнатады. Сондай-ақ, жиілікті миллисекундтармен және пакеттің дәрежесімен орнатуға болады. Конфигурацияланатын SS толық тізімі қасиеттерді бұзғандықтан, `nrWavegenSSBurstConfig` аламыз.

Стандартты үйлесімді қалай жасау керектігі көрсетілген 5G сынақ модельдері NR (NR-TMs) және жоғары және төмен арна 1 (FR1) жиілік диапазоны мен 2 (FR2) жиілік диапазоны үшін бекітілген сілтеме арналары (FRCs). N RTM және FRC сигналдарын генерациялау үшін N RTM немесе FRC атауын, арнаның өткізу қабілеттілігін, қосалқы тасымалдаушылар арасындағы қашықтықты және дуплексті режимді орнатуға болады[3,7,8].

5G Waveform generator қолданбасын ашамыз. MATLAB® құралдар тақтасының Apps қойындысында сигналдарды өңдеу және байланыс кезінде 5G Waveform generator қолданбасының белгішесін басыңыз. Бұл қолданба 5G сигналдарын генерациялау үшін конфигурацияланған Wireless Waveform generator қолданбасын ашады. NR толқынның 5G формасын таңдаймыз.

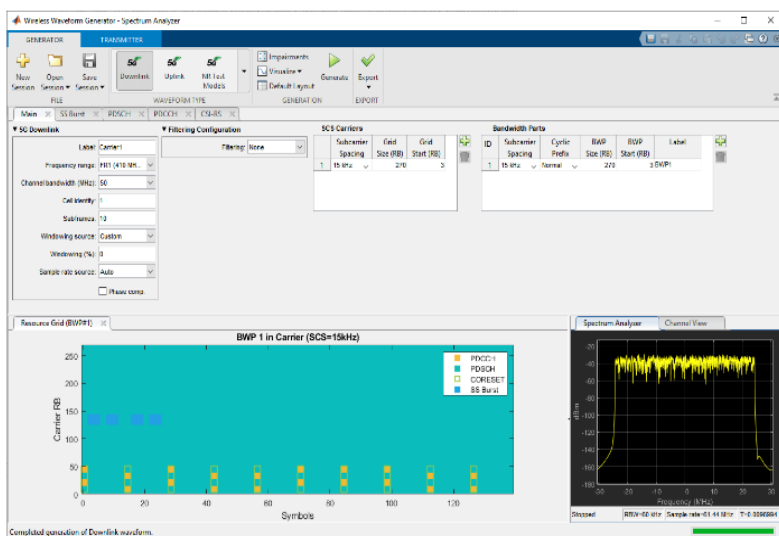
Қолданбаның құралдар тақтасындағы Waveform Type бөлімінде жасағыңыз келетін толқын пішінін басыңыз. Осы толқын пішіндерінің бірін таңдаймыз.

- 5G Downlink;
- 5G Uplink;
- 5G Test Models;
- 5G Downlink FRC;
- 5G Uplink FRC.



Модельдеу нәтижесінде NR толқынның 5G формасы алынды. Таңдалған толқын пішініне байланысты қолданба таңдалған толқын пішінінің параметрлерін орнатуға болатын белгілі бір қойындыларды ұсынады. Қолданбаның құралдар тақтасында, generation бөлімінде нашарлауды қосуға және таңдалған толқын пішініне қолданылатын визуализация құралдарын орнатуға болады. Таңдалған бейнелеу құралдарында толқын пішінін көрсету үшін Generate түймесін басамыз.

5G бейнелеу нәтижелерін көрсетеді толқын пішіні әдепкі параметрлерді қолдана отырып, NR арнасының төмендеуі көрсетілген.



Сурет – 4 Модельдеу нәтижесінде NR толқынның 5G формасы

4 – суретте 5G бейнелеу нәтижелерін толқын пішіні әдепкі параметрлерді қолдана отырып, NR арнасының төмендеуі көрсетілген.

3GPP 5G NR стандарты стандартқа сәйкестігін тексеру мақсатында толқын пішінінің сілтемелері мен параметрлерін орнатады. Сәйкестік толқынының төмендеу формаларының екі нақты түрі nr (NR-TM) сынақ модельдері болып табылады, базалық станция (BS) мақсатында RF тестілеу, және пайдаланушының аппараттық құралын (UE) енгізу сынағы үшін төмен қарай бекітілген сілтеме арналарын (FRC) жібереді.

Олар RF тест мәндері саласында қолданылады, соның ішінде:

BS шығыс қуаты;

Туралау қатесін синхрондау (TAE);

- Алып жатқан жолақтың эмиссиясы;
- Іргелес арнаның ағып кету коэффициенті (ACLR);
- Операциялық жолақ қалаусыз эмиссия;
- Таратқыш жанама эмиссия;
- Таратқыштың интермодуляциясы.

### **Қорытынды**

Шағын ұяшықтар пайдаланушыларға 5G талап ететін кеңейтілген мобильді кең жолақты, төмен кідіріс пен сенімді қызметпен қамтамасыз ету үшін жақсы шешім болып табылады. Жоғары ретті модуляция әдістері, МІМО технологиясы және миллиметрлік толқын спектрі шағын ұяшықтарды орналастыруда, жақсы қызмет көрсету сапасын қамтамасыз етеді.

Кең ауқымды МІМО жүйелері спектрлік тиімділікті жақсартады және шағын ұяшықтарды тығыз орналастырумен бірге операторларға 5G технологиясының өткізу қабілеттілігі талаптарын қанағаттандыруға көмектесе алады. 5G желілерінен талап етілетін тығыз қамту мен жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін, сымсыз байланыс операторлары 5G қол жеткізу желілерін тығыздау үшін, халық тығыз орналасқан қалалық жерлерде шағын ұяшықтарды орналастырады.

### **ПАДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТЗІМІ**

1 **X. Ge, L. Pan, S. Tu, H. -H. Chen and C. -X. Wang**, «Wireless Backhaul Capacity of 5G Ultra-Dense Cellular Networks,» 2016 IEEE 84th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall), Montreal, QC, Canada, 2016, P. 1–6, doi: 10.1109/VTCFall.2016.7881969.

2 **M. Condoluci, M. Dohler, G. Araniti, et al.**, «Toward 5G DenseNets: Architectural Advances for Effective Machine-Type Communications over Femtocell,» IEEE Commun. Mag., Vol. 53, Vol. 1, P. 134–141, Jan. 2015.

3 [Электрондық ресурс] – <https://www.mathworks.com>

4 [Электрондық ресурс] – <https://shalaginov.com/>

5 **Hur, S.; Kim, T.; Love, D.J.; Krogmeier, J.V.; Thomas, T.A.; Ghosh, A.** Millimeter Wave Beamforming for Wireless Backhaul and Access in Small Cell Networks. IEEE Trans. Comm 2013, 61, 4391–4403

6 **Ai, N.; Wu, B.; Li, B.; Zhao, Z.** 5G Heterogeneous Network Selection and Resource Allocation Optimization Based on Cuckoo Search Algorithm. Comput. Commun. 2021, 168, 170–177.

7 **Saleem, R.; Bilal, M.; Chattha, H.T.; Rehman, S.U.; Mushtaq, A.; Shafique, M.F.** An FSS based multiband MIMO system incorporating 3D antennas for WLAN/WiMAX/5G cellular and 5G Wi-Fi applications. IEEE Access 2019

8 **Jehangir, S.S.; Sharawi, M.S.** A compact single-layer four-port orthogonally polarized Yagi-like MIMO antenna system. *IEEE Trans. Antennas Propag.* 2020

9 **J. Hoydis, M. Kobayashi and M. Debbah**, «Green Small-Cell Networks,» *IEEE Vehic. Tech. Mag.*, Vol. 6, No. 1, pp. 37–43, March 2011.

10 **C. Dehos, J. L. Gonzalez, A. D. Dmoenico, D. Ktennas and L. Dussopt**, «Millimeter-Wave Access and Backhauling: The Solution to the Exponential Data Traffic Increase in 5G Mobile Communications Systems?» *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 52, Vol. 9, pp. 88–95, Sept. 2014

## REFERENCES

1 **X. Ge, L. Pan, S. Tu, H. -H. Chen and C. – X. Wang**, «Wireless Backhaul Capacity of 5G Ultra-Dense Cellular Networks,» 2016 IEEE 84th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall), Montreal, QC, Canada, 2016, P. 1-6, doi: 10.1109/VTCFall.2016.7881969.

2 **M. Condoluci, M. Dohler, G. Araniti, et al.**, «Toward 5G DenseNets: Architectural Advances for Effective Machine-Type Communications over Femtocell,» *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 53, Vol. 1, P. 134–141, Jan. 2015.

3 [Electronic resource] – <https://www.mathworks.com>

4 [Electronic resource] – <https://shalaginov.com/>

5 **Hur, S., Kim, T., Love, D. J., Krogmeier J. V., Thomas, T. A., Ghosh, A.** Millimeter Wave Beamforming for Wireless Backhaul and Access in Small Cell Networks. *IEEE Trans. Comm.* 2013, 61, 4391–4403

6 **Ai, N.; Wu, B.; Li, B.; Zhao, Z.** 5G Heterogeneous Network Selection and Resource Allocation Optimization Based on Cuckoo Search Algorithm. *Comput. Commun.* 2021, 168, 170–177.

7 **Saleem, R., Bilal, M., Chattha, H.T., Rehman, S.U., Mushtaq, A. Shafique, M.F.** An FSS based multiband MIMO system incorporating 3D antennas for WLAN/WiMAX/5G cellular and 5G Wi-Fi applications. *IEEE Access* 2019

8 **Jehangir, S. S., Sharawi, M. S.** A compact single-layer four-port orthogonally polarized Yagi-like MIMO antenna system. *IEEE Trans. Antennas Propag.* 2020

9 **J. Hoydis, M. Kobayashi and M. Debbah**, «Green Small-Cell Networks,» *IEEE Vehic. Tech. Mag.*, Vol. 6, No. 1, pp. 37–43, March 2011.

10 **C. Dehos, J. L. Gonzalez, A. D. Dmoenico, D. Ktennas and L. Dussopt**, «Millimeter-Wave Access and Backhauling: The Solution to the Exponential Data Traffic Increase in 5G Mobile Communications Systems?» *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 52, Vol. 9, P. 88–95, Sept. 2014

Басып шығаруға 18.09.23 қабылданды.

\*К. Н. Тайсариева<sup>1</sup>, Г. С. Джобалаева<sup>2</sup>, А. А. Абдыкадыров<sup>3</sup>,

Ж. А. Хабай<sup>4</sup>, Ш. Тәуірбек<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>ҚазНІТУ имени К.И. Сатпаева, Қазақстан, Алматы.

Принято к изданию 18.09.23.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВЕРТЫВАНИЕ МАЛЫЕ СОТЫ В СЕТЯХ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

*В настоящее время большинство установленных наружных макросоты мобильных сетей основаны на 4G. Однако макростатистика показывает, что трудно достичь плотного покрытия, охватывающего обширные географические районы, поскольку для некоторых приложений 5G требуется короткое время задержки и высокая пропускная способность.*

*В этой научной статье рассматриваются улучшения в спектральной эффективности крупномасштабных систем технологии ММО и недостатки и преимущества при установке малых сот, а также удовлетворения требований к пропускной способности технологии 5G.*

*Малые соты увеличивают пропускную способность сети, не требуя дополнительного выделения спектра, что делает их преимущественным даже для операторов с ограниченным спектром.*

*Кроме того, чтобы улучшить качество существующих 4G сетей, было исследовано вопросы установки малых сот в густонаселенных городских районах для удовлетворения требований к высокой пропускной способности технологии 5G и первых услуг eMBB.*

*В этой статье с помощью функции nrDLCarrierConfig смоделировано радиоволн NR 5G и показано как параметризовать формы волны канала. В среде MATLAB была создана имитационная модель для генерации HDL-кода в сети 5G.*

*Прежде всего, это генерация сигналов 5G New Radio (NR), в результате были получены расчеты генерируемого низкочастотного сигнала. При этом были рассмотрены возможности этого инструмента для генерации сигналов F-OFDM.*

*Ключевые слова: 5G, малые соты, ММО, New Radio (NR), антенна, пропускная способность.*

\*K Taissariyeva<sup>1</sup>, G. Jobalayeva<sup>2</sup>, A. Abdykadyrov, <sup>3</sup>A. Khabay,<sup>4</sup>Z. Tauribek<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>KazNRTU them. K. I. Satbayev, Republic of Kazakhstan, Almaty

Accepted for publication on 18.09.23

## A STUDY OF SMALL CELL PLACEMENT IN NEXT GENERATION NETWORKS

*Currently, most of the installed outdoor macro mobile networks are based on 4G. However, macro statistics show that it is difficult to achieve dense coverage covering vast geographic areas because some 5G applications require short latency and high bandwidth [1].*

*This research paper discusses improvements in the spectral efficiency of large-scale MIMO technology systems and the disadvantages and advantages of small cell installations, as well as meeting the bandwidth requirements of 5G technology. Small cells increase network capacity without requiring additional spectrum allocation, making them advantageous for even operators with limited spectrum [3]. In addition, to improve the quality of existing 4G networks, the installation of small cells in densely populated urban areas was investigated to meet the requirements for high bandwidth 5G technology and the first eMBB services.*

*In this paper, using the function nrDL CarrierConfig simulated NR 5G radio waves and showed how to parameterize the channel waveforms. In MATLAB environment a simulation model was created for HDL code generation in the 5G network. First of all, it is the generation of 5G New Radio (NR) signals, resulting in calculations of the generated low-frequency signal. At the same time the possibilities of this tool for generating F-OFDM signals were considered.*

*Key words: 5G, small cells, MIMO, New Radio (NR), antenna, throughput.*

Теруге 18.09.2023 ж. жіберілді. Басуға 29.09.2023 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4140

Сдано в набор 18.09.2023 г. Подписано в печать 29.09.2023 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4140

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik-energy.tou.edu.kz](http://www.vestnik-energy.tou.edu.kz)