

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

---

№ 4 (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/SMUR2431>

**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

<https://doi.org/10.48081/XCCW5875>

**\*А. С. Толегенова<sup>1</sup>, Т. Г. Сериков<sup>2</sup>, А. О. Карабасов<sup>3</sup>,  
Р. Т. Қасым<sup>4</sup>, Б. Тұрдыбек<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы;

<sup>4,5</sup>Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан Республикасы  
e-mail: [balgyn.bek.2018@gmail.com](mailto:balgyn.bek.2018@gmail.com)

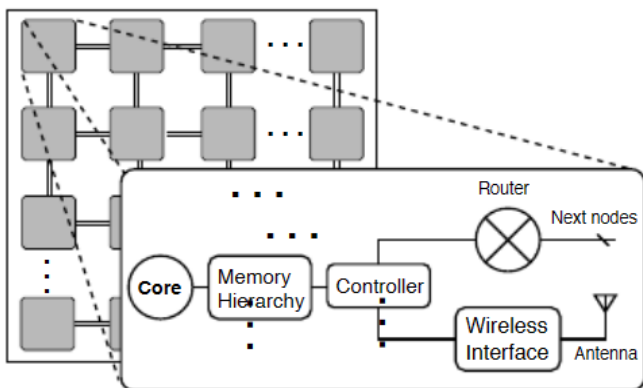
## **КЕҢ ЖОЛАҚТЫ АНТЕННАНЫҢ КӨМЕГІМЕН КӨП ЧИПТІ ДЕРЕКТЕРДІ БЕРУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ**

*Бірнеше жұмыс кристалды байланыстыру үшін  $mm$ -wave сымсыз қосылымдарын пайдалануды қамтиды және олардың жүйелік деңгейде кідірісі мен икемділігі төмен таралуының арқасында бұл жаңа парадигма қолданыстағы көп ядролы архитектуралардың масштабталу кедергілерін жеңе алатынын көрсетеді. Дегенмен, дәл сол жұмыстар чиптің сымсыз ішкі арнасын дұрыс түсінбестен 10 Гбит/с-тан жоғары жылдамдықты және 1 Pj/bit-ке жақын тиімділікті болжайды. Бұл мақалада мұндай болжамдар коммерциялық чиптердің шығындары мен дисперсиясын бағалай отырып, шындықтан алыс екендігі алғаш рет көрсетілген. Негізгі мәселені одан әрі ашу және WNoC әлеуетін растау үшін осы жаңа сымсыз сценарийдің бірегей қасиеттерін – монолитті және статикалық сипатты қолданатын әдістеме ұсынылды, оның қолданылуы мақалада талқыланады. Сценарийдің бірінші қасиеті арнаны жобалауға мүмкіндік береді, яғни таратуды жақсарту үшін өндіруші үшін чипсет пакетін ыңғайлы түрде өзгерту мүмкіндігі бар. Зерттеу чиптің жиілік реакциясын оның корпусының өлшемдерін мұқият таңдау арқылы оңтайландыру үшін осы бірегей қасиетті пайдаланады. Ақырында, оған бейімделу үшін арнаның статикалық қасиеттері қолданылады және физикалық деңгейде қарапайым түзетулер арқылы тиімділік пен жылдамдықты арттыру әдеттері қарастырылады.*

*Кілттік сөздер: кең жолақты антенна, чипаралық байланыс, сымсыз желі, миллиметрлік толқын, маршруттау.*

## Кіріспе

Қазіргі заманғы деректер жүйелерінде көп чипті деректерді беру (Multi-chip Communication, MCC) танымал бола бастады. Бұл технология бірнеше чиптерді немесе құрылғыларды ақпарат алмасу үшін бір желіге біріктіруге мүмкіндік береді, бұл есептеу, байланыс, биомедициналық инженерия және т.б. сияқты әртүрлі салаларда жаңа мүмкіндіктер ашады [1,2] Көп чипті деректерді сәтті енгізудің негізгі аспектілерінің бірі-чиптер арасындағы тиімді байланыс [3]. Бұл тұрғыда кең жолақты антенналар көбірек назар аударады және көп чипті байланыс жүйелерінде деректерді беру тиімділігін арттыруға ықпал ететін маңызды элементтердің бірі болып табылады. Осылайша, көптеген ядролар дәуірінде жаңа парадигмалар қажет. WnoC үшін арнайы жасалған 60/90 ГГц біріктірілген трансиверлер сыналды [4, 5]. Көптеген жұмыстар [6, 7, 8, 9], хип қаптамасының шығын мен шашырауға әкелетін әсерін елеменіз немесе шашырауды мүлдем елеменіз. Бұл WNoC парадигмасының әлеуетін жоққа шығармайды, бірақ қол жетімді жылдамдық пен қуат туралы қате болжамдарға әкеледі. Мысалы, көптеген wnoc архитектуралары 10 Гбит/с-тан жоғары жылдамдықты ұсынады [10, 11, 12], бұл көп сәулелі әсерлерге байланысты қол жетімсіз болуы мүмкін. Басқа жұмыстар 25 және 30 дБ арасындағы жолдағы шығындарды болжай отырып, қуат тұтынуды бағалауға мүмкіндік береді, бұл стандартты Чип корпустарындағы шындықтан алыс мәндер.



Сурет 1 – Чиптегі сымсыз желі архитектурасының эскизі

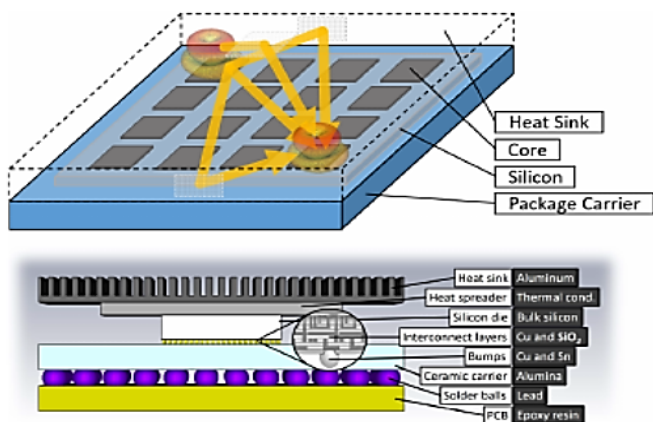
## Материалдар және әдістер

Арнаның сипаттамасы. Біз көбінесе назардан тыс қалатын нақты есептеу пакеті шеңберінде таралуды зерттейміз. Ыдырау мен дисперсияның масштабтау тенденцияларын анықтау үшін жиілік пен уақыт аймақтарын талдау жүргізіледі.

Арнаны жобалау. Ішкі Чип арнасы бірегей, өйткені оны жобалауға болады. Сондықтан біз әлсіреу мен диффузияны бірлесіп азайту үшін қаптаманың дизайн кеңістігін зерттейтін оңтайландыру схемасын ұсынамыз. Біз оларды 30 дБ және 3,52 бірге немесе 47 дБ және 7,32=жеке төтенше жағдайларда азайтамыз.

Статикалық трансиверді оңтайландыру. Ішкі кристалды арна да ерекше, өйткені ол квази-детерминирленген. Осыған сүйене отырып, біз көп жолақты әсерлерді болжау және оларға трансивердің артқы жағын бейімдеу арқылы диффузиямен күресуді ұсынамыз.

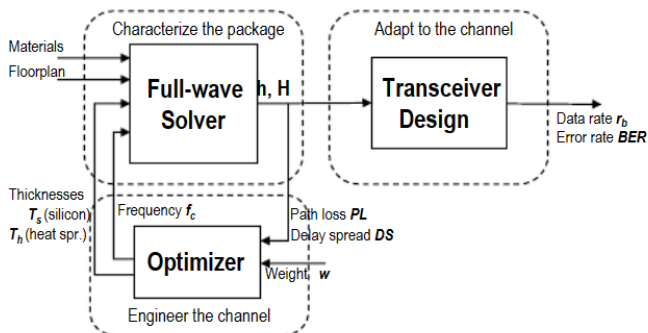
Чиптегі сымсыз желі. WNoC кең мағынада сымды dnoс үстінен сымсыз ішкі қосылымдарды енгізуді білдіреді. Сымсыз интерфейске кіретін Пакет серияланған, модуляцияланған және антенна 2-суретте көрсетілгендей берілген үлгі бойынша шығарылады.



Сурет 2 – Қақпағы бар корпуста сымсыз тарату (жоғарыда) және әдеттегі көлденең қимасы (төменде)

Чиптің құрылымы және антеннаның орналасуы: стандартты чиптің әдеттегі көлденең қимасы оқшаулағышпен бөлінген және жоғалған кремний субстратының үстіне орналастырылған 5–10 қабатты металл пакеттен тұрады [13].

Жүйені жобалау: Сымсыз ішкі Чип арнасы негізінен белгісіз және сәулетшілерге WNoC-тың шынайы әлеуетін бағалауға кедергі келтіреді. 3-суретте қысқаша ұсынылған ұсынылған әдістеме мәселені үш кезеңде шешеді.

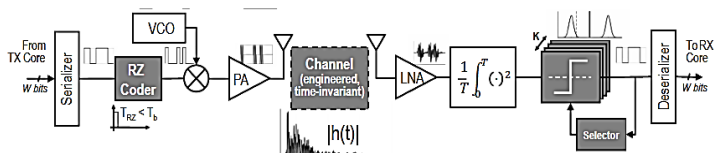


Сурет 3 – Ұсынылған әдістеме: пакетті сипаттау, арнаны жобалау және оған бейімдеу

Оның негізгі мақсаты-пакет өлшемдері мен жиілік диапазонының тіркесімін табу, бұл жолдың жоғалуы мен дисперсиясын азайтады [14].

Мақсатымыз үшін ең жақсы пакет пен жиілік диапазонын тапқаннан кейін, біз арнаның статикалық табиғатын пайдалана отырып, трансиверді оңтайландырамыз.

Модельдеуді орнату. 1-суретте көрсетілген құрылым толқынды шешгіште ұсынылған. Есептеу жүктемесін азайту үшін дөңес массиві қатты металл элементі ретінде жуықталады. Арна жолдағы шығындарды және кідірістердің таралуын азайту үшін жасалғаннан кейін, арнаның статикалық табиғатын қолданамыз. 4-суретте әдеттегі сымсыз ішкі чиптің құрылымдық схемасы көрсетілген.



Сурет 4 – ООК және когерентті емес анықтауды қолдайтын сымсыз чип аралық байланыстағы физикалық деңгей

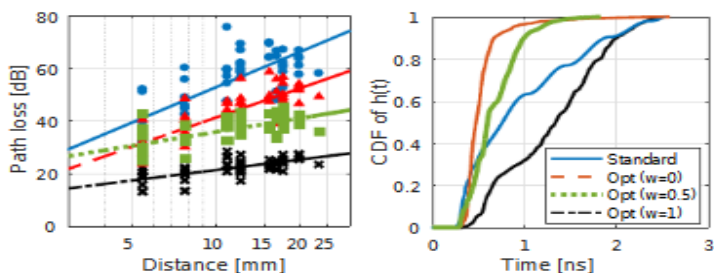
Әдетте ООК модуляциясы қарастырылады. Биттердегі энергия  $E_b = Or / rb$ , мұндағы  $P_{rx}$  – қабылданған қуат, ал  $RB$  – таңбаларды беру жылдамдығы деп есептесек, ООК үшін BER шектеулі (1).

$$BER_{OOK} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{E_b}{4N_0}} \right), \quad (1)$$

мұндағы,  $\operatorname{erfc}$ -қатенің қосымша функциясы, ал  $E_b / N_0$  – сигнал/шу қатынасы. Бұл шекара оңтайлы шекті есептеумен және ISI жоқ когеренттілікті анықтауды қамтиды. Біздің жағдайда, бұл деректер жылдамдығы Найквист жылдамдығынан асып кеткен кезде көрінеді.

### Нәтижелер мен талқылау

Өткізу жылдамдығына әсері. Кідірістердің таралуын айтарлықтай азайту арқылы арнаны жобалау процесі стандартты чиппен салыстырғанда ісі-сыз жылдамдықты арттырады. Сонымен қатар, трансиверді оңтайландыру (i) 10 ГГц жиілікте BER 10-15-ке жету қол жетімді екенін және (ii) басқаша мүмкін болмайтынын көрсетті [16, 17]. Біз үш  $W$  өкілдік мәнін таңдап, нәтижелерді стандартты чиппен салыстырдық ( $T_s = 0,7$  мм,  $T_h = 0,2$  мм,  $f_c = 60$  ГГц). 5-сурет пен 1-кесте осы процестің нәтижесін көрсетеді.



Сурет 5 – Оңтайлы нүктелер арасындағы салыстыру трактінің жоғалуы және кідірістердің таралуы

Алдымен біз  $W = 0$ -ді өте жоғары өнімділікке еліктеу үшін орнатамыз, осылайша кідірістердің таралу шектерін итереміз. Шыңы  $\{T_s = 0,3, T_h = 0,8, f_c = 110\}$  шамасында табылды және  $B_c = 14,02$  ГГц когеренттік диапазонында  $t_{rms} = 71,32$  PS ең нашар кідіріс таралуын береді. Жолдағы шығындарға келетін болсақ, бұл есептік нүкте де стандарттан 10-15 дБ жақсы [15].

Екінші өкілдік жағдай  $W=1$  болар еді, бұл жолды жоғалту шегін кеңейтеді. Шыны кремнийді біздің төменгі шегімізге дейін сұйылту және қалыңдық дистрибуторын қолдану арқылы алынды:  $\{TS = 0,1, Th=0,8, fc=60\}$ . Бұл жағдайда  $L_{max}$  үшін 47,07 дБ және Large үшін 32,69 дБ ( $n = 1,32$ ) трактаттағы шығындардың айтарлықтай төмендеуіне қол жеткізіледі. Стандартты чиппен салыстырғанда бұл дизайн когеренттіліктің өткізу қабілеттілігін 3,52 есе және трактінің жоғалуын 1,5 еседен астам арттыруға мүмкіндік береді.

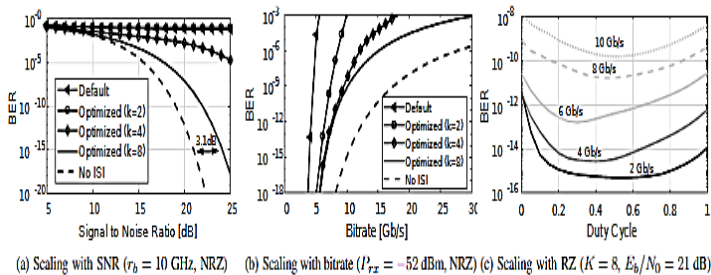
Кесте 1 – Оңтайландырылған қаптама дизайнының қысқаша сипаттамасы

	$\tau_{rms}$ (ns)	$B_c$ (GHz)	$L_{max}$ (dB)	$L_{avg}$ (dB)	n
w=0	0.07	14.02	58.62	42.76	3.28
w=0.5	0.15	6.76	45.49	36.48	1.74
w=1	0.59	1.69	28.55	21.88	1.32
Std.	0.52	1.92	75.62	54.57	4.61

Статикалық трансиверді оңтайландыру. Біз өнімділік шектерін кеңейтуге мүдделі болғандықтан, бұл бөлім Жоғары өнімділікті қамтамасыз етуге арналған корпустық трансивердің жақсартуларын бағалайды. Осылайша, біз  $\tau_{rms} = 71,32$  PS кідіріс спрэдімен  $\{Ts=0,3, Th=0,8, fc = 110\}$  есептеу нүктесінің ең нашар өтпелі сипаттамасын аламыз.

Табалдырықты бейімдеу. 6 (А) суретте WNoC-тың көптеген жұмыстарында болжанған 10 Гбит/с  $rb_{of}$  тұрақты жылдамдығы үшін алынған BER және  $EB/N_0$  функциясы көрсетілген. 6(В) суретте көрсетілген нәтижелер ісі қабырғасына шамамен 5 Гбит/с жылдамдықпен жеткенде әдепкі қабылдағыштың жұмысын тоқтататынын көрсетеді. 6(а) және 6(б) суреттерден жасауға болатын тұжырымдардың бірі-біз тәуекелді барынша азайта аламыз, бірақ одан толықтай құтыла алмаймыз. 6(с)-суретте келтірілген нәтижелер қателіктердің жиілігін азайтатын жұмыс циклінің мәні бар екенін көрсетеді. Мұнда кеңістікті үнемдеу мақсатында көрсетілмеген  $EB/N_0$  масштабтау талдауы сонымен қатар RZ біздің тізбегімізді BER = 10-15 үшін тамаша қабылдағышқа 1,2 дБ жақындататынын көрсетті.





Сурет 6 – Модуляция жағдайында трансиверді оңтайландырудың биттік кате жиілігіне (BER) әсері OOK

**Өткізу жылдамдығына әсері.** Кідірістердің таралуын айтарлықтай азайту арқылы арнаны жобалау процесі стандартты чиппен салыстырғанда ісі-сыз жылдамдықты арттырады. Сонымен қатар, трансиверді оңтайландыру (i) 10 ГГц жиілікте BER 10-15-ке жету қол жетімді екенін және (ii) басқаша мүмкін болмайтынын көрсетті. Осылайша, бұл біздің әдістеме WNoC әдебиеттерінде әдетте болжанатын жылдамдықты қамтамасыз ететіндігін дәлелдейді.

**Қуат тұтынуға әсері.** Трактаттағы шығындарды 47 дБ-ге дейін азайту арқылы біз соңғы трансивер ұсыныстарында болжанғанға жақын әлсіреу деңгейіне жетеміз ([16, 17] 26,5 дБ және [18, 19] деректері бойынша есептелген 26 дБ. Мұндай болжамдарға сәйкес келу [16, 17] немесе [18, 19] үшін  $0,54$  Pj/bit үшін  $1,95$  Pj/bit биттік энергияға әкеледі, бұл wnoc әдебиетінде болжанғанға сәйкес. Оның үстіне, біздің трансивер ISIE эффектілерін 10 Гбит/с және BER = 10-15 деңгейінде өтеу үшін қосымша 1,9 дБ SNR қажет. Арнаның жоғалуы мен тиімділігі арасында нақты байланыс орнату үшін қуат күшейткіштері қазіргі заманғы трансиверлердің ең көп тұтынылатын компоненттері болып табылады, мысалы, 70,8 % [18, 19]. Қосымша шығындарды, Шу көрсеткіштерін немесе тізбек шектеулерін өтеу бұл көрсеткіштердің одан да артуына әкеледі [20].

**Зерттеу бағыттары.** Бұл жұмыс intra-chip арнасындағы бұзушылықтарды айтарлықтай азайтқанымен, біз төменгі шекараға жеттік деп ойламаймыз. Жаһандық оптимумдарды табу үшін имитациялық күйдіру әдістерін қолданудан басқа, біз таралуды одан әрі жақсартпа аламыз, (i) рефлекторлар арқылы белгілі бір сәулелерді бағыттау немесе сәулені қалыптастыру үшін бұрыннан бар көптеген антенналарды пайдалану, (ii) кремнийді өндіріс шегіне дейін немесе (iii) терагерц диапазонына дейінгі жиіліктерді зерттеу.

### **Қаржыландыру туралы ақпарат**

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды, АР14869840 –«Интерфейстер арасындағы ақпаратты ультра кең жолақты көп антенналық сымсыз тасымалдауды зерттеу және құру» жобасы аясында шығарылды.

### **Қорытынды**

Сымсыз ішкі чип заманауи көп ядролы процессорлардың масштабталу мәселелеріне әлеуетті шешім ретінде ұсынылды. Дегенмен, біз осы саладағы жұмыстардың көпшілігі арнаға тым оптимистік екенін көрсеттік, бұл сандар стандартты чипсет үшін тапқаннан бір немесе екі ретті жақсырақ деп есептейміз. Осы іргелі мәселені әрі қарай шешу және WNoC әлеуетін растау үшін біз осы жаңа сымсыз сценарийдің екі ерекше қасиетін қолданатын әдістемені ұсындық: оның монолитті және статикалық сипаты. Біріншісі бізге арнаны жобалауға мүмкіндік береді, яғни таратуды жақсарту үшін чипсет пакетін өндірушіге ыңғайлы түрде өзгертуге мүмкіндік береді. Бұл процесс жолдағы шығындарды 47 дБ немесе өткізу қабілеттілігін 10 ГГц-тен жоғары сәйкессіздікпен төмендетуге мүмкіндік берді. Екіншісі Nyquist шегінен тыс көп сәулелі әсерлерді азайту үшін трансиверді оңтайландыруға мүмкіндік береді. ООК сигналдарын 10 Гбит/с жылдамдықпен 10-15 күшейту коэффициентімен сигнал/шу қатынасы дисперсиясыз ортаға қарағанда небәрі 1,9 дБ артық декодтай алатындылығы көрсетілді.

### **ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ**

1 **D. Wentzlaff, P. Griffin, H. Hoffmann, L. Bao, B. Edwards, C. Ramey, M. Mattina, C.-C. Miao, J. F. Brown III, and A. Agarwal**, «On-chip interconnection architecture of the tile processor» // IEEE Micro. – 2007. Vol. 27. No. 5. P. 15–31

2 **G. Chrysos**, «Intel R Xeon Phi coprocessor-the architecture» // IntelWhitepaper. – Vol. 176 – 2014.

3 **S. Abadal, B. Sheinman, O. Katz, O. Markish, D. Elad, Y. Fournier, D. Roca, M. Hanzich, G. Houzeaux, M. Nemirovsky, E. Alarc’ on, and A. Cabellos-Aparicio**. «Broadcast-Enabled Massive Multicore Architectures: A Wireless RF Approach» IEEE MICRO, 2015. Vol. 35. No. 5. P. 52–61

4 **D. Matolak, A. Kodi, S. Kaya, D. DiTomaso, S. Laha, and W. Rayess**, «Wireless networks-on-chips: architecture, wireless channel, and devices» // IEEE Wireless Communications Vol. 19, No. 5. 2012.

5 **J. Kim, K. Choi, and G. Loh**, «Exploiting new interconnect technologies in on-chip communication» IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, – 2012. Vol. 2. No. 2. P. 124–136.

6 **M. A. I. Sikder, A. Kodi, W. Rayess, D. Ditomaso, D. Matolak, and S. Kaya**, «Exploring wireless technology for off-chip memory access» // In Proceedings of the HOTI '16. 2016. P. 92–99.

7 **H. M. Cheema and A. Shamim**, «The last barrier: On-chip antennas,» IEEE Microwave Magazine. 2013 Vol. 14 No. 1. P. 79–91

8 **Y. P. Zhang, Z. M. Chen, and M. Sun**, «Propagation Mechanisms of Radio Waves Over Intra-Chip Channels With Integrated Antennas: Frequency-Domain Measurements and Time-Domain Analysis,» // IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2007 – Vol. 55. No. 10, P. 2900–2906.

9 **H.-t. Wu, J.-j. Lin, and K. K. O.** «Inter-Chip Wireless Communication» // In Proceedings of the EuCAP '13 – 2013. P. 3647–3649.

10 **S. Abadal, M. Iannazzo, M. Nemirovsky, A. Cabellos-Aparicio, H. Lee, and E. Alarcón**, «On the Area and Energy Scalability of Wireless Network-on-Chip: A Model-based Benchmarked Design Space Exploration» // IEEE/ACM Transactions on Networking. 2015. – Vol. 23. No. 5. P.1501–13.

11 **S. Deb, A. Ganguly, P. P. Pande, B. Belzer, and D. Heo**, «Wireless NoC as Interconnection Backbone for Multicore Chips : Promises and Challenges,» IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems 2012.– Vol. 2. No. 2. P. 228–239

12 **W. Choi, K. Duraisamy, R. G. Kim, J. R. Doppa, P. P. Pande, D. Marculescu, and R. Marculescu**, «On-Chip Communication Network for Efficient Training of Deep Convolutional Networks on Heterogeneous Manycore Systems,» IEEE Transactions on Computers. 2018.Vol. 67. No. 5. P. 672–686

13 **W.-H. Chen, S. Joo, S. Sayilir, R. Willmot, T.-Y. Choi, D. Kim, J. Lu, D. Peroulis, and B. Jung**, «A 6-Gb/s Wireless Inter-Chip Data Link Using 43-GHz Transceivers and Bond-Wire Antennas,» IEEE Journal of Solid-State Circuits, oct 2009. – Vol. 44 – No. 10. P. 2711–2721

14 **K. Kim, W. Bornstad, and K. K. O** «A Plane Wave Model Approach to Understanding Propagation in an Intra-chip Communication System» In Proceedings of the APS '01, 2001, P. 166–16.

15 **R. S. Narde, N. Mansoor, A. Ganguly, and J. Venkataraman**, «On-Chip Antennas for Inter-Chip Wireless Interconnections: Challenges and Opportunities,» // In Proceedings of the EuCAP '18. – 2018.

16 **P. Y. Chiang, S. Woracheewan, C. Hu, L. Guo, H. Liu, R. Khanna, and J. Nejedlo**, «Short-Range, Wireless Interconnect within a Computing Chassis: Design Challenges,» IEEE Design & Test of Computers. 2010 – Vol. 27. No. 4, P. 32–43, .

17 **J. Simkin and C. W. Trowbridge**, «Optimizing electromagnetic devices combining direct search methods with simulated annealing,» // IEEE Transactions on Magnetics, 1992 – Vol. 28, No. 2. P. 1545–1548

18 **J. Branch, X. Guo, L. Gao, A. Sugavanam, J. J. Lin, and K. K.O.** «Wireless communication in a flip-chip package using integrated antennas on silicon substrates,» // IEEE Electron Device Letters. 2005 – Vol. 26, No. 2. P. 115–117. 19 **X. Yu, S. P. Sah, H. Rashtian, S. Mirabbasi, P. P. Pande, and D. Heo,** «A 1.2-pJ/bit 16-Gb/s 60-GHz OOK Transmitter in 65-nm CMOS for Wireless Network-On-Chip,» IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2014 – Vol. 62, No. 10. P. 2357–2369

20 **F. Bieck, S. Spiller, F. Molina, M. Topper, C. Lopper, I. Kuna, T. C.Seng, and T. Tabuchi,** «Carrierless design for handling and processing of ultrathin wafers» // Proceedings of the ECTC '10. P. 316–322. 2010.

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

*А. С. Толегенова<sup>1</sup>, Т. Г. Сериков<sup>2</sup>, А. О. Карабасов<sup>3</sup>,*

*Р. Т. Қасым<sup>4</sup>, Б. Тұрдыбек<sup>5</sup>*

<sup>1,2,3</sup>Қазақстанның агротехникалық зерттеуші университетінің атындағы  
С. Сейфуллина, Республика Қызақстан, г. Астана;

<sup>4,5</sup>Академия логистикасы және транспортты, Республика Қызақстан, г. Алматы.

Қыбылданды 28.11.23.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОЧИПОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ШИРОКОПОЛОСНОЙ АНТЕННЫ

*Несколько работ предполагают использование беспроводных подключений mm-wave для связи на кристалле и показывают, что благодаря их распределению с низкой задержкой и гибкостью на системном уровне эта новая парадигма может преодолеть барьеры масштабируемости существующих многоядерных архитектур. Однако те же самые работы предсказывают скорость выше 10 Гбит/с и эффективность, близкую к 1 Pj/bit, без неправильного понимания беспроводного внутреннего канала чипа. В этой статье впервые показано, что такие прогнозы далеки от реальности, оценивая затраты и дисперсию коммерческих чипов. Чтобы дополнительно раскрыть фундаментальную проблему и подтвердить потенциал WNoC, была предложена методология, которая использует уникальные свойства этого нового беспроводного сценария – монолитный и статический характер, о применение которых будет рассказано в статье. Первое свойство сценария позволяет проектировать канал, что означает, что есть*

*возможность удобно изменить пакет чипсета для производителя для улучшения распространения. В исследовании используется это уникальное свойство для оптимизации частотной характеристики чипа путем тщательного подбора размеров его корпуса. Наконец, чтобы адаптироваться к нему, используются статические свойства канала и рассматриваются привычки повышения эффективности и скорости с помощью простых корректировок на физическом уровне.*

*Ключевые слова: широкополосная антенна, межчиповая связь, беспроводная сеть, миллиметровая волна, маршрутизация.*

*A. S. Tolegenova<sup>1</sup>, T. G. Serikov<sup>2</sup>, A. O. Karabassov<sup>3</sup>,  
R. T. Kasym<sup>4</sup>, B. Turdybek<sup>5</sup>*

*<sup>1,2,3</sup>S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,  
Republic of Kazakhstan, Astana,*

*<sup>4,5</sup>Academy of Logistics and Transport, Republic of Kazakhstan, Almaty,*

*Accepted for publication on 28.11.237*

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE MULTI-CHIP DATA TRANSMISSION WITH A BROADBAND ANTENNA**

*Several papers suggest the use of mm-wave wireless connections for on-chip communication and show that thanks to their low-latency distribution and flexibility at the system level, this new paradigm can overcome the scalability barriers of existing multicore architectures. However, the same works predict speeds above 10 Gbit/s and efficiency close to 1 Pj/bit, without misunderstanding the wireless internal channel of the chip. This article shows for the first time that such forecasts are far from reality, estimating the costs and variance of commercial chips. In order to further reveal the fundamental problem and confirm the potential of WNoC, a methodology was proposed that uses the unique properties of this new wireless scenario - monolithic and static nature, the application of which will be described in the article. The first property of the script allows you to design a channel, which means that it is possible to conveniently change the chipset package for the manufacturer to improve distribution. The study uses this unique property to optimize the frequency response of the chip by carefully selecting the size of its housing. Finally, in order to adapt to it, static properties of the channel are used and habits of increasing efficiency and speed with simple adjustments at the physical level are considered.*

*Keywords: broadband antenna, intertype communication, wireless network, millimeter wave, routing.*

Теруге 28.11.2023 ж. жіберілді. Басуға 29.12.2023 ж. кол 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 №4175

Сдано в набор 28.11.2023 г. Подписано в печать 29.12.2023 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 № 4175

«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)