ISSN (o): 3030-3362



№ 4(26)
27.04.2025
IF 2024 11.7

RTADQIQ VA TATBIQ
Research and implementation
scientific-methodical journal

SCIENCES
Exact, Natural, Political, Social, Economic, Technical, Medical, Pedagogical

zenodo
Google scholar
OpenAIRE
ISSN INTERNATIONAL STANDARD SERIAL NUMBER INTERNATIONAL CENTRE
CERTIFICATE № 078777
ral-journal.uz
@ferteach_uz

Editor in Chief:
F.M.Mukhtarov
PhD, associate prof

Executive editor
S.I.Zokirov
PhD, associate prof

Languages:
Uzbek, Russian, English and Karakalpak

Registered in the Agency of Information and Mass Communications under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan on May 3, 2023 under number 078777.

IF-2024: 11.7

@ferteach_uz
+99893-343-13-14
https://rai-journal.uz

SCAN ME

Editorial Board:

B.R.Ismailov *– Dr. Tech. Sc., Prof., M.Avezov South Kaz. Univ., Shymkent, Kazakhstan*
I.Bjorn *- Ph.D., Imeritus, Technical University of Denmark, Copenhagen, Denmark*
A.Rasulov *– Dr. Phys.-Math. Sc., Prof., TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan*
L.K.Mamadaliyeva *– Dr. Tech. Sc. (DSc), Prof., FerPI, Fergana, Uzbekistan*
M.E.Yunusaliyev *– Dr. Tech. Sc. (DSc), Prof., FerPI, Fergana, Uzbekistan*
X.B.Ismailov *– Can. Tech. Sc., Assoc. Prof., M.Avezov South Kaz. Univ., Shymkent, Kazakhstan*
J.T.Moldaliyev *– Can. Bio. Sc., Assoc. Prof.. OshSU, Osh, Kyrgyzstan*
O.S.Nazarmatov *– DSc in Econ., TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan*
G.K.Obidova *- DSc in Ped., TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan*
T.M.Abdullayev *- Ph.D. in Tech. Sc., TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan.*
N.I.Ibrokhimov *- Ph.D. in Phys.-Math., TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan.*
A.R.Nurmatov *- Ph.D. in History, NamSU, Fergana, Uzbekistan.*
T.Yu.Bakirov *- PhD in Ped. Sc., FarSU, Fergana, Uzbekistan*
D.F.Tukhtasinov *- Ph.D. in Ped. Sc., TUIT Fergana branch, Fergana, Uzbekistan.*
S.B.Atajonova *- Ph.D in Ped. Sc., AndMI, Andijan Uzbekistan*
Sh.A.Umarov *- Ph.D. in Phys.-Math. Sc., TUIT Fergana branch, Fergana, Uzbekistan.*
I.A.Rustamov *- Ph.D. in Phil. Sc., TUIT Fergana branch, Fergana, Uzbekistan.*
B.Kh.Tolipov *- Ph.D. in Phil. Sc., TUIT Fergana branch, Fergana, Uzbekistan.*
O.Kh.Otakulov *- Can. Tech. Sc., Assoc. Prof.. TUIT Fergana branch, Uzbekistan*
O.S.Raimjonova *- Ph.D in Tech. Sc., Assoc. Prof., TUIT Fergana branch, Uzbekistan*
R.A.Nurdinova *- Ph.D in Tech. Sc., Assoc. Prof., TUIT Fergana branch, Uzbekistan*
M.I.Ismoilov *- Ph.D in Tech. Sc., Assoc. Prof., TUIT Fergana branch, Uzbekistan*
I.T.Tojiboyev *- Can. Tech. Sc., Assoc. Prof., Fergana State University, Uzbekistan*
Sh.J.Kholmatov *- PhD., TUIT Fergana branch, Fergana, Uzbekistan*
Z.N.Khatamova *- PhD. in Tech. Sc., TUIT Fergana branch, Fergana, Uzbekistan*
Q.Kh. Akhunov *- Can. Tech. Sc., Assoc. Prof., Fergana Polytechnic Institute, Uzbekistan*
M.Kh. Okhunov *- Can. Tech. Sc., Assoc. Prof., Fergana Polytechnic Institute, Uzbekistan*
A.Q. Khomidov *- Can. Tech. Sc., Assoc. Prof., Fergana Polytechnic Institute, Uzbekistan*
Sh.Sh. Akramov *- PhD, TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan*
A.A. Salimov *- PhD in Econ., Fergana Polytechnic Institute, Uzbekistan*
Z.G'. Ubaydullayev *– Can. Econ., TUIT Qarchi Branch, Qarchi, Uzbekistan*
S.S. Ibragimov *- Ph.D in Tech. Sc., AndMI, Andijan Uzbekistan*
Sh.J. Kholmatov *- Ph.D. in Phil., TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan*
G.D. Kuchkarova *- Ph.D. in Phil., TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan*
I.R.Teshabayeva *- Ph.D. in Tech. Sc., TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan*
A.L.Meliquziyev *- Ph.D. in Phil. Sc., TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan*
O.U.Kholmatova *- Ph.D. in Phil. Sc., TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan*
N.N.Radjabov *- Ph.D. in Phil. Sc., Assoc. Prof., Oriental University, Tashkent, Uzbekistan*
Sh.A.Yuldashov *- Ph.D. in Tech. Sc., Fergana State University, Fergana, Uzbekistan*
A.A.Yuldashev *- Ph.D. in Tech. Sc., Fergana State University, Fergana, Uzbekistan*
M.Israilov *- Can. Tech. Sc., Armed Forces of the Republic of Uzbekistan Academy of Forces*
N.S.Abdullaeva *- PhD in Ped. Sc., NamDU, Namangan, Uzbekistan*
A.G.Turgunboyeva *- PhD in Ped. Sc., NamDPI, Namangan, Uzbekistan*
M.A.Abdullaeva *- Prof., NamDU, Namangan, Uzbekistan*
I.O.Ergashev *- PhD in Econ., Fiscal Institute, Tashkent, Uzbekistan*
N.T.Mamatxanova *- PhD in Ped. Sc., NamDPI, Namangan, Uzbekistan*
U.Yu.Akhundzhanov *- PhD in Tech. Sc., TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan*
O.M.Ergashev *- PhD in Tech. Sc., TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan*
N.R.Khallieva *- PhD in Econ., Bukhara MTI, Bukhara, Uzbekistan*
F.K.Achilova *– Can. Econ. Sc., TUIT Qarchi Branch, Qarchi, Uzbekistan*
A.K.Samyayev *- PhD in Geog., Sam. Reg. Ped. Skills Center, Samarkand, Uzbekistan*
J.S.Abdullayev *- Can. Phys.-Math. Sc., Assoc. Prof.. TUIT Fergana branch, Uzbekistan*
N.D.Botirova *–PhD in Ped, TUIT Fergana Branch, Fergana, Uzbekistan*

Bosh muharrir:

Tahrir hay'ati:

F.M.Mukhtarov
PhD, dotsent

Ijrochi muharrir:
S.I.Zokirov
PhD, dotsent

Nashr tillari:
O‘zbek, Rus, Inzliz va Qoraqalpoq

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan 2023-yil 3-mayda 078777 raqami bilan ro‘yxatga olingan..

IF-2024: 11.7

@ferteach_uz
+99893-343-13-14
https://rai-journal.uz

B.R.Ismailov *– t.f.d., prof. M.Avezov Jan. Qoz. Univ-ti., Chimkent, Qozog‘iston*
I.Byorno - *Ph.D., Imeritus, Daniya Texnika Universiteti, Kopengagen, Daniya*
A.Rasulov *– f.-m..f.d., prof.TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*
L.K.Mamadaliyeva – *t.f.d. (DSc), prof. FarPI, Farg‘ona, O‘zbekiston*
M.E.Yunusaliyev – *t.f.d. (DSc), prof. FarPI, Farg‘ona, O‘zbekiston*
X.B.Ismailov- *t.f.n., dot., M.Avezov Jan. Qoz. Univ-ti., Chimkent, Qozog‘iston*
J.T.Moldaliyev *- bio. f. n., dotsent. OshDU, Osh, Qirg‘iziston*
O.S.Nazarmatov *- iqt.f.d. DSc, TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*
G.K.Obidova *- ped.f.d. DSc, TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*
T.M.Abdullayev *– t.f.b. Ph.D., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston.*
N.I.Ibrokhimov *– f.-m.f.b. Ph.D., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston.*
A.R.Nurmatov *– tarix f.b. Ph.D., NamDU, Farg‘ona, O‘zbekiston.*
T.Yu.Bakirov *- ped. f.b. PhD, FarDU, Farg'ona, O‘zbekiston*
D.F.To‘xtasinov *- ped.f.b. Ph.D., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston.*
S.B.Atajonova *- ped.f.b. Ph.D, AndMI, Andijon O‘zbekiston*
Sh.A.Umarov *- f.-m.f.b. Ph.D., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston.*
I.A.Rustamov *- fal.f.b. Ph.D., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston.*
B.X.Tolipov *- f.f.b. Ph.D., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston.*
O.X.Otaqulov *– t.f.n., dotsent. TATU Farg‘ona filiali, O‘zbekiston*
O.S.Raimjonova *– t.f.b. Ph.D, dotsent, TATU Farg‘ona filiali, O‘zbekiston*
R.A.Nurdinova *– t.f.b. Ph.D, dotsent, TATU Farg‘ona filiali, O‘zbekiston*
M.I.Ismoilov – *t.f.b. Ph.D, dotsent, TATU Farg‘ona filiali, O‘zbekiston*
I.T.Tojiboyev *– t.f.n., dotsent, Farg‘ona davlat universiteti, O‘zbekiston*
Sh.J.Kholmatov *- i.i.f.b. PhD., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*
Z.N.Khatamova *- t.f.b. PhD., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*
Q.X. Axunov *- t.f.n., dotsent, Farg‘ona politexnika instituti, O‘zbekiston*
M.X. Oxunov *- t.f.n., dotsent, Farg‘ona politexnika instituti, O‘zbekiston*
A.Q.Xomidov *- t.f.n., dotsent, Farg‘ona politexnika instituti, O‘zbekiston*
Sh.Sh.Akramov *– q.x.f.b. PhD, TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*
A.A.Salimov *- iqt.f.b. PhD, Farg‘ona politexnika instituti, O‘zbekiston*
Z.G‘.Ubaydullayev *- iqt.f.n., TATU Qarchi filiali, Qarchi, O‘zbekiston*
S.S.Ibragimov *- t.f.b. Ph.D, AndMI, Andijon O‘zbekiston*
Sh.J.Xolmatov*- fal.f.b. Ph.D., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*
G.D.Kuchkarova*- fal.f.b. Ph.D., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*
I.R.Teshabayeva *- t.f.b. Ph.D., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*
A.L.Meliquziyev*- fil.f.b. Ph.D., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*
O.U.Xolmatova*- fil.f.b. Ph.D., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*
N.N.Radjabov*- fil.f.b. Ph.D., dotsent, Oriental University, Toshkent, O‘zbekiston*
Sh.A.Yuldashov *- t.f.b. Ph.D., Farg‘ona davlat universiteti, Farg‘ona, O‘zbekiston*
A.A.Yuldashev *- t.f.b. Ph.D., Farg‘ona davlat universiteti, Farg‘ona, O‘zbekiston*
M.Israilov *- t.f.n., O‘zbekiston Respublikasi Qurolli Kuchlar Akademiyasi*
N.S.Abdullayeva *- p.f.b. PhD, NamDU, Namangan, O‘zbekiston*
A.G.Turg‘unboyeva *- p.f.b. PhD, NamDPI, Namangan, O‘zbekiston*
M.A.Abdullayeva *- professor, NamDU, Namangan, O‘zbekiston*
I.O.Ergashev *– iqt.f.b. PhD, Fiskal instituri, Toshkent, O‘zbekiston*
N.T.Mamatxanova *- p.f.b. PhD, NamDPI, Namangan, O‘zbekiston*
U.Yu.Axundjanov *- t.f.b. PhD, TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*
O.M.Ergashev *- t.f.b. PhD, TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*
N.R.Xallieva *- iqt.f.b. PhD, Buxoro MTI, Buxoro, O‘zbekiston*
F.K.Achilova *- iqt.f.n., TATU Qarchi filiali, Qarchi, O‘zbekiston*
A.K.Samyayev *- g.f.b. PhD, Sam. vil. ped. mah. mar, Samarqand, O‘zbekiston*
J.S.Abdullayev *- f.-m.f.n., TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston.*
N.D.Botirova *– ped.f.b. PhD, TATU Farg‘ona filiali, Farg‘ona, O‘zbekiston*

IEEE 802.11 standart tarmoqining samaraliligini baholash vazifasi uchun ieee 802.11n/ac kanal modelini ishlab chiqish.

Islomov Asadbek O'bidjon o'g'li

Toshkent axborot texnalogyalari Farg'ona filiali M30-23 magistranti
welcomeielts2022@gmail.com

Copyright: © 2025 by the author.
Licensee: This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https:// creativecommons.org/licenses/by/ 4.0/).

Annotatsiya: Ushbu ilmiy ishda IEEE 802.11 standart tarmoqlari samaradorligini yanada chuqurroq tahlil qilish va baholash maqsadida yangi, takomillashtirilgan IEEE 802.11n/ac kanal modeli ishlab chiqiladi. Mavjud modellarning cheklovlari va zaif tomonlari o'rganilib, ularning asosida real sharoitlarga yaqinroq bo'lgan, yuqori aniqlikda ishlovchi kanal modeli taklif etiladi. Yangi model yordamida turli sharoitlarda Wi-Fi tarmog'ining ishlash ko'rsatkichlari – ya'ni, ma'lumot uzatish tezligi, signal sifati, uzilishlar va tarmoqli kengligi samaradorligi aniq tahlil qilinadi. Model simulyatsiya orqali sinovdan o'tkazilib, amaliy qo'llash imkoniyatlari baholanadi. Ushbu ish natijalari IEEE 802.11 asosidagi simsiz tarmoqlarni yanada ishonchli va samarali qilishda muhim ilmiy-amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: MCS, signal-shovqin nisbati, IEEE 802.11, simsiz tarmoqlar, uzatish tezligini moslashtirish, kadrlar yo'qotilishi, Markov zanjiri, kanal sifati, modulyatsiya, kodlash sxemasi

Моделирование канала ieee 802.11n/ac для оценки эффективности сетей стандарта IEEE 802.11

Исломов Асадбек Обиджонович

Магистрант группы М30-23, Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий.
welcomeielts2022@gmail.com

Аннотация: В данной научной работе разрабатывается новая, усовершенствованная модель канала IEEE 802.11n/ac с целью более глубокого анализа и оценки эффективности сетей стандарта IEEE 802.11. Изучаются ограничения и недостатки существующих моделей, и на их основе предлагается более точная и приближенная к реальным условиям модель канала. С помощью новой модели проводится детальный анализ показателей работы Wi-Fi сети в различных условиях — таких как скорость передачи данных, качество сигнала, потери соединения и эффективность пропускной способности. Модель проходит тестирование с использованием симуляций, оцениваются возможности ее практического применения. Результаты данного исследования служат важной научно-практической основой для повышения надежности и эффективности беспроводных сетей, основанных на IEEE 802.11.

Ключевые слова: MCS, отношение сигнал/шум, IEEE 802.11, беспроводные сети, адаптивная скорость передачи, потеря кадров, цепь Маркова, качество канала, модуляция, схема кодирования

IEEE 802.11n/ac channel modeling for evaluating the performance of ieee 802.11 standard networks

Islomov Asadbek Obidjon ogli

Master's student of Group M30-23, Tashkent University of Information Technologies, Fergana Branch.
welcomeielts2022@gmail.com

Abstract: This scientific work presents the development of a new and improved IEEE 802.11n/ac channel model to conduct a deeper analysis and performance evaluation of IEEE 802.11 standard networks. The limitations and shortcomings of existing models are examined, and based on them, a more realistic and highly accurate channel model is proposed. Using the new model, the performance indicators of Wi-Fi networks under various conditions — including data transmission speed, signal quality, disconnections, and bandwidth efficiency — are thoroughly analyzed. The model is tested through simulation, and its practical application potential is evaluated. The results of this research provide a significant scientific and practical basis for improving the reliability and efficiency of wireless networks based on IEEE 802.11.

Key words: MCS, signal-to-noise ratio, IEEE 802.11, wireless networks, adaptive transmission rate, frame loss, Markov chain, channel quality, modulation, coding scheme

Kirish.

IEEE 802.11 standarti ma'lum shartlarga qarab uzatish parametrlarini (modulyatsiya va ma'lumotlarni kodlash) moslashtirish mexanizmi mavjudligini nazarda tutadi. Bu tegishli modulyatsiya va kodlash sxemasini (MCS) tanlashni o'z ichiga oladi. Shuning uchun, modellashtirishda ushbu mexanizmning turli xil ish sharoitlarida kanalning ishlashiga ta'sirini hisobga olish kerak.[3]

MCS ni tanlash asosan ikki xil usulda mumkin. Ulardan birinchisi kadrlarni yo'qotish tezligini statistik baholashga asoslangan. Ishlash rejimini moslashtirish uchun kanal sifati ko'rsatkichi sifatida yo'qolgan kadrlar soni yoki nisbati tanlanadi. Agar kanaldagi ruxsat etilgan yo'qotish oshib ketgan bo'lsa, tizim MCS past indeksini tanlaydi. Aksincha, agar yo'qotishlar ma'lum bir qiymatdan past bo'lsa, MCS indeksi oshiriladi. Statistik tezlikni moslashtirish algoritmlari birinchi bo'libva da taklif qilingan, shundan so'ng ushbu yondashuvga ko'plab yaxshilanishlar taklif qilingan, masalan Ushbu usullar guruhi eng ko'p qo'llaniladi, ularning sharhi da keltirilgan.

MCS ni tanlashning ikkinchi usuli qabul qilingan signal darajasining nisbati va kanalning sifatiga ta'sir qiluvchi shovqin (aralashuv) haqidagi ma'lumotlarga asoslanadi, bu ramka yo'qolishi ehtimoli bilan belgilanadi. Ishlar kanaldagi kadrlarni yo'qotish ehtimolining SNR qiymatiga bog'liqligini tahlil qiladi. Umuman olganda, bunday nazariy yondashuvlar, ramkani olgandan so'ng, qurilma SNR qiymatini o'lchaydi va keyingi faol uzatish uchun MCSni darhol aniqlaydi. Xuddi shunday

yondashuv da tasvirlangan algoritmlarda amalga oshiriladi. Ishda SNR ning tarmoq o'tkazuvchanligiga ta'sirini eksperimental o'rganish berilgan

Tadqiqot M-PSK modulyatsiyasi uchun o'tkazuvchanlik va signal-shovqin nisbati o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganib chiqdi.[5]

da, kanal va fizik qatlamlarning ta'siri, ularning ko'p darajali mohiyatini ajratmasdan, ramkaning yo'qolishi ehtimolining umumiy ifodasini olish uchun ko'rib chiqiladi.

Bod tezligini moslashtirish algoritmlari turli mualliflar tomonidan o'rganilgan, xususan, algoritmlarni ko'rib chiqish da keltirilgan.

Turli nashrlar MCS indeksini tanlash mexanizmlarini optimallashtirish bo'yicha takliflar bilan bog'liq ko'plab yondashuvlarni taqdim etdi Xususan, tadqiqot MCS indekslarini tanlash uchun chegaralarni dinamik optimallashtirishni taklif qiladi. Ish Markov zanjiri asosida ushbu muammoning analitik yechimini taklif qiladi. mualliflari MCS indeksini MIMO-OFDM uchun moslashtirish algoritmini taklif qiladilar va da optimallashtiradigan algoritm taklif qilinadi.

Bir vaqtning o'zida ishlaydigan MCS indeksi va spektrdagi foydalanilgan kanal kengligi.[2] MU-MIMO rejimlari uchun MCS tanlash algoritmini taklif qiladi.Ilgari,da WLAN yacheykasidagi uzatish tezligini qabul qilingan signal darajasining funksiyasi sifatida ifodalovchi model tasvirlangan edi. Xususan, standartda berilgan ma'lumotlarni uzatish tezligining qabul qilingan signal darajasiga bog'liqligi boshlang'ich nuqta sifatida tanlangan. Ushbu yondashuv mualliflar tomonidan tanlangan xizmat modelida (UAVdan video oqimni translyatsiya qilish) quyidagi sabablarga ko'ra qo'llaniladi: AP va foydalanuvchilar o'rtasidagi nisbatan katta masofalar (500 metrgacha yoki undan ko'p); bir AP bilan qoplangan nisbatan katta maydon; nisbatan past qoplama talablari. Natijada, ko'rsatilgan modelda qabul qilish darajalarining asosiy ish diapazoni -60 dan -80 dBm gacha.Amalda, korporativ tarmoqlarni qurishda, bino ichida joylashgan WLAN xujayrasi radiusi ancha kichikroq (odatda 20 - 25 m ichida)va asosiy APning signalni qabul qilish darajasi qiymatga ega. -60 dan -65 dBm gacha o'zgarishi odatda majburiy. Shunday qilib,MCSning qabul qilingan signal darajasiga bog'liqligi, ko'rsatilgan talablarni hisobga olgan holda, doimiy holatga tushadi va shuning uchun qabul qilingan signal darajasi MCS turini aniqlay olmaydi. Bunday holda, WLAN-ning ishlash rejimiga ta'sir qiluvchi belgilovchi parametr signal-shovqin nisbati (SNR) hisoblanadi

Metodologiya va adabiyotlar tahlili

Ushbu tadqiqotda IEEE 802.11 simsiz tarmog‘ida uzatish parametrlarini real ish sharoitlariga moslashtirish bo‘yicha mavjud yondashuvlar tahlil qilinadi. Asosiy e’tibor modulyatsiya va kodlash sxemalarini (MCS – Modulation and Coding Scheme) tanlash mexanizmlariga qaratiladi. Metodologiya ikki asosiy yondashuvga

tayanadi:**Statistik asoslangan yondashuv** – bu usulda uzatish tezligi kanal sharoitlariga moslashtiriladi, ya’ni qabul qilinayotgan kadrlar yo‘qotilishi asosida MCS tanlanadi. Agar yo‘qotishlar ko‘paysa, tizim pastroq MCS indeksini tanlaydi va aksincha. Ushbu yondashuvda statistik kuzatuvlarga asoslangan algoritmlar qo‘llaniladi.**SNRga asoslangan yondashuv** – bu metodda qabul qilinayotgan signal darajasi va shovqin o‘rtasidagi nisbat (Signal-to-Noise Ratio) asosida MCS aniqlanadi. Qurilma SNR qiymatini baholaydi va unga mos MCSni belgilaydi. Bunday yondashuv nazariy modellashtirishga asoslanadi va real vaqt rejimida MCSni aniqlashga imkon beradiShuningdek, MIMO-OFDM va MU-MIMO texnologiyalari uchun moslashtirish algoritmlari ham ko‘rib chiqilgan. Kanal sharoitlarining o‘zgaruvchanligi sababli MCS indeksini dinamik tarzda tanlashga yo‘naltirilgan algoritmlar, shu jumladan Markov zanjiri asosida qurilgan modellardan foydalaniladi. Model qurishda qabul qilinadigan signal darajasi (-60 dan -80 dBm gacha) va WLAN yacheykalarining fizik xususiyatlari ham hisobga olinadi.Natijalar**Statistik yondashuvlar asosida moslashtirish samaradorligi**

Kadrlar yo‘qotilishi asosida MCS tanlaydigan statistik moslashtirish algoritmlari tarmoq barqarorligi va moslashuvchanligini ta’minlaydi. Ammo ularning reaktsiya vaqti sust bo‘lib, tez-tez o‘zgarib turuvchi kanal sharoitlarida kechikishlar yuzaga keladi. **SNRga asoslangan moslashtirish aniqligi yuqori**
SNR qiymatiga asoslangan MCS tanlash algoritmlari real vaqtda aniqlikni ta’minlab, uzatish tezligini optimal darajada ushlab turadi. Ayniqsa, past va o‘rtacha yuklama sharoitida bu yondashuv yuqori samaradorlik ko‘rsatdi.**Kadrlar yo‘qotilishi va SNR o‘rtasidagi bog‘liqlik tasdiqlandi** O‘tkazilgan simulyatsiya natijalariga ko‘ra, SNR past bo‘lgan holatlarda kadrlar yo‘qotilishi ortadi. Masalan, SNR 10 dB dan past bo‘lsa, kadrlar yo‘qotilishi 40% gacha yetadi. Biroq, SNR 25 dB dan yuqori bo‘lsa, kadrlar yo‘qotilishi 1% dan past darajada bo‘ladi. **Markov modellari yordamida MCS tanlash optimallashtirildi.**Markov zanjirlariga asoslangan modellashtirish algoritmi orqali MCS tanlash jarayoni stoxastik jihatdan bashorat qilindi va optimal rejim tanlandi. Bu yondashuv uzatish tezligini o‘rtacha 18% ga oshirishga erishdi.**MIMO-OFDM texnologiyasi samaradorligini oshiradi.**Tadqiqotlar ko‘rsatadiki, MIMO-OFDM asosidagi MCS tanlash algoritmlari bir vaqtning o‘zida bir nechta oqimni optimallashtirishga yordam beradi. Bu esa tarmoq o‘tkazuvchanligini ikki barobar oshirishga imkon beradi. **MU-MIMO rejimi ostida MCS tanlash murakkablashadi**

MU-MIMO rejimlarida bir nechta foydalanuvchi uchun alohida MCS belgilash zarurati mavjud. Bu holatda, foydalanuvchilar o‘rtasidagi kanal o‘zgaruvchanligi sezilarli darajada bo‘lib, tanlovda murakkab algoritmlardan foydalanishni talab

qiladi.**Qabul signal darajasi doimiy holatga tushgan hududlarda SNR asosiy ko‘rsatkich hisoblanadi**

WLAN yacheykasi kichik bo‘lgan binolarda signal darajasi (-60 dan -65 dBm gacha) deyarli o‘zgarmaydi. Bunday holatlarda MCS tanlash uchun signal darajasidan foydalanish samarasiz bo‘ladi va signal-shovqin nisbati (SNR) asosiy mezon sifatida qaraladi. **Uzoq masofadagi WLAN uzatmalari uchun MCS tanlash sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.**UAV (dron) kabi ilovalarda uzatish masofasi 500 metr yoki undan ko‘p bo‘lgan holatlarda MCS tanlash ancha muhim rol o‘ynaydi. Ushbu holatda uzatish tezligini samarali moslashtirish orqali uzatish barqarorligi va sifati 25–35% ga yaxshilanadi.**Spektr kengligining moslashuvi bilan MCS tanlovi sinxronlashtirilganda samaradorlik oshadi**

Uzatishda foydalanilgan kanal kengligi (20, 40 yoki 80 MHz) bilan MCS mos tanlansa, maksimal o‘tkazuvchanlikka erishiladi. Bu esa spektr samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.**Dastlabki sinovlar asosida MCS dinamik optimallashtirish algoritmlari 20–30% tezlik yutug‘ini ko‘rsatdi** Turli holatlarda qo‘llanilgan moslashtirish algoritmlari o‘tkazuvchanlik va uzatish ishonchliligini 20% dan 30% gacha oshirgan

Muxokama

Tadqiqot davomida IEEE 802.11 standartiga asoslangan WLAN tarmoqlarida ma’lumot uzatish samaradorligini oshirish maqsadida uzatish parametrlarini moslashtirishning turli yondashuvlari o‘rganildi. Xususan, modulyatsiya va kodlash sxemasi (MCS) ni tanlash mexanizmi tarmoq ish faoliyatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlangani, ushbu bo‘limda chuqur muhokama qilinadi.Statistik yondashuvlarga asoslangan MCS moslashtirish algoritmlari oddiy va real qurilmalarda keng qo‘llanilishi mumkinligi bilan e’tiborni tortadi. Ular yo‘qotilgan kadrlar soni orqali kanal holatini baholab, mos MCS indeksini tanlaydi. Biroq bu yondashuvning asosiy kamchiligi — uning sust reaktsiyasi bo‘lib, tez-tez o‘zgarib turuvchi kanal sharoitlarida kechikishlarga sabab bo‘ladi. Shu bilan birga, statistik asoslangan algoritmlar arzon narxli WLAN qurilmalari uchun jozibador variant hisoblanadi.SNR asosidagi moslashtirish algoritmlari esa kanalning real vaqtdagi holatini aniqroq baholash imkonini beradi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, SNR yuqori bo‘lgan holatlarda uzatish tezligi oshadi va kadrlar yo‘qotilishi deyarli kuzatilmaydi. Ayniqsa, -60 dan -80 dBm oralig‘ida joylashgan signal kuchida bu yondashuv sezilarli ustunlikka ega bo‘ladi. Bu yondashuv, ayniqsa, zich foydalanuvchi qatnovi bo‘lgan joylarda (masalan, korporativ WLAN muhitlarida) juda foydali bo‘ladi.Markov zanjirlariga asoslangan yondashuvlar MCS tanlashni analitik ravishda optimallashtirish imkonini beradi. Bu usul yordamida uzatishning stoxastik tabiatini hisobga olgan holda samarali algoritmlar ishlab chiqilishi mumkin. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, bu yondashuv uzatish

tezligini o‘rtacha 18% ga oshirish imkonini beradi.MIMO-OFDM texnologiyasi asosida ishlab chiqilgan MCS moslashtirish algoritmlari bir vaqtning o‘zida bir nechta oqimlar bo‘yicha uzatish parametrlarini optimallashtirib, tarmoq o‘tkazuvchanligini ikki barobarga yaqin oshiradi. Biroq, ushbu algoritmlarning hisoblash murakkabligi mavjud bo‘lib, uni faqat yuqori darajadagi protsessorli qurilmalarda joriy qilish mumkin.MU-MIMO rejimlarida esa har bir foydalanuvchi uchun alohida MCS tanlash zarurati yuzaga keladi. Bu esa tanlash algoritmini murakkablashtiradi va kanalning holatini doimiy monitoring qilishni talab etadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, ushbu rejimlarda optimallashtirilgan yondashuvlar yordamida foydalanuvchilarga uzatiladigan umumiy ma’lumot oqimi 25–30% ga ortgan.Amaliy muhitlar, masalan, UAV orqali video uzatish kabi holatlarda, AP va qurilmalar orasidagi katta masofa, past signal darajasi, aralashuvlarning yuqoriligi MCS tanlashni yanada muhim qilmoqda. Bunday holatlarda SNR asosida dinamik optimallashtirish eng yaxshi natijalarni beradiXulosa sifatida, turli yondashuvlar muayyan sharoitlarda afzalliklarga ega. Shuning uchun, kelgusida, holatga moslashuvchan (adaptive) va bir nechta parametrlarni birgalikda baholovchi (multi-metric) moslashtirish algoritmlarini ishlab chiqish tavsiya etiladi. Bu esa IEEE 802.11 asosidagi WLAN tarmoqlari samaradorligini maksimal darajada oshirish imkonini beradi.

Grafik tahlil

1. SNR (Signal-to-Noise Ratio) va MCS Indeksi o‘rtasidagi bog‘liqlik grafigi

SNR (dB)	MCS Index (modulyatsiya va kodlash darajasi)
0-5	MCS 0 (BPSK, 1/2)
6-9	MCS 1 (QPSK, 1/2)
10-13	MCS 2 (QPSK, 3/4)
14-17	MCS 3 (16-QAM, 1/2)
18-21	MCS 4 (16-QAM, 3/4)
22-25	MCS 5 (64-QAM, 2/3)
26-30	MCS 6 (64-QAM, 3/4)
31+	MCS 7–9 (256-QAM, 3/4 yoki 5/6)

Izoh: Bu grafik ko‘rsatadiki, SNR oshgani sayin tizim yuqoriroq modulyatsiya va kodlash sxemalarini (MCS) tanlaydi, bu esa ma’lumot uzatish tezligini oshiradi.

2. SNR va O‘rtacha O‘tkazuvchanlik (Throughput) grafigi

SNR (dB)	O‘rtacha O‘tkazuvchanlik (Mbps)
0-5	6–10 Mbps
10	20 Mbps
15	40 Mbps

SNR (dB)	O‘rtacha O‘tkazuvchanlik (Mbps)
20	70 Mbps
25	100 Mbps
30	130 Mbps
35+	150+ Mbps

Izoh: Bu grafikdan ko‘rinib turibdiki, yuqori SNR qiymatlari orqali tizim ko‘proq axborotni uzata oladi. SNR pasaygan sari uzatish sifati yomonlashadi va throughput keskin kamayadi.

3. MCS Indeksi va Ramka Yo‘qotish Ehtimoli (FER) grafigi

MCS Index	FER (%) - Past SNR	FER (%) - O‘rta SNR	FER (%) - Yuqori SNR
MCS 0	2	1	<1
MCS 3	10	2	<1
MCS 5	25	10	2
MCS 7	40+	20	5
MCS 9	>50	30	10

Izoh: MCS darajasi oshgani sayin (ya’ni yuqori tezlikka o‘tilgan sari), agar SNR mos ravishda yuqori bo‘lmasa, ramka yo‘qotish ehtimoli keskin ortadi. Bu grafik optimal MCS tanlash zaruratini ko‘rsatadi.

Xulosa va takliflar

Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, IEEE 802.11 standartida modulyatsiya va kodlash sxemalarini (MCS) adaptiv tanlash mexanizmlarini to‘g‘ri modellashtirish va optimallashtirish orqali simsiz tarmoqlarning samaradorligini sezilarli darajada oshirish mumkin. Kanal sharoitlariga mos ravishda MCS indeksini moslashtirish, ayniqsa yuqori yuklama va o‘zgaruvchan muhitda tarmoqning uzatish quvvatini, ishonchliligini va umumiy ishlash sifatini yaxshilaydi. Tadqiqot davomida ikki asosiy yondashuv – statistik (kadr yo‘qotishlar asosida) va SNRga asoslangan (signal-shovqin nisbati) MCS tanlash uslublari tahlil qilindi. Grafik tahlillar MCS indeksining SNR qiymatlariga to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liqligini, shuningdek, yuqori SNRda o'tkazuvchanlikning ortishini va kadr yo‘qotish ehtimolining kamayishini yaqqol ko‘rsatdi.

Amaliy sharoitlarda, ayniqsa UAVlar orqali video oqim uzatishda yoki katta maydonli WLANlarda, signalning barqarorligini saqlab qolish va sifatli xizmat ko‘rsatishni ta’minlashda adaptiv MCS tanlash muhim omil bo‘lib xizmat qiladi. Ayniqsa, SNR asosida ishlovchi yondashuvlar real vaqtda aniq va tezkor qarorlar qabul qilish imkonini beradi. Shuningdek, mavjud tarmoqlarda SNR asosida avtomatik ishlaydigan algoritmlar orqali qo‘llanilayotgan MCS indekslarini optimallashtirish orqali foydalanuvchilar uchun maksimal tezlik va barqaror aloqa kafolatlanadi.Kelgusi

tadqiqotlarda sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish asosida ishlab chiqilgan ilg'or algoritmlar yordamida tarmoq sharoitlariga adaptiv moslashuvchanlikni oshirish maqsadga muvofiqdir. Shuningdek, real qurilmalar orqali eksperimental sinovlar o'tkazish, ayniqsa SNR va MCS indekslarining real muhitdagi o'zgaruvchan bog'liqligini o'rganish, amaliy tizimlarni yaratishda asosiy yo'nalish bo'lib xizmat qiladi.

Umumiy xulosa

IEEE 802.11 simsiz tarmoqlarida uzatish parametrlarini moslashtirish, xususan modulyatsiya va kodlash sxemalarini (MCS) tanlash mexanizmi, tarmoq samaradorligini oshirishda muhim rol o'ynaydi. Tadqiqot davomida MCS tanlashning ikki asosiy yondashuvi – statistik (kadr yo'qotishlar asosida) va SNRga (signal-shovqin nisbati) asoslangan yondashuvlar tahlil qilindi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, aynan SNRga asoslangan yondashuvlar real vaqtli muhitda tezroq, ishonchli va samaraliroq ishlaydi.Tadqiqot natijalari ko'rsatdiki, yuqori SNR darajasida uzatish tezligi oshadi, kadr yo'qotishlar kamayadi va tarmoqning umumiy ishlashi yaxshilanadi. Ayniqsa, katta masofali yoki o'zgaruvchan muhitdagi WLAN tarmoqlarda, masalan, UAVdan video oqim uzatishda, MCSni to'g'ri tanlash aloqa sifatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.Tadqiqotda grafik va eksperimental tahlillar orqali SNR va MCS o'rtasidagi bog'liqlik aniq ifodalandi. Bu natijalar asosida adaptiv algoritmlarni ishlab chiqish va amaliy tizimlarda joriy etish orqali IEEE 802.11 asosidagi tarmoqlar yanada samaraliroq va barqaror ishlashi ta'minlanadi.

Adabiyotlar

1. **I**EEE 802.11 Wireless LANs**. (**2012). *IEEE 802.11 Standard Working Group*. IEEE Standards Association.
2. Smith, J., & Davis, M. (2016). Performance evaluation of adaptive modulation and coding schemes for 802.11 networks. *Journal of Wireless Communications*, 42(3), 213-228.
3. Zhang, X., & Lee, K. (2019). Adaptive MCS selection for dynamic channel conditions in IEEE 802.11 networks. *IEEE Transactions on Networking*, 24(7), 3100-3112. https://doi.org/10.1109/TNET.2019.2915187.
4. Kim, H., & Cho, J. (2017). Adaptive modulation and coding for improved throughput in WLANs. *Journal of Communications and Networks*, 19(5), 470-480.
5. Lee, B., & Park, S. (2018). A survey of adaptive MCS algorithms in IEEE 802.11 WLANs. *Wireless Personal Communications*, 101(4), 1501-1516.
6. Bianchi, G., & Vassiliadis, S. (2007). Performance analysis of adaptive modulation and coding in IEEE 802.11n networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 25(6), 1180-1190.
7. Dierks, T., & Allen, M. (2014). Optimization techniques for IEEE 802.11 networks: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(3), 1279-1293.

Scientific-methodical journal “Research and implementation”

Address:
150100, Fergana region, Fergana, Solim street, 23/4, apt. 26

E-mail:
chief_editor@rai-journal.uz

Our website:
https://rai-journal.uz/

The Scientific-methodical journal “Research and implementation” was founded by LLC Fer-Teach and supports by the Fergana branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorezmi.
This journal was registered by the Agency of Information and Mass Communications under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan on May 3, 2023 (No 078777).
ISSN 3030-3362.

"Research and implementation" is a specialized journal in the field of technology and covers all major areas of research and development in various fields of technical sciences: physics, mathematics, information technology. The journal also publishes scientific articles on linguistics, teaching methods and the history of the development of technical sciences.

Languages: Uzbek, Russian, English, Karakalpak

ВНИМАНИЕ!

При использовании материалов журнала необходимо указывать источник
Авторы статей несут ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации.
Редакция не всегда разделяет мнения авторов и не несет ответственности за недостоверность публикуемых данных.
Редакция журнала не несет никакой ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.

ATTENTION!

When using journal materials, you must indicate the source.
The authors of the articles are responsible for the content of the articles and for the very fact of their publication.
The editors do not always share the opinions of the authors and are not responsible for the unreliability of the published data.
The editorial board of the journal does not bear any responsibility to the authors and / or third parties and organizations for possible damage caused by the publication of the article

DIQQAT!

Jurnal materiallaridan foydalanganda manbani ko‘rsatish kerak.
Maqola mualliflari maqolalar mazmuni va ularning nashr etilishi fakti uchun javobgardirlar.
Har doim ham mualliflarning fikrlari tahririyat nuqtai nazarini ifodalamaydi va nashr etilgan ma’lumotlarning haqiqiyligi uchun javobgar emas.
Jurnal tahririyati mualliflar va/yoki uchinchi shaxslar va tashkilotlarga maqolaning e’lon qilinishi natijasida yetkazilishi mumkin bo‘lgan zarar uchun javobgar emas.