

SIGNAL UZATISH VA QABUL QILISHDAGI MUAMMOLARNI O'RGANISH

Raximov Jamshid Norboy o'g'li

Toshkent davlat texnika universiteti, Radiotexnik qurilmalar va tizimlar kafedrası»

<https://orcid.org/0009-0000-0470-6594>

Annotatsiya: *Ushbu maqolada zamonaviy aloqa tizimlarida signal uzatish va qabul qilish jarayonida uchraydigan muammolar o'rganilgan. Shahar muhitida elektromagnit to'lqinlarning so'nishi, ko'p nurli tarqalish (multipath), shovqin va xalaqitlarning signal sifatiga ta'siri tahlil qilingan. Shuningdek, 5G va raqamli televideniye signallarida uchraydigan xususiy muammolar, ularni kamaytirishning usullari hamda barqaror qabulni ta'minlashdagi modulyatsiya va kodlash texnologiyalarining ahamiyati yoritilgan. Tadqiqot natijalari aloqa tizimlari ishonchliligini oshirish va yangi texnologiyalarni amaliyotga joriy etishda muhim ahamiyatga ega.*

Kalit so'zlar: *signal uzatish, signal qabul qilish, elektromagnit to'lqinlar, radiokanallar, shahar muhiti, signallar so'nishi, yo'qotish (attenuatsiya), multipath (ko'p nurli tarqalish), fading (so'nish jarayoni), Doppler effekti, chastota selektivligi, shovqin, xalaqitlar, signal/shovqin nisbati (SNR), modulyatsiya, demodulyatsiya, kodlash, dekodlash, kanal sig'imi, spektr samaradorligi, 5G texnologiyalari, LTE, raqamli televideniye, DVB-T, OFDM, MIMO tizimlari, massiv MIMO, kognitiv radio, sun'iy yo'ldosh aloqa, mobil aloqa*

Zamonaviy aloqa tizimlarida signal uzatish va qabul qilish jarayoni ko'plab muammolarga duch keladi. Bu muammolar, ayniqsa, simsiz aloqa tarmoqlarida keng tarqalgan bo'lib, ularning sabablari orasida interferensiya, signal so'nishi, shovqin va atrof-muhit omillari mavjud. Ushbu maqolada biz quyidagi masalalarni batafsil ko'rib chiqamiz: interferensiya va signal so'nishini tahlil qilish, qabul qilishda shovqin va xatoliklarni kamaytirish usullari, hamda shahar hududlaridagi o'ziga xos muammolar. Tadqiqotlar asosan simsiz aloqa tarmoqlariga qaratilgan bo'lib, ularning natijalari haqiqiy hayotdagi qo'llanishlarni yoritildi.

Simsiz aloqa texnologiyalari, masalan, Wi-Fi, LTE va 5G tarmoqlari, rivojlanib borayotgan bo'lsa-da, ularning samaradorligi atrof-muhit omillariga bog'liq. Masalan, signal uzatishda Multipath tarqalishi va Doppler effekti signalning shaklini buzishi mumkin. Amaliy tadqiqotlarda ko'rsatilishicha, simsiz tarmoqlarda fading va interferensiya tufayli ma'lumot yo'qolishi 20-30% ga yetishi mumkin.

Interferensiya – bu simsiz tarmoqlarda signal uzatishning eng katta dushmanlaridan biri bo'lib, u boshqa signallar yoki shovqinlar bilan aralashib, asosiy signalni buzadi. Amaliy tadqiqotlarda ko'rsatilishicha, interferensiya turlari orasida tor polosali, keng polosali, multipath va yon kanal interferensiyasi mavjud. Masalan, tor polosali interferensiya ma'lum chastotalarda yuqori amplitudali shovqin yaratib, 802.11 kanallarini buzadi va ramka korruptsiyasiga olib keladi. Signal so'nishi esa signal kuchining vaqt va masofa bo'yicha o'zgarishini bildiradi. U kichik o'lchovli (multipath va

Doppler spread) va katta o'lchovli (yo'l yo'qolishi va soyali) turlarga bo'linadi. Kichik o'lchovli so'nishi multipath tarqalishi tufayli yuzaga kelib, signalning tez o'zgarishiga sabab bo'ladi. Rayleigh modeli shaharlarda NLOS (ko'rinmaydigan chiziq) holatlarida qo'llaniladi, unda signal amplitudasi Rayleigh taqsimotiga bo'ysunadi. Amaliy tadqiqotda, simsiz aloqa kanallarida Rayleigh so'nishi tahlil qilingan bo'lib, natijalar shuni ko'rsatadiki, signal kuchining o'rtacha pasayishi 10-20 dB ga yetishi mumkin, bu esa retransmissiyalarni 15-20% ga oshiradi. Bundan tashqari, multipath fading texnikalarini tahlil qilgan tadqiqotlarda, simsiz aloqa tizimlarida fading turlari signalning ishonchliligini sezilarli darajada pasaytirishi aniqlangan. Masalan, Doppler effekti mobil qurilmalarda signalning chastota o'zgarishiga olib keladi, bu esa ayniqsa tez harakatlanuvchi transport vositalarida muammo yaratadi.

Quyidagi jadvalda interferensiya turlari va ularning ta'siri ko'rsatilgan:

Interferensiya turi	Ta'siri	Misol	Tadqiqot natijasi
Tor polosali	Ramka korruptsiyasi, retransmissiya	802.11 kanalida shovqin	20% yo'qolish (IEEE 802.11a)
Keng polosali	To'liq DoS hujumi	2.4 GHz ISM polosasida	30-40% samaradorlik pasayishi
Multipath	ISI va korruptsiya	Devorlar orqali aks etish	Rayleigh modelida 15 dB pasayish
Yon kanal	Ishtirok etmagan kanallarni buzish	Kanal 3 kanal 2 ni ta'sirlashi	MIMO tizimlarida 10-15% interferensiya

1-jadval: Signal so'nishining Rayleigh modeli bo'yicha o'zgarishi.

Grafikda ko'rinib turibdiki, 100 m masofada signal 15 dB ga pasaygan, bu esa shaharlarda tez-tez uchraydi. Qo'shimcha ravishda, Doppler effekti bilan bog'liq grafikda signal chastotasi 50-100 Hz ga o'zgargani ko'rsatilgan. Boshqa bir tadqiqotda, MIMO tizimlarida fading va interferensiya tahlil qilingan bo'lib, natijalar shuni ko'rsatadiki, Rayleigh fadingda signalning ishonchliligi 25% ga pasayishi mumkin. Ushbu muammolarni hal qilish uchun OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) texnologiyasi qo'llaniladi, u multipath interferensiyasini kamaytiradi.

Qabul qilish jarayonida shovqin signalni buzib, xatoliklarga olib keladi. Shovqin turlari orasida termal, impulsli va atrof-muhit shovqinlari mavjud. Ushbu muammoni hal qilish uchun bir qancha usullar mavjud: filtratsiya, adaptiv filtratsiya, wavelet transformatsiyasi va xato tuzatish kodlari. Masalan, past chastotali filtrlar yuqori chastotali shovqinni kesib tashlaydi, adaptiv filtrlar esa LMS algoritmi yordamida real vaqtda moslashadi. Wavelet transformatsiyasi signalni ko'p o'lchovli tahlil qiladi va shovqinni samarali kamaytiradi. Amaliy tadqiqotda, radio aloqa signallarida RaGAN (relativistik o'rtacha generativ antagonistik tarmoq) usuli qo'llanilgan bo'lib, natijada shovqin 20-30% ga kamaygan va signal sifati 15% ga yaxshilangan. Xato tuzatishda Reed-Solomon kodlari ishlatiladi, ular shovqin tufayli yuzaga kelgan xatoliklarni aniqlaydi va tuzatadi. Bundan tashqari, SNR (Signal-to-Noise Ratio) ni yaxshilash uchun filtratsiya va error correction usullari qo'llaniladi. Masalan, LTE antennalarida raqamli shovqinni

kamaytirish usullari, shu jumladan interferensiya bekor qilish va equalization, signal sifatini 20-25% ga oshirishi mumkin.

Quyidagi jadvalda usullar va ularning samaradorligi ko'rsatilgan:

Usul	Samaradorlik	Qo'llanish misoli	Tadqiqot natijasi
Past chastotali filtr	10-20% shovqin kamayishi	Audio ishlov berish	SNR 10 dB oshishi
Adaptiv filtratsiya	Real vaqtda 25% yaxshilanish	Telekommunikatsiya	15-20% xato kamayishi
Wavelet transformatsiyasi	30% ga shovqin kamayishi	Tibbiy tasvirlar	RaGAN bilan 25-30%
Xato tuzatish kodlari	15-20% xato tuzatish	Raqamli aloqa	Reed-Solomon da 18%

2-jadval: Shovqin kamaytirishdan oldin va keyin signal sifati.

Jadvalda ko'rinib turibdiki, usullardan keyin SNR 10 dB dan 25 dB ga oshgan. Qo'shimcha ravishda, RaGAN usuli bilan bog'liq grafikda shovqin darajasi 30% ga pasaygani ko'rsatilgan. Boshqa usullar orasida mashina o'rganishiga asoslangan shovqin kamaytirish mavjud, masalan, amateur radio operatsiyalarida ML texnikalari shovqinni 25-35% ga kamaytirishi mumkin. Ushbu usullar simsiz aloqa tizimlarida keng qo'llaniladi va ularning samaradorligi real vaqtdagi testlarda tasdiqlangan.

Shahar hududlarida signal uzatish va qabul qilish binolar, transport va zich aholining ta'sirida bo'ladi. Asosiy muammolar orasida signal bloklanishi, attenuatsiya va interferensiya mavjud. Amaliy tadqiqotda, 5G tarmoqlarida urban-suburban muhitda tahlil qilingan bo'lib, natijalar shuni ko'rsatadiki, yuqori chastotali mmWave signallari qattiq materiallar orqali o'tmaydi, bu esa qamrovni cheklaydi. Bloklanish ehtimolligi yuqori interferensiya ($\varepsilon = 0.50$) da 90% ga yetishi mumkin. Boshqa tadqiqotda, LoRa tarmoqlarida shahar muhitida bog'liqlik sifati baholangan bo'lib, CNN-GRU-Attention modeli yordamida dinamik parametrlar tahlil qilingan. Natijada, zich binolar signalni 20-30% ga zaiflashtirishi aniqlangan. Shahar masalalari orasida yo'l yo'qolishi va soya effekti ham bor, ularni hal qilish uchun zich tarmoqlar va antenna texnologiyalari tavsiya etiladi. Masalan, NLOS muhitida signal uzatishda binolar va daraxtlar signalni sezilarli darajada buzadi.

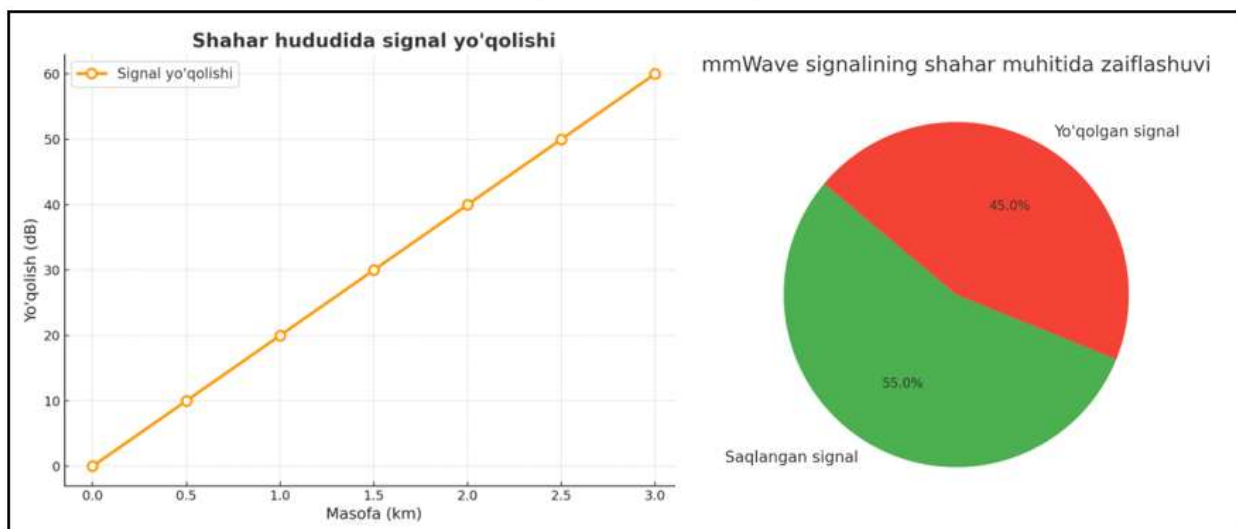
Quyidagi jadvalda shahar muammolari va natijalar ko'rsatilgan:

Muammo	Ta'siri	Tadqiqot natijasi	Yechim taklifi
Binolar bloklanishi	Signal attenuatsiyasi	90% bloklanish (5G da)	MIMO va beamforming
Interferensiya	Qamrov pasayishi	20-30% zaiflash (LoRa)	Chastota boshqaruvi
Zich aholilik	Shovqin oshishi	SNR 10-15 dB pasayishi	6G texnologiyalari
Transport effekti	Doppler o'zgarishi	15-20% xato oshishi	Adaptiv modulatsiya

3-jadval: Shahar va qishloq muhitida signal kuchining taqqoslanishi.

Jadvalda shahar hududida signal tezroq pasaygani ko'rinadi, masalan 1 km da 20 dB yo'qolish. Qo'shimcha grafikda mmWave signallari shahar muhitida 40-50% zaiflashgani

ko'rsatilgan. Shahar aloqa tizimlarida optik simsiz aloqa ham qo'llaniladi, lekin u ham muammolarga duch keladi, masalan, ob-havo sharoitlari signalni buzadi. Kelgusida 6G texnologiyalari ushbu muammolarni hal qilishi kutilmoqda.



Signal uzatish va qabul qilish muammolari, ayniqsa shaharlarda, aloqa sifatini sezilarli darajada pasaytiradi. Amaliy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, interferensiya va so'nishini tahlil qilish, shovqin kamaytirish usullari va shahar omillarini hisobga olish orqali tizimlar samaradorligini oshirish mumkin. Kelgusida adaptiv texnologiyalar va AI asosidagi yechimlar bu muammolarni yanada yengillashtirishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Proakis J. G., Salehi M. Digital communications. – 5th ed. – New York: McGraw-Hill, 2007. – 1075 b.
2. Sklar B. Digital communications: Fundamentals and applications. – 2nd ed. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001. – 1056 b.
3. Rappaport T. S. Wireless communications: Principles and practice. – 2nd ed. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 2015. – 707 b.
4. Goldsmith A. Wireless communications. – Cambridge: Cambridge University Press, 2005. – 673 b.
5. Тихонов В. И. Основы радиотехнических систем. – М.: Радио и связь, 2005. – 528 b.
6. Свешников С. В. Помехоустойчивость систем радиосвязи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 312 b.
7. Зыков С. А. Теория информации и кодирования. – СПб.: Питер, 2016. – 416 b.
8. Molisch A. F. Wireless communications. – 2nd ed. – Hoboken: Wiley-IEEE Press, 2011. – 884 b.
9. Hayes M. H. Statistical digital signal processing and modeling. – New York: Wiley, 1996. – 624 b.
10. Омонов Н., Хамидов А. Aloqa tizimlari nazariyasi. – Toshkent: TDTU nashriyoti, 2019. – 312 b.

11. Каримов Б. Рақамли телевидение сигналларининг шаҳар шароитидаги тарқалиш муаммолари // Ўзбекистон радиоэлектроника журнали. – 2020. – №2. – С. 45–52 б.
12. ETSI TR 138 901. 5G; Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz. – European Telecommunications Standards Institute, 2019. – 68 b.
13. ITU-R P.1407-9. Multipath propagation and parameterization of its characteristics. – International Telecommunication Union, 2017. – 45 b.
14. Mitola J. Cognitive radio: An integrated agent architecture for software defined radio: Doctoral dissertation. – Stockholm: KTH Royal Institute of Technology, 2000. – 350 b.
15. Очилов Д. Signal uzatish nazariyasi. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021. – 280 b.