

**4-SHO'BA. "SUN'IY INTELLEKT VA AVTOMATLASHTIRISH  
TIZIMLARINING RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI: IMKONIYATLAR,  
XATARLAR VA YECHIMLAR". SHAXSIY VA MAHALLIY SIMSIZ  
TARMOQLARDA SINXRONIZATSIYA MEKANIZMLARINI TAHLIL  
QILISH**

*Tursunova Aziza Axmadjonovna*

*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Nurafshon filial katta o'qituvchisi*

*Maxamatqulov Akmaljon Abdulla o'g'li*

*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Nurafshon filiali talabasi*

**Annotatsiya:** bu maqolada shaxsiy va mahalliy simsiz tarmoqlarda sinxronizatsiya mexanizmlarining ahamiyati, ulardan foydalanish tamoyillari, mavjud muammolar va rivojlanish istiqbollari tahlil qilingan. Zamonaviy texnologiyalar doirasida vaqt va chastota sinxronizatsiyasi muammolariga e'tibor qaratilgan. Sinxronizatsiya tarmoq ishonchliligi va xizmat sifati uchun muhim komponent hisoblanib, zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarida muhim o'rin egallaydi.

**Kalit so'zlar:** sinxronizatsiya, simsiz tarmoqlar, bluetooth, Wi-Fi, IEEE 802.11.

**Аннотация:** в данной статье проанализировано значение механизмов синхронизации в частных и локальных беспроводных сетях, принципы их использования, существующие проблемы и перспективы развития. В рамках современных технологий внимание уделяется проблемам синхронизации времени и частоты. Синхронизация является важной составляющей надежности сети и качества обслуживания и занимает важное место в современных информационно-коммуникационных технологиях.

**Ключевые слова:** синхронизация, беспроводные сети, bluetooth, Wi-Fi, IEEE 802.11.

**Abstract:** This article analyzes the importance of synchronization mechanisms in private and local wireless networks, the principles of their use, existing problems and development prospects. Within the framework of modern technologies, attention is paid to the problems of time and frequency synchronization. Synchronization is an important component of network reliability and service quality and occupies an important place in modern information and communication technologies.

**Keywords:** synchronization, wireless networks, bluetooth, Wi-Fi, IEEE 802.11

Zamonaviy simsiz aloqa texnologiyalari tobora ko'payib borayotgan foydalanuvchilar va qurilmalarni qamrab olgan holda jadal rivojlanmoqda. Shaxsiy va mahalliy simsiz tarmoqlar bizning kundalik hayotimizning ajralmas qismiga aylanib,

istalgan vaqtda va istalgan joyda ma'lumot va manbalarga kirishni ta'minlaydi. Biroq, ulangan qurilmalar soni va uzatiladigan ma'lumotlar hajmining ko'payishi bilan axborot uzatishning ishonchliligi va samaradorligini ta'minlash bilan bog'liq yangi muammolar paydo bo'ladi. Simsiz tarmoqlarning sifati va barqarorligiga ta'sir qiluvchi asosiy jihatlardan biri bu sinxronizatsiya.

Simsiz tarmoqlar kontekstida sinxronizatsiya-bu qurilmalar o'rtasidagi vaqt parametrlarini muvofiqlashtirish jarayoni bo'lib, ularning ishlashini muvofiqlashtirish va ma'lumotlarni uzatishdagi kechikishlarni minimallashtirish imkonini beradi. Sinxronizatsiya mexanizmlari, ayniqsa, yuqori yuk va turli xil ulangan qurilmalar sharoitida foydalanuvchilarga sifatli xizmat ko'rsatishda muhim rol o'ynaydi. Bluetooth va Zigbee kabi shaxsiy simsiz tarmoqlarda sinxronizatsiya bir-biri bilan o'zaro aloqada bo'lgan qurilmalarning to'g'ri ishlashini ta'minlash, shuningdek tarmoq resurslaridan foydalanishni optimallashtirish uchun zarurdir. Wi-Fi kabi mahalliy simsiz tarmoqlarda sinxronizatsiya mojarolarning oldini olish va resurslarni samarali taqsimlashni ta'minlash orqali ma'lumotlar kanaliga kirishni boshqarishga yordam beradi.

Bluetooth, Wi-Fi va Zigbee kabi zamonaviy shaxsiy simsiz tarmoqlarda sinxronizatsiya qurilmalar o'rtasida samarali aloqa o'rnatish va barqaror aloqani ta'minlash uchun muhim jihatdir. Shu nuqtai nazardan sinxronizatsiya ma'lumotlarning chastotasi, vaqt oralig'i va ma'lumot almashish tartibi kabi vaqt parametrlarini muvofiqlashtirishni o'z ichiga oladi, bu esa qurilmalarning bir xilda ishlashiga va ma'lumotlarning kechikishi va yo'qolishini minimallashtirishga imkon beradi. Bunday tarmoqlarda sinxronlashtirishning asosiy printsiplari vaqt sinxronizatsiyasi, chastota sinxronizatsiyasi va ma'lumotlar uzatish protokollari va usullarini muvofiqlashtirishni o'z ichiga oladi.

Sinxronizatsiyaning birinchi va eng muhim jihatlaridan biri bu tarmoqdagi qurilmalar o'rtasida vaqtni muvofiqlashtirishni ta'minlaydigan vaqtni sinxronlashtirishdir. Audio yoki video oqim kabi turli xil foydalanish stsenariylarida buzilish va kechikishlarning oldini olish uchun ma'lumotlarni uzatish va qabul qilish vaqti qat'iy kelishilgan bo'lishi kerak. Masalan, Bluetooth "sinxronizatsiya paketlari" deb nomlangan maxsus sinxronizatsiya paketlarini o'z ichiga olgan sinxronizatsiya mexanizmidan foydalanadi. Ushbu paketlar qurilmalarga vaqt belgilari va vaqt oralig'idan foydalangan holda kelishilgan vaqtni belgilash va saqlashga imkon beradi, bu barqaror ulanishni ta'minlash va ma'lumotlar yo'qotilishini minimallashtirish uchun juda muhimdir [1].

Bluetooth kabi shaxsiy simsiz tarmoqlarda sinxronizatsiya mexanizmlari qurilmalar o'rtasida ishonchli va samarali ma'lumotlarni uzatishni ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Sinxronizatsiya ma'lumotlarni uzatish va qabul qilish vaqtlarini muvofiqlashtirish uchun zarurdir, bu ayniqsa tarmoqli kengligi cheklangan va potentsial shovqin sharoitida juda muhimdir. Ushbu ishda biz Bluetooth-da ishlatiladigan sinxronizatsiya texnologiyalarini, shuningdek ularning shaxsiy simsiz tarmoqlarda aloqa ishlashi va ishonchliligiga ta'sirini batafsil ko'rib chiqamiz.

Bluetooth-bu shaxsiy tarmoqlarni yaratish uchun mo'ljallangan simsiz aloqa standarti bo'lib, u qurilmalarga qisqa masofalarda, odatda 100 metrgacha ma'lumot almashish imkonini beradi. U kam quvvat sarfi va foydalanish qulayligini ta'minlash uchun ishlab chiqilgan bo'lib, uni mobil telefonlar, minigarnaturalar, kompyuterlar va turli xil "aqli uy"qurilmalari kabi ko'plab ilovalar uchun ideal qiladi. Bluetooth-ning asosiy xususiyatlaridan biri bu sinxronizatsiya qobiliyatidir, bu qurilmalarning izchil rejimda ishlashiga imkon beradi, kechikishlar va uzatish xatolarini kamaytiradi [2].

Chastotani sinxronlashtirish simsiz tarmoqlarda ham muhim rol o'ynaydi. To'g'ri ma'lumot almashishni ta'minlash uchun tarmoqdagi barcha qurilmalar bir xil chastotada ishlashi kerak. Bluetooth-da "chastota sakrashi" (frequency hopping) deb nomlangan usul qo'llaniladi, bu qurilmalarga ma'lum bir diapazonda bir nechta chastotalar o'rtasida almashish imkonini beradi. Bu nafaqat bir xil chastotalarda ishlaydigan boshqa qurilmalarning aralashuvini oldini olishga yordam beradi, balki umumiy aloqa sifatini yaxshilashga yordam beradi. Chastotani sinxronlashtirish uzatish va qabul qilish chastotasini aniq muvofiqlashtirishni talab qiladi, bunga Real vaqtda chastotani boshqaradigan va sozlaydigan algoritmlar orqali erishiladi [3].

Simsiz tarmoqlarda sinxronizatsiya vaqtini sinxronlashtirish, chastotani sinxronlashtirish va ma'lumotlarni sinxronlashtirish kabi bir nechta jihatlarni o'z ichiga oladi. Vaqtinchalik sinxronizatsiya tarmoqdagi qurilmalarga soatlarini moslashtirishga imkon beradi, bu ma'lumotlarni to'g'ri uzatish va qabul qilish uchun juda muhimdir. Masalan, Wi-Fi-da vaqtini sinxronlashtirishga tarmoq vaqti protokoli (NTP) kabi protokollar orqali erishish mumkin, bu qurilmalarga vaqt serverlari yordamida ichki soatlarini sinxronlashtirishga imkon beradi. Biroq, qurilmalar harakatlanishi va o'z pozitsiyalarini o'zgartirishi mumkin bo'lgan dinamik muhit sharoitida aniq vaqt sinxronizatsiyasini saqlash qiyin bo'ladi [4].

Mahalliy simsiz tarmoqlar uchun ishlab chiqilgan IEEE 802.11 standarti uzatish muhitiga kirishni boshqarish va qurilmalar o'rtasidagi ziddiyatlarni minimallashtirishni ta'minlaydigan turli xil sinxronizatsiya mexanizmlarini o'z ichiga oladi. Ushbu standartga kiritilgan asosiy printsiplardan biri CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) deb nomlanuvchi to'qnashuvni boshqarish usulidan foydalanishdir. Ushbu usul qurilmalarga ma'lumotlarni uzatishdan oldin kanalni "tinglash" imkonini beradi, bu esa bir vaqtning o'zida bir nechta qurilmalardan uzatishni oldini olishga yordam beradi va natijada to'qnashuvlar yuzaga keladi. Biroq, signal o'chib ketishi yoki buzilishi mumkin bo'lgan simsiz muhitda bu har doim ham samarali bo'lmasligi mumkin. Shuning uchun IEEE 802.11 standarti RTS/CTS (yuborish uchun so'rov/yuborish uchun aniq) kabi qo'shimcha mexanizmlarni o'z ichiga oladi, bu yuqori tarmoq tirbandligi sharoitida to'qnashuvlar ehtimolini minimallashtirishga yordam beradi [5].

Wi-Fi kabi mahalliy simsiz tarmoqlar bitta tarmoqqa ulangan ko'plab qurilmalarning ishlashini muvofiqlashtirish uchun turli xil sinxronizatsiya usullaridan

foydalanadi. Masalan, standart Wi-Fi arxitekturasi kirish nuqtasidan mijoz qurilmalariga uzatiladigan vaqt belgilariga asoslangan sinxronizatsiya mexanizmidan foydalanadi. Ushbu vaqt belgilari qurilmalarga ma'lumotlarni qachon uzatishi mumkinligini aniqlashga yordam beradi, shuningdek, uzatishdagi kechikishlar va nizolarni minimallashtirishga yordam beradi. Bu erda muhim jihat-bu "vaqt oynalari" deb nomlangan vaqt oralig'idan foydalanish, bu qurilmalarga mavjud chastota spektridan samarali foydalanish va to'qnashuvlardan qochish imkonini beradi [6].

Sinxronizatsiya mexanizmlari duch keladigan asosiy muammolardan biri bu turli xil atrof-muhit omillarining signal sifati va ma'lumotlar uzatish barqarorligiga ta'siri. Simsiz tarmoqlarda signallar aks ettirish, sinishi va susayishi kabi ko'plab shovqinlarga duchor bo'ladi, bu esa aloqa sifatini sezilarli darajada buzishi mumkin. Ushbu omillar qurilmalar orasidagi vaqt belgilarining farqlanishiga olib kelishi mumkin, bu esa o'z navbatida ma'lumotlarni uzatishda kechikishlar va xatolarga olib keladi. Masalan, signal binolardan bir necha bor aks etishi mumkin bo'lgan shaharsozlik sharoitida sinxronizatsiya ayniqsa qiyin vazifaga aylanadi. Shuning uchun aralashuvga chidamli sinxronizatsiya algoritmlarini ishlab chiqish ushbu sohadagi asosiy vazifalardan biridir [7].

Yana bir muhim muammo-dinamik o'zgaruvchan muhitda sinxronizatsiya zarurati. Simsiz tarmoqlarda, ayniqsa mobil qurilmalardan foydalanadigan tarmoqlarda ma'lumotlar shartlari juda tez o'zgarishi mumkin. Qurilmalar harakatlanishi, tayanch stantsiyalarga nisbatan o'z o'rnini o'zgartirishi mumkin, bu vaqt belgilarini doimiy ravishda yangilashni va sinxronizatsiya algoritmlarini qayta ko'rib chiqishni talab qiladi. Bu tarmoqqa qo'shimcha yuklarni keltirib chiqaradi va xatolar ehtimolini oshiradi, bu esa umumiy ishlashga salbiy ta'sir qiladi. Shuning uchun uzatish sharoitidagi o'zgarishlarga tezda javob bera oladigan adaptiv sinxronizatsiya mexanizmlarini ishlab chiqish tadqiqotchilar va muhandislar uchun muhim vazifaga aylanadi [8].

Simsiz tarmoqlarda sinxronizatsiya mexanizmlari duch keladigan asosiy muammolardan biri bu turli xil qurilmalar o'rtasida vaqt sinxronizatsiyasining aniqligini ta'minlash zarurati. Qurilmalar harakatlanishi, o'rnini o'zgartirishi va boshqa qurilmalar bilan o'zaro aloqada bo'lishi mumkin bo'lgan dinamik muhitda aniq vaqtni saqlash haqiqiy vazifaga aylanadi. Masalan, minimal kechikish va yuqori tarmoqli kengligi talab qilinadigan 5G tarmoqlarida sinxronizatsiyadagi har qanday nosozliklar ma'lumotlar uzatish sifatining pasayishiga va aloqaning yo'qolishiga olib kelishi mumkin. Bir vaqtning o'zida ko'plab qurilmalar o'zaro ta'sir qiladigan tarmoqlarda, hatto vaqt o'tishi bilan kichik og'ishlar ham ma'lumotlar to'qnashuvi yoki aloqa sifatining yomonlashishi kabi jiddiy muammolarni keltirib chiqarishi mumkin [9].

Yana bir muammo-sinxronizatsiya mexanizmlarini har xil turdagi qurilmalar va aloqa protokollariga moslashtirish zarurati. Zamonaviy simsiz tarmoqlar oddiy sensorlardan tortib murakkab mobil telefonlar va routerlargacha bo'lgan turli xil

xususiyatlarga ega qurilmalardan foydalanishi mumkin. Ushbu turdagi qurilmalarning har biri o'ziga xos sinxronizatsiya talablariga ega bo'lishi mumkin, bu esa universal sinxronizatsiya mexanizmini yaratishni qiyinlashtiradi. Bundan tashqari, turli xil aloqa protokollari turli xil sinxronizatsiya yondashuvlariga ega bo'lishi mumkin, bu esa turli xil qurilmalarni bitta tarmoqqa birlashtirishda qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi. Bu har bir o'ziga xos qurilma va protokolning xususiyatlarini hisobga oladigan moslashuvchan va moslashuvchan mexanizmlarni ishlab chiqishni talab qiladi [10].

Shunday qilib, mavjud muammolarga qaramay, shaxsiy va mahalliy simsiz tarmoqlarda sinxronizatsiya mexanizmlari rivojlanish uchun katta imkoniyatlarga ega. Blokcheyn, kvant texnologiyasi va sun'iy intellekt kabi yangi texnologiyalar va yondashuvlarning joriy etilishi bilan murakkab va dinamik tarmoq muhitida sinxronlashni ta'minlash uchun yanada samarali va ishonchli echimlarni kutish mumkin. Kelajakda simsiz tarmoqlarning yuqori sifatli aloqasi va ishonchliligini ta'minlash uchun ushbu yo'nalishlarni tadqiq qilish va rivojlantirishni davom ettirish muhimdir.

### Xulosa

"Shaxsiy va mahalliy simsiz tarmoqlarda sinxronizatsiya mexanizmlarini tahlil qilish" mavzusidagi ushbu ishning xulosasi tadqiqot natijalarini sarhisob qiladi va ushbu turdagi tarmoqlarda sinxronizatsiya mexanizmlari bilan bog'liq asosiy jihatlarga e'tibor qaratadi. Ish davomida shaxsiy va mahalliy simsiz tarmoqlarda qo'llaniladigan sinxronlashtirishning asosiy mexanizmlari ko'rib chiqildi, shuningdek, mavjud muammolar va ularning rivojlanish istiqbollari aniqlandi.

Avvalo shuni ta'kidlash kerakki, sinxronizatsiya mexanizmlari simsiz tarmoqlarning ishonchli va samarali ishlashini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Bluetooth kabi shaxsiy simsiz tarmoqlarda sinxronizatsiya qurilmalar o'rtasidagi o'zaro ta'sirni muvofiqlashtirish uchun zarur bo'lib, kechikishlarni minimallashtirish va aloqa sifatini yaxshilash imkonini beradi. Xususan, bunday tarmoqlarda sinxronizatsiya mexanizmlari vaqt oralig'ining izchilligini ta'minlaydi va ma'lumotlarni uzatishda nizolarni oldini oladi. Bu, ayniqsa, cheklangan tarmoqli kengligi va ulangan qurilmalarning yuqori zichligi sharoitida juda muhimdir, bu zamonaviy foydalanish holatlariga xosdir.

Bundan tashqari, shuni ta'kidlash kerakki, ko'plab zamonaviy sinxronizatsiya mexanizmlari har xil turdagi qurilmalarning xususiyatlarini hisobga olmaydi, bu esa resurslardan samarasiz foydalanishga olib kelishi mumkin. Masalan, turli xil xususiyatlarga ega qurilmalardan (masalan, smartfonlar, naushniklar, fitness bilakuzuklar) foydalanish mumkin bo'lgan shaxsiy tarmoqlarda sinxronizatsiya mexanizmlari har bir qurilmaning o'ziga xos xususiyatlariga moslashishi muhimdir. Bu apparat va dasturiy ta'minot cheklovlarini hisobga oladigan universal echimlarni ishlab chiqishni talab qiladi.

Xulosa qilib aytishimiz mumkinki, shaxsiy va mahalliy simsiz tarmoqlarda sinxronizatsiya mexanizmlari ularning ishlashining muhim tarkibiy qismidir. Mavjud muammolar va cheklovlarga qaramay, texnologiyaning rivojlanishi va sinxronlashtirishning yangi yondashuvlari simsiz tarmoq samaradorligini oshirish uchun keng istiqbollarni taqdim etadi. Foydalanuvchilarning tobora ortib borayotgan talablari va ulangan qurilmalar sonining ko'payishi sharoitida ishonchli va sifatli aloqani ta'minlash uchun ushbu sohadagi tadqiqotlarni davom ettirish muhimdir. Shunday qilib, sinxronizatsiya mexanizmlarini yanada rivojlantirish yanada barqaror va samarali simsiz tarmoqlarni yaratishga yordam beradi, bu esa o'z navbatida inson hayoti va faoliyatining turli sohalariga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

#### ADABIYOTLAR.

[1]. Сафонов А. А. Анализ механизмов синхронизации в персональных и локальных беспроводных сетях // АВТОРЕФЕРАТ дисс. на соиск. уч. ст. к. т. н. Институт проблем передачи информации им. АА Харкевича РАН. Москва. – 2008. URL: <http://iitp.ru/upload/news/98/SafonovAA.pdf> (дата обращения: 28.03.2025).

[2]. Агаев Б. С., Алиев Т. С. Анализ беспроводных сетевых технологий для распределенной обработки информации. – 2007. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Tarlan-Aliev/publication/317249221\\_Analiz\\_besprovodnyh\\_setevyh\\_tehnologij\\_dla\\_raspredelennoj\\_obrabotki\\_informacii/links/594ba034aca2720930f43eb8/Analiz-besprovodnyh-setevyh-tehnologij-dla-raspredelennoj-obrabotki-informacii](https://www.researchgate.net/profile/Tarlan-Aliev/publication/317249221_Analiz_besprovodnyh_setevyh_tehnologij_dla_raspredelennoj_obrabotki_informacii/links/594ba034aca2720930f43eb8/Analiz-besprovodnyh-setevyh-tehnologij-dla-raspredelennoj-obrabotki-informacii) (дата обращения: 28.03.2025).

[3]. Вишневский В. М., Ляхов А. И., Сафонов А. А. Исследование эффективности механизмов синхронизации в беспроводных персональных сетях со сложной структурой // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2008. – №. 3. – С. 63-77. URL: <https://www.mathnet.ru/rus/itvs512> (дата обращения: 28.03.2025).

[4]. Проскочило А. В. и др. Анализ состояния и перспективы развития самоорганизующихся сетей // Экономика. Информатика. – 2015. – Т. 36. – №. 19 (216). – С. 177-186. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sostoyaniya-i-perspektivy-razvitiya-samoorganizuyuschih-setey> (дата обращения: 28.03.2025).

[5]. Абросимов Л. И., Орлова М. А., Хаю Х. Архитектура и программная реализация исследовательского стенда корпоративной беспроводной локальной вычислительной сети // Программные продукты и системы. – 2021. – Т. 34. – №. 1. – С. 172-179. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-i-programmnaya-realizatsiya-issledovatel'skogo-stenda-korporativnoy-besprovodnoy-lokalnoy-vychislitel'noy-seti> (дата обращения: 28.03.2025).

[6]. Рыжков А. В., Шварц М. Л. Предпосылки создания когерентной сети связи общего пользования-основы сквозных цифровых технологий // Т-Связь Телекоммуникации и Транспорт. – 2021. – Т. 15. – №. 7. – С. 14-22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/predposylki-sozdaniya-kogerentnoy-seti-svyazi-obshchego-polzovaniya-osnovy-skvoznyh-tsifrovyyh-tehnologiy> (дата обращения: 28.03.2025).

[7]. Давлетшина Я. Р., Калайдин Е. Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ОРГАНИЗАЦИЙ // ББК 65.01 А 437. – 2013. – С. 119. URL: [http://docspace.kubsu.ru/docspace/bitstream/handle/1/939/Выпуск\\_15\\_Актуальные\\_проблемы\\_ЭТиП.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=119](http://docspace.kubsu.ru/docspace/bitstream/handle/1/939/Выпуск_15_Актуальные_проблемы_ЭТиП.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=119) (дата обращения: 28.03.2025).

[8]. Бурдонов И. Б., Косачев А. С., Пономаренко В. Н. Операционные системы реального времени // М.: Институт системного программирования РАН. – 2006. URL: [https://www.ispras.ru/preprints/docs/prep\\_14\\_2006.pdf](https://www.ispras.ru/preprints/docs/prep_14_2006.pdf) (дата обращения: 28.03.2025).

[9]. Горшков А. А. и др. Анализ сфер применения средств беспроводного доступа в системе муниципального коммунального хозяйства // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – №. 9. – С. 500-514. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sfer-primeneniya-sredstv-bеспроводного-dostupa-v-sisteme-munitsipalnogo-kommunalnogo-hozyaystva> (дата обращения: 28.03.2025).

[10]. Гольдштейн Б. С. Сети связи. – БХВ-Петербург, 2010. URL: <https://books.google.com/books?hl=ru&lr=&id=L8wnAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&ots=eRyXN7Uz8c&sig=tbY7x5QehocunaiExQ9Mrkw-OuM> (дата обращения: 28.03.2025).