

BLUETOOTH VA ZIGBEE TEXNOLOGIYALARINI TAQQOSLASH

Pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori PhD

Umarov Bekzod Azizovich

ubaumarov@gmail.com

Turg'unova Surayyo

surayyoturgunova16@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy simsiz aloqa texnologiyalari bo'lgan Bluetooth va ZigBee tizimlarining asosiy xususiyatlari, ishlash prinsiplari hamda ularning qo'llanilish sohalari tahlil qilingan. Har ikki texnologiyaning energiya samaradorligi, ma'lumot uzatish tezligi, tarmoq topologiyasi va amaliy qo'llanilish imkoniyatlari qiyosiy jihatdan o'rganilgan. Shuningdek, IoT (Internet of Things) tizimlarida ularning o'rni va ahamiyati yoritilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, Bluetooth yuqori tezlik va qulay ulanish talab qilinadigan qurilmalar uchun, ZigBee esa past energiya sarfi va katta sensor tarmoqlarida foydalanish uchun samarali yechim ekanligi aniqlangan.

Kalit so'zlar. Bluetooth, ZigBee, simsiz aloqa, IoT, sensor tarmoqlar, energiya samaradorligi, mesh network, IEEE 802.15.4, BLE.

Аннотация. В данной статье анализируются основные характеристики, принципы работы и области применения современных технологий беспроводной связи Bluetooth и ZigBee. Сравнительно изучены энергоэффективность, скорость передачи данных, топология сети и возможности практического применения обеих технологий. Также освещены их роль и значение в системах IoT (Internet of Things). Согласно результатам исследования, Bluetooth является эффективным решением для устройств, требующих высокой скорости и удобного подключения, а ZigBee - для использования в сетях с низким энергопотреблением и большими датчиками.

Ключевые слова. Bluetooth, ZigBee, беспроводная связь, IoT, сенсорные сети, энергоэффективность, mesh network, IEEE 802.15.4, BLE.

Abstract. This article analyzes the main characteristics, operating principles, and application areas of Bluetooth and ZigBee systems, which are modern wireless communication technologies. The energy efficiency, data transfer speed, network topology, and practical application possibilities of both technologies were studied in a comparative aspect. Their role and significance in IoT (Internet of Things) systems are also highlighted. According to the research results, Bluetooth is an effective solution for devices requiring high speed and convenient connectivity, while ZigBee is an effective solution for use in low-power and large sensor networks.

Keywords. *Bluetooth, ZigBee, wireless communication, IoT, sensor networks, energy efficiency, mesh network, IEEE 802.15.4, BLE.*

Kirish. Hozirgi raqamli transformatsiya davrida simsiz aloqa texnologiyalari jamiyatning barcha sohalarida muhim o'rin egallamoqda. Ayniqsa, Internet of Things (IoT) tizimlarining rivojlanishi natijasida qurilmalar o'rtasida tezkor va energiya tejamkor ma'lumot almashish zarurati ortib bormoqda. Ushbu talablarni qondirishda Bluetooth va ZigBee texnologiyalari eng ko'p qo'llaniladigan standartlar hisoblanadi. Bluetooth texnologiyasi asosan qisqa masofada yuqori tezlikda ma'lumot uzatishga yo'naltirilgan bo'lib, maishiy elektronika va mobil qurilmalarda keng qo'llaniladi. ZigBee esa kam energiya sarfi va barqaror tarmoq arxitekturasi bilan ajralib turadi hamda sanoat va sensor tarmoqlarida muhim rol o'ynaydi. Ushbu maqolaning maqsadi Bluetooth va ZigBee texnologiyalarini texnik va amaliy jihatdan taqqoslash, ularning afzallik va kamchiliklarini aniqlash hamda qo'llanilish sohalarini tahlil qilishdan iborat.

Bluetooth — bu qisqa masofali simsiz aloqa texnologiyasi bo'lib, u qurilmalar o'rtasida kablesiz ma'lumot almashishni ta'minlash uchun ishlab chiqilgan. Ushbu texnologiya 2.4 GHz ISM (Industrial, Scientific and Medical) chastota diapazonida ishlaydi va dunyo bo'yicha keng tarqalgan standartlardan biri hisoblanadi. Bluetooth asosan mobil qurilmalar, maishiy elektronika va IoT tizimlarida qo'llanilib, foydalanuvchilarga qulay va tezkor ulanish imkonini beradi.

Bluetooth texnologiyasining asosiy xususiyatlaridan biri uning ma'lumot uzatish tezligidir. Bluetooth Classic versiyasida bu tezlik odatda 1 Mbps dan 3 Mbps gacha bo'ladi, bu esa audio va ma'lumot uzatish kabi vazifalar uchun yetarli hisoblanadi. Bundan tashqari, Bluetooth Low Energy (BLE) varianti mavjud bo'lib, u energiya sarfini sezilarli darajada kamaytiradi va asosan uzoq muddat ishlaydigan kichik qurilmalar, masalan, sensorlar va aqlli soatlarda qo'llaniladi. Ishlash masofasi odatda 10 metrdan 100 metrgacha bo'lib, bu qurilmaning quvvat darajasi va texnologik sinfiga bog'liq. Energiya sarfi o'rtacha hisoblanadi, biroq BLE texnologiyasi orqali bu ko'rsatkich ancha past darajaga tushiriladi. Tarmoqlanish jihatidan Bluetooth odatda point-to-point (bir qurilmadan boshqasiga to'g'ridan-to'g'ri ulanish) yoki kichik tarmoqlar shaklida ishlaydi.

Bluetooth texnologiyasi keng ko'lamda qo'llaniladi. U quloqchinlar, smartfonlar, smart-soatlar, avtomobil multimedia tizimlari va boshqa ko'plab maishiy qurilmalarda ma'lumot almashish va boshqarish uchun ishlatiladi.

Uning asosiy afzalliklari sifatida ulanish jarayonining osonligi (pairing), dunyo bo'yicha keng tarqalganligi hamda yuqori ma'lumot uzatish tezligini ko'rsatish mumkin. Bu xususiyatlar Bluetoothni foydalanuvchilar uchun juda qulay va universal texnologiyaga aylantiradi. Shu bilan birga, Bluetooth texnologiyasining ayrim

kamchiliklari ham mavjud. Jumladan, u ZigBee texnologiyasiga nisbatan ko'proq energiya sarflaydi, bu esa uzoq muddat batareyada ishlashi kerak bo'lgan qurilmalar uchun cheklov bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, Bluetooth katta sensor tarmoqlarini boshqarish uchun unchalik mos emas, chunki u asosan kichik va o'rta hajmdagi qurilmalar o'rtasidagi aloqa uchun mo'ljallangan.

ZigBee — bu kam energiya sarflaydigan, IEEE 802.15.4 standartiga asoslangan simsiz aloqa protokoli bo'lib, asosan sensor tarmoqlar, avtomatlashtirilgan tizimlar va IoT (Internet of Things) yechimlari uchun mo'ljallangan texnologiyalardan biridir. Ushbu texnologiya kichik hajmdagi ma'lumotlarni ishonchli va energiya tejankor tarzda uzatishga yo'naltirilgan bo'lib, ayniqsa uzoq muddat ishlaydigan qurilmalarda keng qo'llaniladi.

ZigBee texnologiyasining asosiy xususiyatlaridan biri uning ma'lumot uzatish tezligidir. U 20 kbps dan 250 kbps gacha bo'lgan tezlikda ishlaydi, bu esa oddiy sensor ma'lumotlarini uzatish uchun yetarli hisoblanadi. Ishlash masofasi odatda 10 metrdan 100 metrgacha bo'lib, biroq ZigBee'ning eng muhim afzalligi shundaki, u mesh network (to'r tarmoq) arxitekturasi orqali ishlaydi. Bu esa har bir qurilma boshqa qurilmalar orqali signalni uzatishi mumkinligini anglatadi va natijada tarmoq qamrovi sezilarli darajada kengayadi.

Energiya sarfi ZigBee texnologiyasining eng muhim ustunliklaridan biridir. U juda past quvvat iste'moli bilan ajralib turadi, shu sababli ZigBee asosidagi qurilmalar bir necha oy yoki hatto yillar davomida batareya almashtirmasdan ishlashi mumkin. Bu xususiyat uni ayniqsa sensor tizimlari va uzoq muddatli monitoring qurilmalari uchun juda qulay qiladi.

ZigBee tarmoqlanish jihatidan murakkab, ammo juda barqaror tizim hisoblanadi. Mesh network arxitekturasi tufayli tarmoqdagi bir nechta tugunlar orqali ma'lumot uzatiladi, bu esa tizimning ishonchliligini oshiradi va aloqaning uzilib qolish ehtimolini kamaytiradi. Shu sababli ZigBee texnologiyasi smart home tizimlari, sanoat avtomatizatsiyasi, energiya monitoringi va turli sensor tarmoqlarida keng qo'llaniladi.

ZigBee texnologiyasining asosiy afzalliklaridan biri uning juda past energiya sarfidir, bu esa qurilmalarning uzoq vaqt davomida uzluksiz ishlashini ta'minlaydi. Shuningdek, u katta sensor tarmoqlarini qo'llab-quvvatlash imkoniyatiga ega bo'lib, yuzlab yoki minglab qurilmalarni bir tarmoqqa ulash mumkin. Bundan tashqari, mesh tarmoq orqali barqaror va ishonchli aloqa ta'minlanadi, bu esa tizimning umumiy samaradorligini oshiradi. Shu bilan birga, ZigBee texnologiyasining ayrim kamchiliklari ham mavjud. Jumladan, ma'lumot uzatish tezligi Bluetoothga nisbatan past bo'lib, katta hajmdagi ma'lumotlar yoki multimedia fayllarini uzatish uchun mos emas. Bundan tashqari, ZigBee tizimini o'rnatish va sozlash jarayoni Bluetoothga qaraganda murakkabroq bo'lib, bu ko'proq texnik bilim va tajribani talab qiladi.

Bluetooth va ZigBee taqqoslash jadvali

Xususiyat	Bluetooth	ZigBee
Standart	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4
Chastota	2.4 GHz	2.4 GHz
Tezlik	Yuqori (1–3 Mbps)	Past (20–250 kbps)
Energiya sarfi	O‘rtacha / past (BLE)	Juda past
Tarmoq turi	Point-to-point / star	Mesh network
Masofa	10–100 m	10–100 m (kengayuvchi)
Qo‘llanilishi	Audio, mobil qurilmalar	IoT, sensorlar
Murakkablik	Oson	O‘rtacha

Bluetooth va ZigBee texnologiyalari zamonaviy simsiz aloqa tizimlarida keng qo‘llanilsa-da, ularning amaliy ishlatilish sohalari bir-biridan sezilarli darajada farq qiladi. Bu farq asosan ularning texnik xususiyatlari, energiya sarfi va ma’lumot uzatish tezligi bilan belgilanadi.

Bluetooth texnologiyasi asosan foydalanuvchi qurilmalari va shaxsiy aloqa tizimlarida keng qo‘llaniladi. U smartfonlar va quloqchinlar o‘rtasida audio uzatish va ma’lumot almashish uchun juda qulay hisoblanadi. Shuningdek, smartwatch va fitness trekerlar kabi taqiladigan qurilmalarda ham Bluetooth keng ishlatiladi, chunki u mobil qurilmalar bilan tez va oson ulanadi. Avtomobil sanoatida esa Bluetooth texnologiyasi multimedia tizimlari, qo‘ng‘iroqlarni boshqarish va audio oqim (audio streaming) uzatish uchun qo‘llaniladi. Bundan tashqari, u kichik hajmdagi fayllarni simsiz uzatishda ham ishlatiladi, bu esa foydalanuvchilar uchun qulaylik yaratadi.

ZigBee texnologiyasi esa asosan sanoat va avtomatlashtirilgan tizimlarga yo‘naltirilgan. U aqlli uy tizimlarida keng qo‘llanilib, yoritish tizimlari, konditsionerlar va boshqa elektr jihozlarini masofadan boshqarish imkonini beradi. Sanoat sohasida ZigBee monitoring tizimlarida muhim rol o‘ynaydi, chunki u turli sensorlar orqali harorat, bosim va namlik kabi parametrlarni uzluksiz kuzatish imkonini beradi. Shuningdek, energiya boshqaruvi tizimlarida, xususan smart metering yechimlarida ham ZigBee samarali qo‘llaniladi. U katta miqdordagi sensor tarmoqlarini qo‘llab-quvvatlash qobiliyatiga ega bo‘lgani uchun murakkab monitoring tizimlarida juda foydalidir.

Energiya samaradorligi va IoT (Internet of Things) tizimlaridagi o‘rni jihatidan ham ushbu texnologiyalar o‘rtasida sezilarli farq mavjud. IoT tizimlarida energiya samaradorligi eng muhim omillardan biri hisoblanadi, chunki ko‘plab qurilmalar uzoq vaqt davomida batareya bilan ishlashi kerak bo‘ladi. Shu nuqtayi nazardan ZigBee texnologiyasi ko‘proq afzal hisoblanadi, chunki u juda kam quvvat sarflaydi va uzoq muddat ishlaydigan sensor tugunlarini samarali qo‘llab-quvvatlaydi. Bu esa uni yirik

sensor tarmoqlari va sanoat IoT tizimlari uchun ideal yechimga aylantiradi. Boshqa tomondan, Bluetooth texnologiyasi yuqori tezlik va qulay ulanish talab qilinadigan qurilmalar uchun juda mos keladi. Ayniqsa Bluetooth Low Energy (BLE) varianti IoT qurilmalarida keng qo'llanilib, u energiya sarfini kamaytirgan holda ma'lumot almashish imkonini beradi. Shu sababli Bluetooth ko'proq shaxsiy qurilmalar va foydalanuvchi interfeysiga ega tizimlarda, ZigBee esa sanoat va keng ko'lamli sensor tarmoqlarida ustunlikka ega hisoblanadi.

Xulosa. Bluetooth va ZigBee texnologiyalari zamonaviy simsiz aloqa tizimlarining muhim komponentlari hisoblanadi. Ularning har biri o'ziga xos afzallik va cheklovlarga ega. Bluetooth yuqori tezlik va keng tarqalganlik bilan ajralib tursa, ZigBee past energiya sarfi va barqaror tarmoq tuzilmasi bilan ustunlik qiladi. Shuning uchun texnologiyani tanlash tizimning maqsadi va talablariga bog'liq ravishda amalga oshiriladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalarini rivojlantirish vazirligi. *Simsiz aloqa texnologiyalarini rivojlantirish konsepsiyasi*. – Toshkent, 2021.
2. TATU (Toshkent axborot texnologiyalari universiteti) ilmiy ishlari to'plami: *Simsiz tarmoqlar va IoT texnologiyalari*. – Toshkent, 2022.
3. Gungor V. C., Hancke G. P. *Industrial Wireless Sensor Networks: Challenges, Design Principles, and Technical Approaches*. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2009.
4. ZigBee Alliance. *ZigBee Specification Document*. – ZigBee Alliance, 2012.
5. Bluetooth SIG. *Bluetooth Core Specification Version 5.0*. – Bluetooth Special Interest Group, 2016.