ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 2

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 2

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

LoRaWan TEXNOLOGIYASI VA TARMOQ ELEMENTLARINING O‘ZIGA XOS XUSUSIYATLARI

Sultonova Maxbubaxon Odilovna
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti “Mobil aloqa texnologiyalari” kafedrasi dotsenti
Tel:+998935091377

Annotatsiya. Mazkur maqolada LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) tarmoqlarining energiya iste’moli va ishlash radiusining samaradorligi ko‘rsatilgan. Microchip RN2483 moduli misolida qurilmaning turli ish rejimlari uchun tok va quvvat sarfi hisoblab chiqilgan. Shuningdek, binolar ichidagi to‘siqlar sharoitida signallarning so‘nish darajasi va signal/shovqin nisbatining masofaga bog‘liqligi matematik modellar yordamida tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: Radio to‘lqin, ma’lumot, aqlli elektr ta’minoti, energiya iste’moli, signal so‘nishi, "Soyalanish" modeli, signal/shovqin nisbati.

Аннотация. В данной статье представлены данные об энергопотреблении и эффективности сетей LoRaWAN (Long Range Wide Area Network). На примере модуля Microchip RN2483 рассчитаны потребление тока и мощности для различных режимов работы устройства. Также с помощью математических моделей проанализирована зависимость уровня затухания сигнала и отношения сигнал/шум от расстояния при наличии препятствий внутри зданий.

Ключевые слова: Радиоволны, информация, интеллектуальное электропитание, энергопотребление, затухание сигнала, модель «затенения», отношение сигнал/шум.

Abstract. This article presents the energy consumption and efficiency of LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) networks. Using the Microchip RN2483 module as an example, the current and power consumption for different operating modes of the device are calculated. Also, the dependence of the signal attenuation level and the signal/noise ratio on distance in the presence of obstacles inside buildings is analyzed using mathematical models.

Keywords: Radio wave, information, smart power supply, energy consumption, signal attenuation, "Shading" model, signal/noise ratio.

KIRISH

LoRaWan tarmoqlarining asosiy o‘ziga xos xususiyatlari, aynan xizmat ko‘rsatilmasdan tarmoq tugunlarining uzoq vaqt ishlatilishi muddati va ularning katta ishlash radiusi hisobga olinganida eng o‘ziga tortadigan joriy etish sohalarini aytish mumkin. Avvalo, bu yoritish tizimlarini avtomatlashtirish sohasi hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Intellektual simsiz hisoblagichlarning qo‘llanishi yirik kichik daha ko‘lamida energiya resurslarining (suv, issiqlik, gaz, elektr energiyasi) sarfini avtomatik hisobga olishni oson tashkil etishga, shuningdek real vaqt rejimida qo‘llanadigan qurilmalarning holatini kuzatib borishga yordam beradi.

So‘nggi yillarda “aqlli shahar” konsepsiyasi katta ommaviylikka erishmoqda, uning doirasida na elektr ta’minoti tizimlariga, na kommunikatsiyalarga bog‘liq bo‘lmagan zamonaviy binolarda ishlatiladigan mexanik, elektr va elektron tizimlarni monitoring qilishni bajaradigan simsiz qurilmalarning birlashtiriladi .

METODOLOGIYA Mazkur ishda LoRaWan tarmoqlarining asosiy o‘ziga xos xususiyatlarini baholash, xususan Microchip RN2483 uchun ma’lumotlarni qabul qilish metodologiyasi ko‘rilgan. Mavzuni ilmiy o‘rganish, statik tahlillar, mantiqiylik, tahlil va tadqiq etish jarayonida turli xil adabiyotlar va maqolalar tahlilidan foydalanilgan.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI LoRaWAN texnologiyasi va uning tarmoq elementlari bo‘yicha adabiyotlar tahlilini tayyorlashda, odatda, texnologiyaning energiya tejamkorligi, qamrov doirasi va arxitektura tuzilishiga e’tibor qaratiladi. Adabiyotlarda LoRaWAN tarmog‘i asosan "Yulduzsimon yulduz" topologiyasi asosida tahlil qilinadi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Ma’lumotlarni uzatishda iste’mol quvvati to‘g‘ridan-to‘g‘ri ma’lumotlar paketining hajmiga bog‘liq. Microchip RN2483 uchun uzatish paytida tok iste’moli ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilanadi va 14,2 mAni tashkil qiladi. Uzatish paytida 2 V batareyadan foydalanganda iste’mol quvvati qiymati quyidagicha bo‘ladi :

$$P = UI \qquad (1)$$

$$P= 14{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 2{,}84 \text{ mVt.}$$

Microchip RN2483 uchun ma’lumotlarni qabul qilish paytida tok iste’mol ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilanadi va 2,8 m ni tashkil qiladi. (1) formula bo‘yicha qabul qilishda 2V batareyadan foydalanganda iste’mol quvvati qiymati quyidagicha bo‘ladi:

$$P = 2{,}8 \cdot 10^{-3} = 0{,}56\text{mVt.}$$

“Kutish” rejimida LoRaWan qurilmalarining tok iste’moli 1,8 mkAni tashkil qiladi, 2 V batareyadan foydalanganda “kutish” rejimida iste’mol quvvati quyidagicha bo‘ladi:

$$P = 1{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 36 \text{ mkVt.}$$

ISSN 3030-3907

Microchip RN2483da ishlatiladigan antenna chorak to‘lqinli antenna bo‘lib, 2,2 dB kuchaytirish koeffitsientiga ega. Signalni uzatish va qabul qilishda natural sonlarda antennaning kuchayish koeffitsientini quyidagi formuladan topamiz:

$$G = 10G / 10 \quad (2)$$

$$G = 10\ 2{,}2 / 10 = 1{,}66.$$

Qabul qilgichning sezgirligi muvaffaqiyatli dekodlanishi mumkin bo‘lgan minimal kirish signali sifatida aniqlanadi. RN2483 qabul qilgichning sezgirligi -143dBm. Vattdagi qiymatni topish uchun quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$P_r = \frac{10(\frac{P_{dBm}}{10})}{1000} \quad (3)$$

$$P_r = \frac{10(\frac{-143}{10})}{1000} = 5{,}0118 \cdot 10^{-18}\ \text{Vt}$$

Chiqish tokining qiymati barcha ish rejimlarida LoRaWan qurilmaning holatiga, Shuningdek ularning har birida ishlash davomiyligiga bog‘liq. O‘rtacha tok iste’molini quyidagi formula bo‘yicha topamiz:

$$I_{o\prime r} = I_{oniy} \frac{t_{uzat}}{t_{kut}}$$

bu erda I_{oniy} - bu rejimdagi oniy qiymat;

t_{uzat} - LoRaWan qurilmasi tokni iste’mol qiladigan vaqt;

t_{kut} - qurilmaning dam olish vaqti.

Qurilma uchta ish rejimlariga ega bo‘lishi mumkin:

a) kutish rejimi. Bu rejimda RN2483 mikrokontrolleri tok iste’moli 2,6 mkAni (nominal qiymat), 3 mkA (maksimal qiymat)t ashkil qiladi. Hisoblash uchun biz iste’mol qilinadigan tokning maksimal qiymatini tanlaymiz;

b) mayoq signallarini qabul qilish tartibi va ularga ishlov berish. Mayoq kadrlarini qabul qilish uchun kutish rejimidan chiqish har 10 soniyada 6 msga sodir bo‘ladi;

c) ma’lumotlarni uzatish rejimi. Hisoblash uchun biz ma’lumotlarni uzatish kun davomida har soatda sodir bo‘ladi, tok iste’mol esa 100 ms uchun 40 mAni tashkil qiladi.

Signallarni qabul qilishda o‘rtacha tokni aniqlaymiz:

$$I_{o'r.qab} = 40 \cdot 10^{-3} \frac{6 \cdot 10^{-3}}{10} = 24\ \text{mkA}$$

Ma’lumotlarni uzatishda o‘rtacha tokni aniqlaymiz:

$$I_{o'r.uzat} = 40 \cdot 10^{-3} \frac{24 \cdot (100 \cdot 10^{-3})}{86400} = 1{,}1\ \text{mkA}$$

(4) formulasidan foydalanib, qurilmaning o‘rtacha tok iste’molini topamiz:

$$I_{o\prime r} = I_{kut} + I_{o'r.qab} + I_{o'r.uzat} \quad (4)$$

$$I_{o\prime r} = 3 + 24 + 1{,}1 = 28{,}1\ \text{mkA}.$$

ISSN 3030-3907

Radio to‘lqinlarining tarqalishining uchta modellari mavjud bo‘lib, ular yordamida signal sathini aniqlash mumkin. Uni sezgirlik bo‘sag‘asidan Yuqorida bo‘lishi signalni muvaffaqiyatli dekodlash imkoniyatini aniqlaydi. LoRaWan tarmog‘ining uzatish/qabul qilish tugunlari vaqtning katta qismida kutish rejimida bo‘ladi. Shuning uchun tugunning quvvat iste’moli turli xil ish rejimlarida iste’mol quvvatiga bog‘liq. Tugunning asosiy ish rejimlari qabul qilish va uzatish hisoblanadi, shuning uchun o‘rtacha iste’mol quvvati bu ikki rejimlarga bog‘liq. Kanalni tekshirish va ma’lumotlarga ishlov berish uchun juda kam energiya sarflanadi. IEEE 802.15.4 standartida eng qisqa ma’lumotlar paketi umumiy uzunligi = 11 bayt bo‘lgan tasdiqlash paketi hisoblanadi. U holda L_{data} uzunlikdagi paketlarni uzatish/qabul qilish uchun energiya sarflarini (shifrlashsiz, 16-bitli manzilli) quyidagi ifodadan topish mumkin :

$$e_{data}(n) + \frac{L(n)}{L_{ACK}} = \frac{17+n}{11} \qquad (5)$$

bu erda n - ma’lumotlar maydonining o‘lchami (bayt). Bu hisoblashda L_{data} uzunligi bo‘lgan ma’lumotlar maydonining uchta qiymatini ko‘rib chiqamiz: ma’lumotlar paketi L_{data} = 26 bayt xabarning 9 bayti standartga muvofiq bunday uzunlikdagi qabul qilgichning sezgirligi ko‘rsatilgan, ma’lumotlar maydonlari L_{data} = 75 bayt va xabar hajmi 58 bayt, maksimal uzunligi L_{data} = 133 bayt bo‘lgan paketning ma’lumotlar maydoni va 118 bayt xabar hajmi. Uchta qiymatlardagi ma’lumotlar paketlarini uzatish va qabul qilish uchun energiya xarajatlarini hisoblaymiz:

$$e_{data}(n) + \frac{L_{data}(n)}{L_{ACK}} = \frac{17+n}{11} = 2{,}36$$

$$e_{data}(n) + \frac{L_{data}(n)}{L_{ACK}} = \frac{17+n}{11} = 6{,}82$$

$$e_{data}(n) + \frac{L_{data}(n)}{L_{ACK}} = \frac{17+n}{11} = 12{,}27$$

Erkin fazo modeli va ikki nurli model qisqa aloqalar uchun signal quvvati va tarqalishini tavsiflash uchun eng mos keladi. Ammo uzoq masofalarda uzatiladigan signal turli xil, masalan, so‘nish va ko‘p nurli tarqalish kabi ta’sirlarga uchrashi mumkin, ular birinchi ikkita modellarda hisobga olinmaydi, shuning uchun bu holda “Soyalanish” modelidan foydalanish maqsadga muvofiq.

Bu modelda ma’lumotlarni uzatishda atrof-muhit omilini hisobga olinadi. To‘g‘ri ko‘rinish qiyin bo‘lgan zonalarda joylashgan ko‘p sonli to‘siqlarning mavjudligi radiosignalning ko‘p nurli tarqalishi muammosini keltirib chiqaradi. LoRaWan tizimining aloqa kanalini to‘siqli ko‘rinish zonalarida tavsiflashda

ISSN 3030-3907

binolar ichida radiosignallarning tarqalishiga xos bo‘lgan quyidag ikkita jihatlarni hisobga olish kerak:

a) LoRaWan tarmog‘ining qamrob olish zonasining o‘lchami ochiq maydonni tarqatish sharoitlariga qaraganda ancha kichik;

b) ma’lum zonada radioto‘lqinlarning tarqalish shartlari yanada xilma-xil.

Binoda radioto‘lqinlarning tarqalishi asosan quyidagi parametrlar bilan belgilanadi:

- qurilish sxemasi;
- qurilish materiallari;
- bino turi.

Signal sathi antennalarning joylashishiga, xonalardagi eshiklar yopiq yoki ochiqligiga bog‘liq bo‘ladi. Binolar ichida ko‘pincha juda ko‘p qismlar va devorlar, turli xil predmetlar mavjud bo‘lib, bularning barchasi radiosignallarining tarqalish imkoniyatiga sezilarli ta’sir qiladi. Bino ichidagi devorlar va bo‘linmalar ko‘pincha ikki turlarga bo‘linadi:

a) bino tuzilmasining bir qismi bo‘lgan “qattiq” devorlar;

b) surilishi mumkin bo‘lgan qismlar – “yumshoq" devorlar”.

“Soyalanish” modeli ikki qismlardan iborat bo‘lib, modelning birinchi qismi uzatish traktida yo‘qotish modeli deyiladi va etalon masofadagi quvvatga nisbatan olingan quvvatning o‘rtacha qiymatini bashoratlaydi:

$$\left[\frac{P_r(d)}{P_r(d_0)}\right]_{dB} = 10\beta \cdot log\left(\frac{d}{d_0}\right) \qquad (6)$$

bu erda β - traktdagi yo‘qotish konstantasi va eksperimental tarzda aniqlanadi.

Radiosignalning uzatkichdan qabul qilgichga tarqalishida so‘nish darajasi uzatish amalga oshiriladigan chastotaga, modullar orasidagi masofaga, Shuningdek, nolinchi Gauss o‘zgaruvchisining qiymatiga bog‘liq. So‘nish qiymatini formula bo‘yicha topamiz:

$$P_L(d_0) = 20\log_{10}(f_{MHz}) + 10\beta\log(d) - 28 + N(0, \sigma_{ch}^2) \qquad (7)$$

bu erda f_{MHz} - modul chastotasi - 2400 MGsga teng; xona ichidagi modullar orasidagi masofa 50 m ruxsat etiladi. Nolinchi Gauss o‘zgaruvchisining qiymatini 1 ga teng (zavod, qiyin to‘g‘ri ko‘rinish zonasi), β = 2 olamiz, u holda etalon masofada so‘nish quyidagi ifodadan topiladi:

$$P_L(d_0) = 20\log_{10}(2405) + 10 \cdot 2 \cdot \log(1) - 28 + 1 = 40 \text{ dB}$$

Quyidagi formula bo‘yicha to‘siqlar hisobiga so‘nishni hisobga olgan holda traktda yo‘qotishlarning logarifmik-normal taqsimotining qiymatini topamiz:

$$P_L(d) = P_L(d_0) + 10\beta\log(d/d_0) + N(0, \sigma_{ch}^2) \qquad (8)$$

bu erda, $P_L(d0)$ - etalon masofadagi so‘nish (dB);

d - uzatkich va qabul qilgich orasidagi masofa (m);

ISSN 3030-3907

d_0 - etalon masofa (m);

β - traktda yo‘qotishlar darajasining ko‘rsatkichi (binolar uchun o‘rtacha qiymat 6 ga teng, qiyin to‘g‘ri ko‘rinishsh zonasi uchun olinadi);

$N(O,\sigma_{ch}^2)$ - tasodifiy Gauss o‘zgaruvchisi (dB).

Bu hisoblash traktda yo‘qotishlarning taxminiy qiymatini beradi, chunki radiosignalning tarqalish yo‘lining xususiyatlari, shuningdek, to‘siqlar qilingan materialning turi, shuningdek o‘lchamlari hisobga olinmaydi. Shuning uchun ma’lumotlarni uzatishda ko‘p nurli tarqalishni hisobga olish kerak. To‘siqlar tufayli sinishni hisobga olgan holda uzatish traktidagi so‘nishlarni aniqlash uchun hisoblashlardan ko‘rinib turibdiki, qiyin to‘g‘ri ko‘rinish zonasida tarqaladigan signal juda ko‘p qaytish va yutilishdan o‘tadi, buning natijasida hatto 30 metrlar masofada ham signalning so‘nishi 70 dBga etadi (1-jadval).

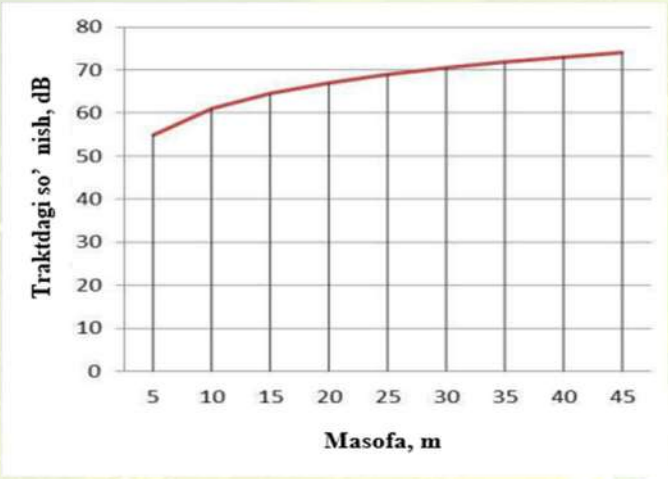
1-rasmdagi grafikdan ko‘rinib turibdiki, uzatish traktidagi so‘nish qiymati to‘siqlar tufayli kuchsizlanishni hisobga olganda 45 metrlar masofada 75 dB qiymatga etadi. LoRaWan ma’lumotlar uzatish tizimidan binolar ichida to‘siqlarga ega bo‘lgan qiyin to‘g‘ri ko‘rinish zonalarida foydalanishda qabul qilingan quvvat sathi hatto 10-15 metr masofalarda ham past bo‘lishi mumkin.

1-jadval

Uzatish traktidagi so‘nish

Uzatish va qabul qilish qurilmalari orasidagi masofa, m	To‘siqlar hisobiga so‘nishlar hisobga olinishi bilan traktdagi so‘nish, dB
5	55
10	61
15	64,52
20	67
25	68,96
30	70,54
35	71,88
40	73,04
45	74,06

ISSN 3030-3907



1-rasm. To‘siqlar hisobiga kuchsizlanishni hisobga olinganda traktdagi so‘nish

Qabul qilgichning kirishidagi signal/shovqin nisbatining qiymatlarini quyidagi formula yordamida topamiz:

$$\gamma(d) = N(P_t, \sigma_t^2) + P_L(d) + N(P_n, \sigma_n^2) \quad (10)$$

bu erda P_t - uzatkichning o‘rtacha (nominal) chiqish quvvati (dBm);

σ_t^2 - chiqish quvvatining dispersiyasi;

P_n - qabul qilgichning o‘rtacha (nominal) shovqin sathi (dBm);

σ_n^2 - shovqin sathlarining dispersiyasi

2-jadvalda modullar orasidagi turli masofalarda qabul qilgichning kirishida signal shovqin nisbatini hisoblashda olingan qiymatlar keltirilgan.

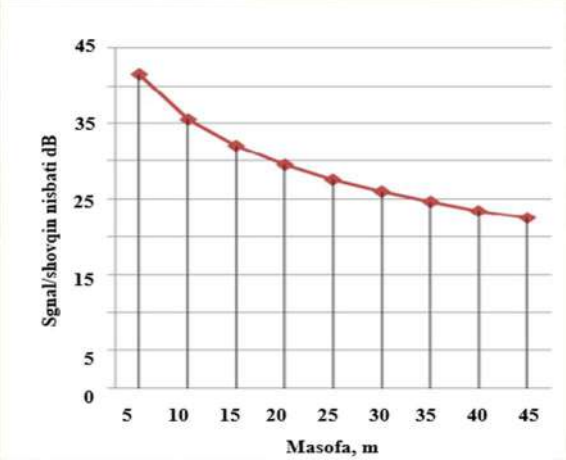
2-jadval

Qabul qilgichning kirishidagi signal-shovqin nisbati qiymatlari

Uzatish va qabul qilish qurilmalari orasidagi masofa, m	Qabul qilgich kirishidagi signal/shovqin nisbati, dB
5	41,5
10	35,5
15	31,98
20	29,5
25	27,54
30	25,96
35	24,62
40	23,46
45	22,5

2-rasmda masofaga nisbatan signal-shovqin nisbati bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, signal-shovqin nisbati masofa ortishi bilan keskin pasayadi va 45 metrlarda taxminan 22 dBni tashkil qiladi, bu aloqa sifatining past darajasiga mos keladi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Signal-shovqin nisbatining masofaga bog‘liqligi

XULOSA

IoT ma’lumotlarni uzatish texnologiyalarida ishlaydigan Ambiot platformasi asosidagi tashqi yoritishni boshqarish tizimlarida qo‘llanishi tahlil qilingan. Ma’lum bo‘ldiki, tashqi yoritishni boshqarish tizimini tanlash obekt turi, uning joylashrsh o‘rni, yoritish qurilmasini ishlatish sharoitlari, yoritiladigan sirtning sifati va turi va boshqalar kabi ko‘plab turli xil omillarga bog‘liq.

LoRaWAN texnologiyasidagi tarmoqni hisoblash, jumladan LoRaWan tarmog‘ining sig‘imini va LoRaWan qurilmalarining iste’mol quvvatini hisoblash amalga oshirilgan, LoRaWan tizimida ma’lumotlarni uzatishda so‘nish darajasini va signal/shovqin nisbati aniqlangan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yilning 18 yanvaridagi O‘zbekiston Respublikasida “Aqlli shahar” texnologiyalarini joriy etish Konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida” № 48-Qarori. https://lex.uz/docs/4171067
2. D.A.Davronbekov, U.T.Aliev, H.X. Madaminov, J.D. Isroilov. Simsiz tarmoqlar. Darslik, Toshkent: “Фан ва технология”, 2021 – 495 b.
3. Гусев. О. Эксперимент по созданию системы мониторинга хозяйственных объектов с использованием LoRaWan // Беспроводные технологии. 2016. № 2.
4. Кучерявый А. Е. Интернет Вещей // Электросвязь. 2013. № 1. С. 21–24.
5. Зараменских Е., Артемьев И. Интернет вещей. Исследования и область применения. М.,2017.188 с. [Zaramenskih E., Artem ev I. Internet veshhej. Issledovanija i oblast primenenija. Moscow, 2017, 188 p. (in Russ.)].
6. Фремонт Филипп. «Интернет вещей»: сложное становится доступным. http://controlengrussia.com/ internet-veshhej/visible-things
7. Кучерявый А. Е., Кучерявый Е. А., Прокопьев А. В. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич. 2011. 312 с.
8. U.T.Aliev. Simsiz IoT tizimlari. Darslik.“Metodist nashriyoti”. Toshkent-2024.

ISSN 3030-3907

-276b.
9. Сорокин И.А., Романов П.Н., Чесноков А.Д., перспективы объединения технологии PLC и WI-FI для высокоскоростного доступа в интернет. Международный научный журнал «инновационная наука» №6/2016 issn 2410-6070
10. White Paper: Comparison of Access Technologies. — OPERA Consortium, 2019 (www.ist-opera.org).
11. Pablo Gagliardo. Take advantage of power line communications in nextgen home networking & IPTV designs. — CommsDesign. 2019 (http://www.commsdesign.com/article/printableArticle.jhtml?articleID=217300850).
12. X-10 Communications Protocol and Power Line Interface PSC04&PSC05 (ftp://ftp.x10.com/pub/manuals/technicalnote.pdf). https://ambiot.io/blog/loraplc
13. Охрименко В. PLC-технологии. // Электронные компоненты. 2019. №10. с. 58-62.

ISSN 3030-3907