

## LoRaWan TARMOQNING OXIRGI QURILMALARI O‘ZIGA XOS XUSUSIYATLARI

M. Sultonova

**Muhammad al-Xorazmiy nomidagi**

**Toshkent axborot texnologiyalari universiteti**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18977158>

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada LoRaWAN texnologiyasidagi tarmoq turli sinfdagi qurilmalarning ishlash rejimi, oxirgi tugunlari uchun ayrim simsiz modullarning va bazaviy stansiyalarining tashqi ko‘rinishi, shlyuzning radiochastota va parametrlarining xos xususiyatlari keltirilgan.

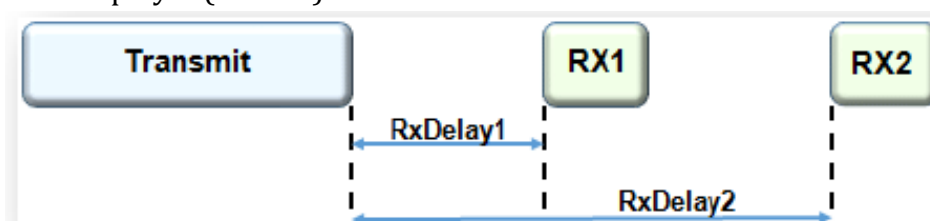
**Kalit so‘zlar:** Server, ma’lumot, simsiz tarmoq, abonent, signal so‘nishi, sinf, radiochastota.

Oxirgi qurilmalar (oxirgi tugunlar, end- node) o‘lchash, boshqarish va nazorat qilish, ham oxigi nuqtalardan serverga, ham teskari yo‘nalishda ma’lumotlarni ikki tomonlama almashlash funksiyalarini bajaradigan elementlar hisoblanadi.

LoRaWan tarmog‘ining IoT/M2M abonentlar qurilmalari ma’lum bir jadvalga muvofiq faqat qisqa vaqt ichida ma’lumotlarni uzatadigan va uchta sinflarga bo‘linadigan sensorlar yoki datchiklar hisoblanadi. Har bir sinf mo‘ljallangan maqsad bilan belgilanadigan o‘ziga xos xususiyatlarga ega.

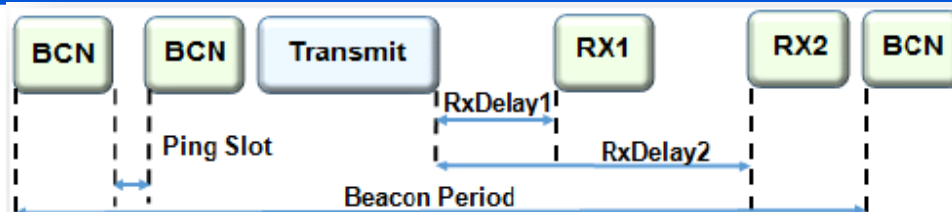
Tarmoq tugunlari uzatishni doimo olib bormaydi, balki berilgan grafik bo‘yicha ma’lum vaqt oraliqlarida uzatadi. Qolgan vaqtlarda ularning transiverlari noaktiv holatda (kutish rejimi) yoki serverdan javobni olish uchun qabul qilish rejimida bo‘ladi, ishlash rejimi qurilmaning sinfiga (A, B yoki C) bog‘liq:

- A sinfdagi qurilmalar eng past energiya iste‘moliga ega va shuning uchun amalda eng keng tarqalgan. Almashlashni uyushtiruvchi (initsiator) sifatida oxirgi tugunning o‘zi qatnashadi. U o‘z xabariga serverdan olishni tasdiqlashni (tasdiqlashsiz xabar) talab qilmaydi. Serverdan ma’lumotlarni oxirgi tugunga teskari uzatish tugun faqat aloqaga chiqishida mumkin bo‘ladi, bu momentgacha server faqat ma’lum manzillar uchun xabarlarni to‘playdi (1-rasm).



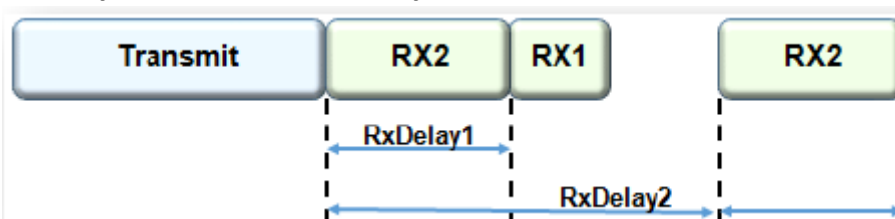
1- rasm. A sinfdagi qurilmalarning ishlash rejimi

- B sinfdagi qurilmalarning A sinfdagi qurilmalardan asosiy farqi qo‘shimcha qabul qilish oynasining ajratilishidan iborat, uni tarmoq tuguni jadval bo‘yicha ochadi. Buning uchun oxirgi qurilmalar o‘z ichki vaqtini tarmoq vaqti bilan ular B Sdan muntazam oladigan maxsus signallar yordamida sixronlashtiradi. Oldindan ma’lum bo‘lgan qabul qilish oynasining ochilishi momentida server xabarlarni uzatishni boshlashi mumkin (2-rasm).



2- rasm. A sinfdagi qurilmalarning ishlash rejimi

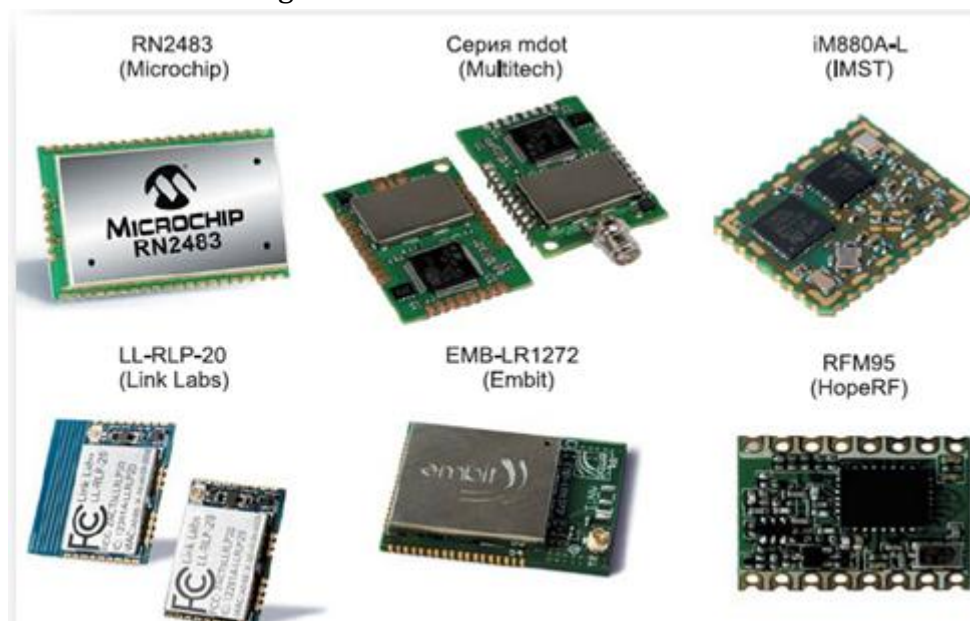
- C sinfdagi qurilmalar deyarli uzluksiz bo'lgan, faqat qisqa vaqtli ma'lumotlarni uzatish davrida yopiq bo'ladigan maksimal qabul qilish oynasi bilan xarakterlanadi. Server istalgan vaqtda almashlashni uyushtirishi va paydo bo'lishi bilan xabarlarni eng kichik kechikishlar bilan tugunlarga uzatishi mumkin. Bu oxirgi qurilmalar turi katta ma'lumotlar hajmlarini olish kerak bo'ladigan masalalar uchun to'g'ri keladi, eng ko'p energiya iste'moliga ega (A va B sinflardagi qurilmalarga qaraganda), shuning uchun odatda batareyali ta'minot ishlatilmaydi.



3-rasm. S sinfdagi qurilmalarning ishlash rejimi

LoRaWan texnologiyasining keng tarqalishi bilan o'z modemlari variantlarini taklif etadigan ishlab chiqaruvchilar soni ham ortmoqda. Tarmoq tugunlari uchun ishlab chiqariladigan modullarning eng keng tarqalgan versiyalarining tashqi ko'rinishlari 3-rasmda keltirilgan.

LoRaWan tarmog'ining oxirgi tuguni o'z tarkibida berilgan chastota uchun zarur passiv bog'lanishli qabul qilgich-uzatkich va LoRaWan protokoli stekini saqlash uchun alohida mikrokontrollerni birlashtiradigan simsiz moduldan iborat



4-rasm. LoRaWan tarmog'i oxirgi tugunlari uchun ayrim simsiz modullarning tashqi ko'rinishi bazaviy stansiyalarining tashqi ko'rinishi

LoRaWan tarmog'ining bazaviy stansiyalari (Shlyuzlari, konsentratorlari) tarmoqning oxirgi qurilmalari va markaziy serveri orasida standart IP-bog'lanishni tashkil etish yo'li bilan Ethernet, Wi-Fi, GSM yoki boshqa telekommunikatsion kanallar yordamida xabarlar retranslyasiya qilish ochiq ko'prigini shakllantiradi. Kerakli kanal sig'imi o'rnatish joyiga bog'liq ravishda turli shlyuzlar versiyalari mavjud, ular ham binolarning ichida, ham minoralarga yoki binolarga o'rnatilishi mumkin.

LoRaWan texnologiyasining katta afzalligi abonentlar qurilmalar va BS uchun yechimlarning arzonligi, oddiyliigi va absolyut simmetrikligi hisoblanadi. UNB-tizimlardan farqli ravishda bir kanalli BSni SX127x turkumdagi transiver va mos dasturiy ta'minotli boshqarish mikrokontrolleri bog'lamasidan yig'ish mumkin va bu ko'plab monitoring qilish masalalari uchun etarli bo'ladi.

Abonentlar qurilmalarining yuqori zichligili tarmoqlarda shlyuzlar sifatida bir vaqtda ko'plab tugunlardan ma'lumotlarni qabul qiladigan bir necha apparatli demodulyatorlarli maxsus ko'p kanalli konsentratorlar qatnashadi. To'laqonli BSlar uchun Semtech kompaniyasi 49 ta «virtual» demodulyatorlarga ega bo'lgan SX1301 chipini taklif etadi. «Virtual» demodulyatorlar deganda to'qqizta fizik demodulyatorlarga ega bo'lgan murakkab sxema ko'zda tutiladi, bunda bitta demodulyator qayd etilgan SF (Spreading Factor) koeffitsientida ishlaydi, qolgan sakkizta demodulyatorlardan har biri efirdan olingan istalgan SF koeffitsientida va yana o'z chastotasida ishlaydi. SX1301 IS murakkab tashqi bog'lanishni talab qiladi (unda integratsiyalangan radiotrakt yo'q) va faqat ishlab chiqaruvchining o'zi tomonidan to'g'ridan-to'g'ri sotiladi.

Shlyuzning radiochastota qismi uchun kompaniya tomonidan SX1257 transiveri taklif etiladi. Bu bog'lama odatda ommaviy ishlab chiqariladigan LoRaWan BSlarida ishlatiladi. 5-rasmda alohida modellarning tashqi ko'rinishi keltirilgan.

Multitech kompaniyasining MultiConnect Conduit konfiguratsiyalanadigan shlyuzi tez moslashuvchan va masshtablashtiriladigan yechimdan iborat, unda mCard turkumdan qo'shimcha modullarni o'rnatish yo'li bilan bir tomondan 4G-LTE, 3G, 2G, Ethernet, boshqa tomondan Wi-Fi, GNSS, Bluetooth, RS-232, LoRaWan orasidagi ko'prik tashkil etiladi. Link Labs kompaniyasining LL-BST-8 bazaviy stansiyasi quyidagi parametrlarli bitta platali kompyuter asosida tayyorlanadi:

- 800 MGs takt chastotasili AMD x64 protsessori;
- 2 Gbayt o'lchamli RAM;
- gigabit Ethernet;
- o'rnatilgan SSD;
- ona plataga mini-PCIe biriktirgich orqali ulangan SX1301 ISli modul.

Calao Systems kompaniyasidan Toti-LoRa-pico Shlyuzi DIN-qatorga mahkamlash uchun mo'ljallangan anodlangan metall korpusda bajarilgan. Ishchi haroratlar diapazoni -20...+70 °S. Boshqarish qismi asosida Raspberry Pi yotadi.

Kerlink kompaniyasidan WirNet turkumdagi bazaviy stansiya binolardan tashqarida ishlatish imkoniyati bilan ajralib turadi va turli chastotalar dipazonlariga mo'ljallangan.



5-rasm. LoRaWan alohida bazaviy stansiyalarining tashqi ko‘rinishi

IP67 himoya sinfli suv o‘tkazmaydigan korpuslarda ishlab chiqariladi, ular asosan baland binolarning tomlariga va antennalar machtalariga o‘rnatiladi. Hozirgi vaqtda yirik Loriot, Orbiwise, Stream Technologies, The Things Network provayderlari tarmoqlarida testlangan va CE/FCC/IC/KCtalablariga moslikka sertifikatlashtirilgan shlyuzlarning to‘rtta variantlari taklif etilmoqda.

#### **ХУЛОСА**

Turli sinfdagi qurilmalarning LoRaWAN texnologiyasi tarmoq‘idagi ishlash rejimlari, oxirgi tugunlari uchun bazaviy stansiyalarining va ayrim simsiz modullarning ishlashi, shlyuzning radiochastota va parametrlarining xos xususiyatlari, shuningdek afzalliklari ko‘rib chiqildi.

#### **Adabiyotlar, References, Литературы:**

1. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yilning 18 yanvaridagi O‘zbekiston Respublikasida “Aqli 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. Невструев И.А., Арсеньев А.В., Перегняк А.Е. структура сетей доступа при передаче информации по электрическим сетям. научный журнал ВЕСТНИК МГУС 2018 / № 1
4. Goldberg. “EMC PROBLEMS OF POWER LINE COMMUNICATION (PLC) SYSTEMS”. 2021
5. U.T.Aliev. Simsiz IoT tizimlari. Darslik. “Metodist nashriyoti”. Toshkent-2024. -276b.