

ENERGIYA SAMARADORLIGIGA ASOSLANGAN MARSHRUTLASH PROTOKOLLARINI SIMSIZ SENSORLI TARMOQLARDA QO'LLASH ISTIQBOLLARI

Toshkent amaliy fanlar universiteti kompyuter injiniringi kafedrası dotsenti Kamborov K.N.

Annatasiya: *Simsiz sensorli tarmoqlarda resurslarni boshqarishda qo'llaniladigan marshrutlash protokollarining energiya istemolini tejash hamda tarmoqning ishlash muddatini uzaytirish uchun foydalaniladigan protokollarni taqqoslash masalasi o'rganib chiqilgan. Marshrutlash protokollari aniqlangan hodisalar haqidagi ma'lumotlarni uzatish yo'llarini topish masalalari ko'rib chiqilgan. Marshrutlash protokollari sensorli tugunlarning ishlashi qiyin bo'lgan muhitga qaramay, tarmoqning ishlash muddatini uzaytira olishi ko'rib chiqilgan. Sensorli tarmoqning ishlash muddatini yaxshilash uchun ishlatilgan turli xil echimlar taqdim etilgan. Shuningdek, tarmoqni energiya sarfi, sezish va tarmoqdagi hodisalarni tahlil qilish bo'yicha modellashga qaratilgan. Buning uchun marshrutlash protokollari statik, mobil va boshqa xatti-xarakterlar modellariga mos qilingan. Maqolada tanlangan marshrutlash protokollarining modellari, simulyatsiyalari va ularning ishlash jarayoni bo'yicha taqqoslash amalga oshirilgan.*

Kalit so'zlar: *Simsiz sensor tarmoq, sensor moduli, bosh tugun, lokallashtirish, marshrutlash protokollari, sensorli tugun, radio chastota, marshrutlash formulalari, quvvat manbayi, prosesor.*

Dunyoda bo'layotgan gijosiysi vaziyatlar shuni ko'rsatmoqdaki, zamon talabiga asosan telekommunikatsiya tarmoqlarida ro'y beradigan barcha hodisa va voqiya o'zgarishlarni monitoring qilish asosiy muommalardan biri hisoblanmoqda. Shu sababli telekommunikatsiya tarmoqlarini qurishda tugunlardagi barcha hodisalarni bilish uni monitoring qilish muhim masala hisoblanadi. Bu masalani hal qilish uchun simsiz sensor tarmoqlaridan foydalanib, aloqa sifati, qo'riqlash, ma'lumotlar o'tishi, tabii hodisalar va aloqani o'rnatishda tezkorlikni amalga oshirish uchun foydalanish mumkin.

Mis kabellardan ko'ra, simsiz sensorli texnologiyalardan foydalanib obektlar joylashgan hududlarda ishonchli va xavfsiz tarzda atrof muhitda bo'layotgan va ma'lumot uzatish jarayonlarini aniqlash imkoniyatini yaratadi. Telekommunikatsiya tizimlarida raqamli ma'lumotlarni o'tkazish qobiliyati yuqori hisoblanib, texnologik jarayonlarni boshqarish darajasini takomillashtirish, xavfsizlikni ta'minlash, energiya tejamkorligiga erishish hamda ma'lumotlar almashish imkoniyatlarini kengaytirish mumkin.

Simsiz texnologiyalar asosida tarmoqni tashkillashtirishning bir nechta qulayliklari mavjud. Masalan tarmoqni qayta qurish va qo'shimcha qurilmalar qo'shish, ortiqcha kuch sarflanmasligi, eng muhimi samarali va tezkor tarmoqni yaratishda ortiqcha xarajat ketmaydi. Simli texnologiyalar asosida tarmoqni tashkillashtirishdan ko'ra simsiz texnologiya asosida tarmoqni hosil qilish samarali va qulay hisoblanadi. Simli texnologiyalar asosida tarmoqni qurishda turli xil qiyinchiliklar yuzaga kelishi mumkin. Masalan, kabellarning joylashishi, binolarning arxitekturalik tuzilmasi buzilishi mumkin. Simli texnologiyalarga turli xil optik, UTP, FTP, STP va koaksial kabellar kiradi. Ushbu kabellarni montajini joylashtirishda turli xil qiyinchiliklar yuzaga kelishi mumkin. Simsiz texnologiya asosida tarmoqni qayta qurish qulay imkoniyat yaratadi. Ushbu texnologiyalar asosida tarmoqni tashkillashtirilganda kompyuterning maxsus dasturlaridan foydalanib tarmoqning qayerida nasozliklar borligini aniqlash mumkin bo'ladi.

Simsiz sensor tarmog'i fazoviy maydonda tarqalgan ko'p sonli tugun manziliga ega simsiz sensor qurilmalarining yug'indisi hisoblanadi. Tugun manziliga ega sensorlar ma'lumotlarni generatsiya qilish orqali sensorlar o'rtasida o'zaro bog'lanishni amalga oshiradi. Oxirgi

foydalanuvchi va administrator ma'lumotlar haqida kuzatish va ma'lum bir muhitda bo'layotgan voqealarni aniqlash mumkin. [1]

Simsiz sensorli tugunlar atrof-muhitdagi vaziyatlarni yoki boshqa parametrlarni masalan havo sifat ko'rsatgichi, harorati, tovushlarni, bosim va namlik o'lchamlarini qayta ishlash uchun umumiy bazaga yuboradi.

Tarmoq protokollari orqali sensor tugunlari keng maydonli mesh topologiyasini yaratishga va kibermakonni amaliy dunyoga ulash imkonini beradi.

Sensor moduli sensorni o'rab turgan atrof-muhit parametrlarini o'lchaydi va atrof-muhit energiyasini elektr signallariga aylantiradi. Sensor yaqinida sodir bo'layotgan hodisalar haqidagi ma'lumotlarni protsessor moduli qayta ishlaydi va ma'lumotlar radio uzatgich orqali belgilangan tugunga uzatiladi.

Texnologik taraqqiyotda rivojlanish bo'layotgani sababli, sensor qurilmalarining o'lchami va tan narxida pasayish bo'lganligi ko'zga tashlanmoqda. So'ngi yillarda ma'lumotlarni to'plash, sezish, xarakatlarni nazorat qilish va bir necha parametrlarni aniqlash uchun sensorlardan foydalanilgan tatqiqotlar amalga oshirilmoqda. Sensorli tarmoqlarda ma'lumotlar simsiz aloqaning maxsus havolalari yordamida amalga oshiriladi. [3]

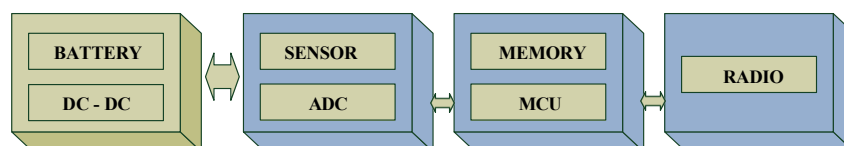
Simsiz sensor tarmog'i (WSN) maqsadli tarzda tashkillashtirilgan IP manzillarga, sozlash va ma'lumotlarni yig'ish imkoniyatiga ega kichik tugunlardan iborat tarmoq hisoblanadi. Bu tarmoq global tarmoqlarga ham bog'lanish imkoniyatiga ega bo'ladi.

WSN ilovalari quyidagi imkoniyatlarga ega bo'lish mumkin, masalan jang maydonini kuzatish, atrof-muhit monitoringi, ofatlar bo'lgan joyni aniqlash va qutqarish, aniq va aqlli qishloq xo'jaligi, tibbiyot va sog'liqni saqlash masalasi, atrof-muhitga zarar etkazadigan binolar, transport nazorati va ob'yektlarni kuzatishni o'z ichiga oladi, lekin bular bilan cheklanmaydi. Atrof-muhit monitoringiga misollardan biri ob'yektlarini kuzatish xavfsizligi va joylashishini ta'minlash uchun har qanday tendentsiyalarni kuzatib borish mumkin. WSNlar simli tarmoqlarga qaraganda minimal xarajatlar bilan joylashtiriladi. Ular o'zlari joylashtirilgan muhitdagi o'zgarishlarga dinamik ravishda moslasha oladi hamda tarmoqdagi topologik o'zgarishlarga moslasha oladi. Simsiz sensorli tarmoqni yaratish uchun kerak bo'ladigan asosiy qismlar quyidagilar hisoblanadi:

1. Sensor moduli
2. Prosessor moduli
3. Quvvat manbai moduli
4. Transiver

Ilovaga qarab aktuatorlar, analog-raqamli o'zgartirgichlar (ADC) va monitorlar qo'shilishi mumkin.

Quvvat modeli sensor moduli prosessor moduli transiver



1-rasm. Simsiz sensorli tugunni yaratuvchi turli elementlar

Simsiz aloqa tarmog'i maxsus sharoitlarga asosan shakllantiriladi, sensorli tugun ilovalarining ko'pchiligi tegishli moslashuvlarsiz bog'lana oladi. [3]

Sensor tugunlari uchun quvvat manbai batareya hisoblanib, ayniqsa sensor tugunlari dasturlashtirilgan davrda inson aralashuvisiz uzoq vaqt ishlashi zarur bo'ladi, buning uchun

batareyalar qayta zaryadlanishi quyosh paneli yoki radio chastotalar orqali avtomatik ravishda amalga oshiriladi. [2]

Simsiz sensorli tarmoqlarni loyihalashda resurslarni ehtiyotkorlik bilan boshqarish asosiy muammo hisoblanadi. Bunga radio optimallashtirish, ma'lumotlarni qisqartirish, uyqu yoki uyg'onish usullari, energiya tejamkor marshrutlash protokollari, energiya yig'ish va energiya tejash usullari orqali erishish mumkin.[4]

Simsiz sensorli tugunlarning maqsadi sensor kuzatuv maydonidagi ma'lumotni aniqlash, ma'lumotlarni hisoblash va radio modul orqali markaziy nuqtaga yo'naltirishdan iborat.[2]

Ushbu tadqiqot sensor tugunlari va asosiy tugunlar o'rtasida ma'lumotlarni uzatish uchun zarur bo'lgan energiya tejavchi marshrutlash protokollar yordamida energiya tejash imkoniyatiga erishish holatiga qaratilgan. Shunday qilib, simsiz sensorli tarmoqlarni turli xil holatda loyihalash vaqtida marshrutlash protokollarining energiya samaradorligi hisobiga yuzaga kelishi mumkin bo'lgan moslashuvlarga mos bo'lishi kerak. Simsiz sensorli tarmoqlar ijtimoiy sharoitlar va vaziyatlarning ko'plab kerakli holatlarini ochib beradi.[5,6]

Sensor tarmog'i joylashuv muhitiga bog'liq bo'lgan tarmoq arxitekturasiga, tabiiy shart-sharoitlarning aloqa yo'nalishlariga bo'lgan ta'siriga, shuningdek, tarmoq trafigining o'tkazish qobiliyatiga bog'liq bo'lishi mumkin. O'z-o'zini tashkil qilish qobiliyati jamlamali intellekt deb ataladi. Hozirgi vaqtda bir nechta komponentlar mavjud. O'z-o'zini boshqaruv tizimini tashkil etish orqali hamkorlikdagi xatti-harakatlarning sifati aniqlanadi. Jamlamali intellektni muhandislar moslashuvchan, mustahkam, o'z-o'zini ta'minlaydigan xususiyatlarni namoyish qiluvchi tarqoq tizimlarning pastdan yuqoriga bog'lanishi deb izohlaydi.

Simsiz sensorli tarmoqlarda - ma'lumotlar va so'rovlarni manba tugunidan bosh tugunga o'tkazish usuli muhim omil hisoblanadi. [1]

Zamonaviy texnologiyalar taraqqiyoti bilan bir qatorda simsiz aloqa vositalari va sensor qurilmalarning ham ahamiyati oshib bormoqda. Simsiz sensor tarmoqlari (Wireless Sensor Networks, WSN) - atrof-muhitni kuzatuvchi, ma'lumot yig'uvchi va uzatuvchi kichik, resursga cheklangan sensor tugunlardan tashkil topgan tarmoq turidir. Simsiz sensor tarmoqlari (WSN) atrof-muhit, sog'liqni saqlash, harbiy, sanoat va boshqa ko'plab sohalarda qo'llanilmoqda. Ushbu tarmoqlar cheklangan resurslarga ega bo'lgani sababli, ularning samarali ishlashi ko'p jihatdan marshrutlash protokollariga bog'liq. WSNlarda ma'lumot uzatish samaradorligini oshirish uchun ishonchli, moslashuvchan va energiyaga tejamkor marshrutlash protokollarini ishlab chiqish muhim hisoblanadi. [9]

Simsiz sensor tarmog'i ko'plab kichik, energiyaga tejamkor sensor tugunlardan tashkil topgan tarmoqdir. Har bir tugun:

- atrof-muhitni kuzatadi;
- to'plangan ma'lumotni boshqa tugunlarga yoki boshqaruv markaziga (sink) yuboradi;
- ko'pincha cheklangan batareya, hisoblash quvvati va xotiraga ega bo'ladi.

Simsiz sensor tarmoqlarda ma'lumotlar almashinuvi samarali bo'lishi uchun mos keladigan marshrutlash (routing) protokoli tanlanadi. Ularni uchta asosiy toifaga ajratiladi:

1. Ma'lumotga yo'naltirilgan (Data-centric) protokollar

Bu protokollar tugunlar tomonidan yuboriladigan ma'lumotlarga asoslanadi. Sensorlar har doim yangi ma'lumotlarni yig'ib, markaziy nuqtaga yo'llaydi.

- SPIN (Sensor Protocols for Information via Negotiation). Har bir tugun bir xil holatda tarmoqda ma'lumot almashadi.

- Directed Diffusion. Ma'lumotlar qidiruv asosida kerakli manzilga uzatiladi. Afzalligi esa moslashuvchan, ma'lumotlarni filtrlash mumkin. Kamchiligi qo'shimcha kechikishlar, tarmoqdagi yuk ortishi hisoblanadi. [11]

2. Ierarxik protokollar

Sensor tugunlar guruhlariga ajratiladi va har bir guruhda klaster boshlig'i tanlanadi. Ma'lumotlar avval klaster boshlig'iga, so'ngra markaziy nuqtaga yuboriladi.

- LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy). Klaster asosida ishlaydi. Har bir vaqt oralig'ida yangi klaster boshlig'i tanlanadi. Uning afzalligi energiya iste'molini kamaytiradi, tarmoq umrini uzaytiradi. Kamchiligi esa tasodifiy tanlash sababli optimal bo'lmagan marshrutlar hosil bo'lishi mumkin. [7]
- TEEN (Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol). Harorat, bosim kabi o'zgarishlar aniq chegaralarga yetgandagina uzatish sodir bo'ladi. Uning afzalligi favqulodda holatlarda tez reaksiyaga kirishida va energiyani tejash funksiyasiga ega.

Kamchiliklari esa doimiy monitoring talab qilinadigan holatlarda samarasiz. [10]

3. Joylashuvga asoslangan protokollar

Sensor tugunlarning fizik joylashuvi asosida marshrutlash amalga oshiriladi. Bu turdagi protokollar GPS yoki boshqa lokalizatsiya tizimlaridan foydalanadi.

GAF (Geographic adaptive fidelity) va GPSR (Greedy perimeter stateless routing). Sensor tugunlar joylashuv ma'lumotiga asoslanadi.

Marshrutlashdagi asosiy muammolar

Simsiz sensor tarmoqlarda marshrutlash jarayonida quyidagi muammolar yuzaga keladi:

Energiya tejash: Sensor tugunlarning ishlashi batareya quvvatiga bog'liq. Protokollar minimal energiya sarflaydigan yo'nalishlarni aniqlashi kerak. Buni davomiylikni oshirish uchun quyosh panelidan yoki radiochastotalar orqali zariyadlashni amalga oshirish choralari ko'rilishi kerak.

-Tarmoq barqarorligi: Ba'zi tugunlarning erta o'chib qolishi tarmoq segmentlarini ishdan chiqarishi bundan tashqari tugunlar soni ortgan sari tarmoq samaradorligi pasayishi mumkin. Samarali marshrutlash protokolidan foydalanish zarur bo'ladi.

• *Topologiyaning o'zgaruvchanligi:* Tarmoqdagi tugunlar harakatlanadigan yoki yo'qolib qoladigan holatlar uchun moslashuvchanlik zarur. Tarmoqdagi tugunlar har xil sabablarga ko'ra faoliyatdan chiqishi mumkin.

• *Yuklamaning notekis taqsimoti:* Ba'zi tugunlar haddan tashqari yuklanishi natijasida tez ishdan chiqadi. Bundan tashqari uzoq yoki murakkab yo'nalishlar orqali ma'lumot yuborish vaqtini oshiradi. Shu sababli ma'lumotlarni to'plashda muammolar hosil bo'ladi.

Simsiz sensor tarmoqlarida marshrutlash protokollarining energiya tejamkorligi, kechikishi, moslashuvchanligi taqqoslab chiqildi. Taqqoslash maboynda quyidagi natijalarga erishildi. [8]

1-jadval.

Marshrutlash protokollarining qiyosiy taxlili

Protokol	Energiya tejamkorlik	Kechikish	Moslashuvchanlik	Qo'llanilishi
LEACH	Yaxshi	O'rtacha	Past	Oddiy monitoring

Protokol	Energiya tejamkorlik	Kechikish	Moslashuvchanlik	Qo'llanilishi
TEEN	Yaxshi	Past	O'rtacha	Favqulodda holatlar
PEGASIS	Juda yaxshi	Yuqori	Past	Statik tarmoqlar
GPSR	Juda yaxshi	Yuqori	Yuqori	Statik tarmoqlar
Diffusion	O'rtacha	Yuqori	Yaxshi	Murakkab tarmoqlar
SPIN	O'rtacha	Yuqori	Yuqori	Murakkab tarmoqlar

Ma'lumot uzatish - WSNning asosiy funksiyasi bo'lib, uning samaradorligi ma'lumotlar uzatishning ishonchliligi va energiya samaradorligiga bog'liq.

Sensor tarmoqlarda ma'lumot uzatish asosan quyidagi omillarga bog'liq:

- Tugunlar orasidagi masofa;
- Tugunlarning energiya sarfi;
- Kanal bandligi va kechikishlar;
- Yo'llash (routing) protokollari.

Sensor tugun tomonidan ma'lumotni uzatishda va qabul qilishda quyidagi formulalar ishlatiladi: [12]

Simsiz sensor tarmoqlarida ma'lumot uzatishda foydalaniladigan asosiy formulalar bir nechta omillarga bog'liq bo'ladi:

Energiya sarfiga, masofaga, uzatish quvvatiga, vaqtiga va ma'lumot miqdoriga.

Quyida eng ko'p ishlatiladigan formulalardan ba'zilarini ko'rib chiqamiz.

Simsiz sensor tarmoqlarida ma'lumot yuborish uchun energiya sarfi quyidagi formula bilan ifodalanadi. 1-formula energiya sarfi formulasi.

$$E_{tx}(kd) = E_{elec} * k + \epsilon_{amp} * k * d^n \quad (1)$$

Bu yerda:

E_{tx} -uzatish uchun umumiy energiya (joules);

E_{elec} - elektron qurilma energiya sarfi (bit);

ϵ_{amp} – kuchaytirgich energiyasi (joule/bit/mⁿ);

k - uzatilayotgan bitlar soni;

d - yuboruvchi va qabul qiluvchi orasidagi masofa (metr);

n - masofaga bog'liq ekeponent (odatda 2 yoki 4, atrof-muhitga qarab).

Qabul qilish vaziyatida elektronika ishlatiladi: 2-formula qabul qilish formulasi

$$E_{tx}(k) = E_{elec} * k \quad (2)$$

Umumiy energiya sarfi: 3-formula umumiy energiya sarfi formulasi.

$$E_{total} = E_{tx} + N \quad (3)$$

Agar uzatish tezligini hisoblamogchi bo'lsak, Shannonning formulasi qo'llaniladi.

4- formula uzatish tezligini aniqlash formulasi.

$$C = B * \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right) \quad (4)$$

XULOSA

Simsiz sensor tarmoqlarda marshrutlash protokollari tarmoq samaradorligi va yashash davomiyligini belgilovchi muhim omildir. Har bir protokol ma'lum bir holat uchun samarali bo'lib, qo'llanilish sohasi, energiya sarfi va tarmoq topologiyasiga qarab tanlanadi. Energiya tejash, topologiyaga moslashish va yuklamani balanslashtirish - zamonaviy protokollarning asosiy mezonlaridir. Kelgusida mashinaviy o'rganish asosidagi moslashuvchan protokollar tarmoq ishlashini yanada takomillashtirishi mumkin.

Marshrutlash protokollarini tanlashda tarmoqning maqsadi, tugunlarning soni, energiya cheklovlari va kechikishga bo'lgan talablar hisobga olinadi. LEACH kichik monitoring tarmoqlarida, PEGASIS statik va uzoq ishlovchi tarmoqlarda, TEEN favqulodda holatlar uchun, Directed Diffusion esa ma'lumot asosida marshrutlash zarur bo'lgan tizimlar uchun maqbul hisoblanadi. Kelajakda sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish asosida moslashuvchan va energiyaga samarador marshrutlash usullari ishlab chiqilishi kutilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

- [1] Akkaya K., Younis M. "A survey on routing protocols for wireless sensor networks", Ad Hoc Netw. 3 (3) (2005) 325–349.
- [2] Akyildiz I.F, Su W., Sankarasubramaniam Y., Cayirci E., "Wireless sensor networks": a survey, Comput. Network. 38 (4) (2002) 393–422.
- [3] Zungeru A.M., Ang L.M., Seng K.P., "Classical and swarm intelligence based routing protocols for wireless sensor networks": a survey and comparison, J. Netw. Comput. Appl. 35 (5) (2012) 1508–1536.
- [4] Rault T., Bouabdallah A., Challal Y., "Energy efficiency in wireless sensor networks: a top-down survey", Comput. Network. 67 (2014) 104–122.
- [5] Bilal S., et al., "3D weighted centroid algorithm & RSSI ranging model strategy for node localization in WSN based on smart devices", Sustain. Cities Soc. 39 (September 2017) (2018) 298–308.
- [6] Saleem M., Di Caro G.A., Farooq M., "Swarm intelligence based routing protocol for wireless sensor networks": survey and future directions, Inf. Sci. (N.Y) 181 (20) (2011) 4597–4624.
- [7] Heinzelman W. B., Chandrakasan, Balakrishnan A. H. (2000). "Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks" Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences.
- [8] Lindsey S., Raghavendra C. S., (2002). "PEGASIS: "Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems" IEEE Aerospace Conference Proceedings.
- [9] Akyildiz I., Su F., Sankarasubramaniam W., Cayirci Y.E., (2002). "Wireless sensor networks: a survey" Computer Networks, Elsevier.
- [10] Manjeshwar A., Agrawal D. P., (2001). "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks" Proceedings of the 15th International Parallel and Distributed Processing Symposium.



[11]. Intanagonwiwat C., Govindan R., Estrin D. (2000). “Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks” Proceedings of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom).

[12] Karl H., Willig A. (2005). “Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks” John Wiley & Sons.

[13] Holder Karl, Andreas Willig “Protocols and Architedures for Wireless Sensor Network”. John Wiley, sons 2005.