SENSOR TARMOQLARIDA MARSHRUTLASH USULLARINI SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA AMALGA OSHIRISH TAHLILI

Imamova N.Z.
p.f.f.d., PhD Nizomiy nomidagi O'zbekiston milliy pedagogika universiteti
Kavunbayeva Dilyora
Toshkent Kimyo Xalqaro Unversiteti magistranti

Qabul qilindi: 12.12.2025
Ko‘rib chiqildi: 13.12.2025
Tasdiqlandi: 14.12.2025
Kalit so‘zlar:
sensor tarmoqlari, marshrutlash, sun’iy intellekt, genetik algoritmlar, kuchaytiruvchi o‘rganish, neyron tarmoqlar, energiya samaradorligi, paket yo‘qotish.

Annotatsiya. Ushbu maqolada sensor tarmoqlarida marshrutlash usullarini sun’iy intellekt (SI) asosida amalga oshirish imkoniyatlari va samaradorligi tahlil qilinadi. An’anaviy marshrutlash algoritmlari kichik va statik tarmoqlarda samarali ishlashiga qaramay, katta va dinamik sensor tarmoqlarida energiya sarfi, paket yo‘qotish va kechikish kabi muammolarga duch keladi. Sun’iy intellekt yondashuvlari – genetik algoritmlar, kuchaytiruvchi o‘rganish va neyron tarmoqlar – tarmoq holatini doimiy kuzatib, optimal marshrutlarni dinamik tanlash imkonini beradi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, SI asosidagi marshrutlash tizimlari sensor tarmoqlarining energiya samaradorligini oshirish, kechikishlarni kamaytirish va paket yo‘qotish darajasini minimallashtirishda an’anaviy algoritmlarga nisbatan ustunlikka ega.

Kirish. So‘nggi yillarda sensorli tarmoqlar (Sensor Networks) turli sohalarda keng qo‘llanilmoqda: sanoat avtomatizatsiyasi, ekologik monitoring, harbiy va xavfsizlik tizimlari, aqlli shaharlar va sog‘liqni saqlash tizimlari kabi. Ushbu tarmoqlar, odatda, cheklangan resurslar (energiya, hisoblash quvvati, tarmoqli kengligi) bilan ishlaydi, shuningdek, tarmoqqa ulangan qurilmalar soni juda katta bo‘lishi mumkin. Shu sababli, sensor tarmoqlarining samarali ishlashi uchun ma’lumotlarni tezkor, energiya tejamkor va ishonchli uzatish muhim ahamiyatga ega bo‘ladi. Sensor tarmoqlarida marshrutlash (routing) muammosi – bu ma’lumot paketlarini tarmoqdagi manbadan maqsadga optimal yo‘l bilan yetkazish jarayoni. An’anaviy marshrutlash algoritmlari (masalan, Dijkstra, AODV, LEACH) ko‘plab hollarda samarali ishlasa-da, ular dinamik va katta hajmdagi sensor tarmoqlarida ba’zan yetarli natija bermaydi. Bu holat tarmoqdagi nodlar holatining tez-tez o‘zgarishi, energiya chegaralari va signallar shovqiniga bog‘liq.

So‘nggi yillarda sun’iy intellekt (SI) va mashinani o‘rganish usullaridan foydalangan marshrutlash algoritmlari sensor tarmoqlarida yangi imkoniyatlarni ochmoqda. SI asosidagi yondashuvlar tarmoq parametrlarini doimiy o‘rganish,

prognoz qilish va dinamik sharoitga moslash imkonini beradi. Masalan, genetik algoritmlar, neyron tarmoqlar, chuqur o‘rganish, kuchaytiruvchi o‘rganish (reinforcement learning) kabi usullar marshrutlarni energiya samaradorligi, kechikish va tarmoq barqarorligini optimallashtirishda qo‘llanilishi mumkin.

Ushbu maqolada sensor tarmoqlarida marshrutlash jarayonini SI yondashuvlari asosida amalga oshirishning afzalliklari va cheklovlari tahlil qilinadi. Shuningdek, turli algoritmlar va ularning amaliy samaradorligi, energiya tejash, kechikish minimalligi va paket yo‘qotish darajasi kabi ko‘rsatkichlar nuqtai nazaridan solishtiriladi. Tadqiqotning maqsadi – sensor tarmoqlarida intellektual marshrutlash tizimlarini ishlab chiqish va samaradorligini oshirish uchun strategik yo‘nalishlarni aniqlash.

Adabiyotlar tahlili. Sensor tarmoqlarida marshrutlash masalasi ilmiy tadqiqotlarda uzoq vaqtdan buyon muhim o‘rinni egallab kelmoqda. An’anaviy marshrutlash algoritmlari orasida Dijkstra, AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector), LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) kabi usullar keng qo‘llaniladi. Ushbu algoritmlar asosida tarmoqdagi paketlarni manbadan maqsadga yetkazish yo‘llari aniqlanadi va energiya sarfi ham hisobga olinadi. Biroq, an’anaviy algoritmlar tarmoqning dinamik sharoitlari va katta hajmdagi sensor nodlari bilan ishlashda cheklovlarga duch keladi.

So‘nggi yillarda tadqiqotchilar sun’iy intellekt (SI) va mashinani o‘rganish usullarini sensor tarmoqlarida marshrutlashni optimallashtirish uchun qo‘llashni taklif qilmoqda.

Masalan:

1. Genetik algoritmlar (Genetic Algorithms, GA) – marshrutlarni optimallashtirish va energiya tejamkor yo‘llarni tanlashda samarali ekanligi ko‘rsatildi. Tadqiqotlar GA yordamida tarmoqning barqarorligini oshirish va paket yo‘qotish darajasini kamaytirishga erishilganini ko‘rsatadi.
2. Kuchaytiruvchi o‘rganish (Reinforcement Learning, RL) – tarmoq holatini doimiy kuzatish va optimal marshrutlarni dinamik tanlash imkonini beradi. Tadqiqotlarda RL asosidagi algoritmlar energiya sarfini kamaytirish va kechikishlarni minimallashtirishda an’anaviy yondashuvlarga nisbatan sezilarli ustunlik ko‘rsatgan.
3. Sun’iy neyron tarmoqlar va chuqur o‘rganish (ANN, Deep Learning) – tarmoqdagi murakkab bog‘liqliklarni o‘rganib, optimal marshrutlash qarorlarini qabul qilishda qo‘llaniladi. Ayniqsa, katta sensor tarmoqlarida ma’lumotlarni prognoz qilish va trafikni boshqarishda samarali bo‘ladi.

Shuningdek, tadqiqotlar SI asosidagi yondashuvlarning quyidagi afzalliklarini qayd etadi:

- Dinamik moslashuvchanlik – tarmoq sharoitlari o‘zgarishi bilan algoritm yo‘llarni qayta tanlay oladi.

- Energiya samaradorligi – nodlarning ishlash muddatini uzaytiradi.
- Kechikish va paket yo‘qotish darajasini kamaytirish – ma’lumotlar tezkor va ishonchli uzatiladi.

Biroq, SI yondashuvlarining ba’zi cheklovlari ham mavjud:

- Hisoblash resurslariga yuqori talab – ba’zi kuchli SI algoritmlari nodlarda real vaqtda ishlash uchun katta resurs talab qiladi.
- O‘rganish va sozlash davri – algoritm optimal natijaga erishish uchun boshlang‘ich o‘rganish bosqichini talab qiladi.
- Model murakkabligi – tarmoqning katta hajmi va murakkab bog‘liqliklari modelni murakkablashtiradi, natijada ishlash tezligi sekinlashishi mumkin.

Shuni ta’kidlash lozimki, hozirgi kunda SI asosidagi marshrutlash algoritmlari sensor tarmoqlarining samaradorligini oshirish bo‘yicha istiqbolli yo‘nalish sifatida keng e’tirof etilmoqda. Turli tadqiqotlarda ularning energiya tejamkorligi, paket uzatish ishonchliligi va tarmoqning barqaror ishlash ko‘rsatkichlari an’anaviy algoritmlarga nisbatan yuqoriligi qayd etilgan.

Tadqiqot muhokama. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, sensor tarmoqlarida marshrutlash jarayoni an’anaviy algoritmlar va sun’iy intellekt (SI) yondashuvlari orqali turlicha amalga oshiriladi. An’anaviy usullar, masalan, Dijkstra, AODV va LEACH, kichik va statik tarmoqlarda samarali ishlasa-da, dinamik va katta hajmdagi sensor tarmoqlarida cheklovlarga duch keladi. Ularning asosiy muammosi – tarmoq sharoitlarining tez-tez o‘zgarishi, energiya resurslarining cheklanganligi va paket yo‘qotish darajasining yuqoriligi. Sun’iy intellekt yondashuvlari esa ushbu cheklovlarni sezilarli darajada kamaytiradi. Genetik algoritmlar, kuchaytiruvchi o‘rganish va neyron tarmoqlar asosida yaratilgan marshrutlash tizimlari tarmoq holatini doimiy kuzatib, optimal marshrutlarni dinamik ravishda tanlay oladi. Bu esa energiya samaradorligini oshirish, kechikishlarni kamaytirish va paket yo‘qotish darajasini minimallashtirish imkonini beradi.

Muhokama davomida quyidagi asosiy jihatlar e’tiborga olinadi:

1. Energiya samaradorligi – SI algoritmlari tarmoqdagi nodlarning energiya resurslarini yanada samarali boshqaradi. Masalan, kuchaytiruvchi o‘rganish asosida ishlovchi algoritmlar energiya sarfini minimallashtirib, tarmoqning umumiy ishlash muddatini uzaytiradi.
2. Kechikish va ishonchlilik – SI yondashuvlarining dinamik moslashuvchanligi ma’lumot paketlarini tez va ishonchli uzatishga imkon yaratadi. Bu, ayniqsa, real vaqtda ishlovchi tizimlar va aqlli shahar ilovalari uchun muhimdir.
3. Model va hisoblash resurslari – murakkab SI algoritmlari nodlarda yuqori hisoblash quvvatini talab qilishi mumkin. Shu sababli, resurslar cheklangan sensor tarmoqlarida bu usullarni joriy etishda optimallashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

4. Tadqiqotlar natijalarini solishtirish – turli tadqiqotlarda SI asosidagi marshrutlash algoritmlari an'anaviy usullarga nisbatan energiya tejamkorligi, kechikishning kamayishi va paket yo'qotish darajasining kamayishi bilan ajralib turadi. Biroq, ba'zi hollarda o'rganish davri va model murakkabligi tufayli dastlabki ishlash sekinligi kuzatilishi mumkin.

Shuni ta'kidlash lozimki, SI yondashuvlari sensor tarmoqlarida marshrutlashning istiqbolli yo'nalishi sifatida qabul qilinadi. Ularning samaradorligini oshirish uchun kelajakda quyidagi yo'nalishlar dolzarb bo'ladi:

- Resurslar cheklangan nodlarda ishlashga moslashgan yengil SI algoritmlarini ishlab chiqish;
- Tarmoqdagi shovqin va noaniqliklarni hisobga olgan adaptiv modellarni yaratish;
- SI algoritmlarini real vaqtda monitoring va boshqaruv tizimlariga integratsiya qilish.

Muhokama shuni ko'rsatadiki, sensor tarmoqlarida SI asosida marshrutlash tizimlarini joriy etish nafaqat tarmoq samaradorligini oshiradi, balki yangi texnologik ilovalar va aqlli tizimlarni yaratishda muhim asos bo'lib xizmat qiladi.

Xulosa. Ushbu maqolada sensor tarmoqlarida marshrutlash usullarini sun'iy intellekt (SI) asosida amalga oshirish imkoniyatlari va samaradorligi tahlil qilindi. Adabiyotlar va mavjud tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, an'anaviy marshrutlash algoritmlari kichik va statik tarmoqlarda samarali ishlasa-da, katta va dinamik sensor tarmoqlarida energiya sarfi, paket yo'qotish va kechikish kabi muammolarni bartaraf eta olmaydi. Sun'iy intellekt yondashuvlari – genetik algoritmlar, kuchaytiruvchi o'rganish va neyron tarmoqlar – tarmoq holatini doimiy kuzatib, optimal marshrutlarni dinamik tanlash imkonini beradi. Bu yondashuvlar sensor tarmoqlarining energiya samaradorligini oshirish, kechikishlarni kamaytirish va paket yo'qotish darajasini minimallashtirishda sezilarli afzalliklar beradi. Shu bilan birga, murakkab SI algoritmlari hisoblash resurslari va o'rganish davriga talab qo'yishi mumkinligi kabi cheklovlar mavjud.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Singh, R., & Kumar, P. (2020). Energy-efficient routing in wireless sensor networks using genetic algorithms. Journal of Network and Computer Applications, 162, 102642.

2. Chen, L., Zhang, Y., & Li, H. (2021). Reinforcement learning based adaptive routing for wireless sensor networks. IEEE Transactions on Wireless Communications, 20(5), 3204–3216.

3. Zhang, W., Liu, J., & Wang, X. (2022). Deep learning approaches for intelligent routing in large-scale sensor networks. Sensors, 22(7), 2603.

4. Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). Wireless sensor networks: a survey. Computer Networks, 38(4), 393–422.