AVTONOM G‘ILDIRAKLI ROBOTLARNING AD-HOC TARMOQLARI UCHUN SUN’IY INTELLEKTGA ASOSLANGAN MOSLASHUVCHAN TOPOLOGIYANI BOSHQARISH

Axmedov Jasur Rajab o‘g‘li
ISMA universiteti Magistranti (Riga, Latvia)
https://doi.org/10.5281/zenodo.22785838

Annotatsiya: Ushbu tezisda avtonom g‘ildirakli robotlardan tashkil topgan ad-hoc tarmoqlarda sun’iy intellekt texnologiyalari asosida moslashuvchan tarmoq topologiyasini boshqarish masalalari tadqiq etiladi. Robotlarning o‘zaro joylashuvi, harakat yo‘nalishi va ular orasidagi masofani real vaqt rejimida tahlil qilish orqali tarmoq aloqasining uzilishining oldini olish hamda tarmoq barqarorligini ta’minlash imkoniyatlari yoritiladi.
Kalit so‘zlar: avtonom robotlar, g‘ildirakli robotlar, ad-hoc tarmoq, sun’iy intellekt, moslashuvchan topologiya, tarmoq boshqaruvi, robotlararo aloqa, real vaqt tahlili, tarmoq barqarorligi, topologiyani optimallashtirish.

Hozirgi kunda robototexnika, sun’iy intellekt va simsiz aloqa texnologiyalarining jadal rivojlanishi avtonom robot tizimlaridan foydalanish imkoniyatlarini kengaytirmoqda. Ayniqsa, bir nechta g‘ildirakli robotlarning yagona tizim sifatida harakatlanishi va o‘zaro axborot almashishi sanoat, qishloq xo‘jaligi, logistika, qutqaruv ishlari hamda harbiy bo‘lmagan xavfli hududlarni kuzatish kabi sohalarda muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Bunday robotlar o‘zaro bog‘langan markazlashmagan tarmoq asosida faoliyat yuritishi mumkin. Ushbu tarmoq ad-hoc tarmoq deb ataladi. Ad-hoc tarmoqning asosiy xususiyati shundaki, unda doimiy markaziy boshqaruv qurilmasi mavjud bo‘lmaydi. Robotlar bir-biri bilan bevosita aloqa o‘rnatadi va zarur hollarda boshqa robotlar orqali ma’lumotlarni uzatadi.

Biroq robotlarning doimiy harakatlanishi natijasida tarmoq topologiyasi tez-tez o‘zgaradi. Ayrim robotlarning bir-biridan uzoqlashishi aloqa signalining zaiflashishiga yoki butunlay uzilishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli robotlararo tarmoqning uzluksiz ishlashini ta’minlash uchun moslashuvchan topologiyani boshqarish zarur hisoblanadi.

Avtonom g‘ildirakli robotlarning ad-hoc tarmog‘ida har bir robot tarmoqning alohida tuguni sifatida qaraladi. Robotlar orasidagi simsiz aloqa kanallari esa ushbu tugunlarni bog‘lovchi elementlarni tashkil etadi. Robotlarning joylashuvi o‘zgargan sari ular orasidagi masofa ham o‘zgaradi, natijada tarmoqning umumiy topologiyasi dinamik ravishda yangilanadi.

An’anaviy tarmoq boshqaruv usullarida robotlar orasidagi aloqa asosan oldindan belgilangan masofa yoki signal kuchi asosida nazorat qilinadi. Bunday yondashuv oddiy sharoitlarda samarali bo‘lishi mumkin, biroq robotlar soni ko‘payganda va ularning harakat yo‘nalishlari murakkablashganda tarmoqni boshqarish qiyinlashadi.

Shu nuqtai nazardan, sun’iy intellektga asoslangan moslashuvchan topologiyani boshqarish tizimini yaratish muhim ahamiyatga ega. Sun’iy intellekt algoritmlari robotlarning joriy koordinatalari, harakat tezligi, yo‘nalishi, o‘zaro masofasi hamda aloqa signalining sifatini tahlil qilishi mumkin.

AI tizimi olingan ma’lumotlar asosida kelajakda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan tarmoq uzilishlarini oldindan prognoz qiladi. Masalan, agar ikki robot o‘rtasidagi masofa ruxsat etilgan maksimal aloqa masofasiga yaqinlashayotgan bo‘lsa, tizim ushbu holatni aniqlaydi. Shundan so‘ng robotlardan birining harakat yo‘nalishini o‘zgartirish yoki boshqa robotni ular orasidagi aloqa zonasiga yo‘naltirish orqali tarmoq bog‘lanishini saqlab qolish mumkin.

Moslashuvchan topologiyani boshqarishning asosiy vazifalaridan biri robotlar guruhida uzluksiz aloqa zanjirini ta’minlashdir. Agar bir robot boshqa robotlardan juda uzoqlashib ketsa, tarmoq bir nechta mustaqil qismlarga bo‘linib qolishi mumkin. Bunday holatda ma’lumotlar almashinuvi buziladi va robotlar guruhining umumiy samaradorligi pasayadi.

Sun’iy intellekt asosidagi boshqaruv tizimi bunday xavflarni oldindan aniqlash imkonini beradi. Tizim robotlarning joylashuvini doimiy ravishda kuzatib boradi va optimal tarmoq topologiyasini shakllantirish uchun tavsiyalar yoki avtomatik boshqaruv qarorlarini ishlab chiqadi.

Masalan, robotlar qutqaruv hududida harakatlanayotgan bo‘lsa, ularning asosiy vazifasi turli nuqtalarni tekshirish va olingan ma’lumotlarni markaziy tizimga yoki boshqa robotlarga uzatishdan iborat bo‘ladi. Robotlardan biri uzoq hududga harakatlanganida u aloqa zonasidan chiqib ketishi mumkin. Bunday vaziyatda AI tizimi boshqa robotlarning joylashuvini tahlil qilib, tarmoqni qayta tashkil etish bo‘yicha optimal qaror qabul qiladi.

Sun’iy intellekt yordamida robotlarning harakatini boshqarishda mashinaviy o‘qitish va neyron tarmoqlaridan foydalanish mumkin. Ushbu algoritmlar oldingi harakat ma’lumotlarini tahlil qilib, robotlarning kelajakdagi joylashuvini prognozlash imkoniyatiga ega. Natijada tarmoq faqat mavjud holatga javob qaytarmaydi, balki yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan muammolarni oldindan aniqlaydi.

Moslashuvchan topologiyani boshqarish jarayonini quyidagi asosiy bosqichlarga ajratish mumkin:

Birinchi bosqichda robotlardan ularning joylashuvi va harakatiga oid ma’lumotlar yig‘iladi. Bunda GPS, lidar, ultratovushli sensorlar yoki boshqa navigatsiya tizimlaridan foydalanish mumkin.

Ikkinchi bosqichda robotlar orasidagi masofa va aloqa sifati aniqlanadi. Har bir robot o‘ziga yaqin joylashgan robotlar bilan bog‘lanish holatini baholaydi.

Uchinchi bosqichda sun’iy intellekt algoritmi tarmoqning umumiy holatini tahlil qiladi. Tahlil natijasida tarmoq uzilishi xavfi mavjud bo‘lgan nuqtalar aniqlanadi.

To‘rtinchi bosqichda optimal qaror ishlab chiqiladi. Ushbu qaror robotlarning harakat yo‘nalishini o‘zgartirish, ularning tezligini moslashtirish yoki tarmoqdagi boshqa robotlarni qayta joylashtirishdan iborat bo‘lishi mumkin.

Beshinchi bosqichda qabul qilingan qaror robotlarning boshqaruv tizimiga uzatiladi va tarmoq topologiyasi yangi sharoitga moslashtiriladi.

Bunday tizimning asosiy afzalligi uning markazlashmagan holda ishlashidir. Robotlar o‘zaro axborot almashish orqali umumiy tarmoq holati haqida ma’lumotga ega bo‘lishi va sun’iy intellekt algoritmlari yordamida mustaqil qaror qabul qilishi mumkin.

Bundan tashqari, AI asosidagi topologiyani boshqarish tizimi energiya sarfini kamaytirishga ham yordam beradi. Robotlar optimal joylashuvni tanlash orqali ortiqcha harakatlanishning oldini oladi. Shu bilan birga, aloqa kanallarining samarali tashkil etilishi ma’lumotlarni uzatish jarayonini tezlashtiradi.

Xulosa qilib aytganda, avtonom g‘ildirakli robotlarning ad-hoc tarmoqlarida sun’iy intellektga asoslangan moslashuvchan topologiyani boshqarish zamonaviy robototexnika va simsiz tarmoqlar sohasidagi istiqbolli yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Robotlarning joylashuvi, o‘zaro masofasi va harakat yo‘nalishini real vaqt rejimida tahlil qilish orqali tarmoqning uzilib qolish xavfini kamaytirish mumkin.

Sun’iy intellekt algoritmlaridan foydalanish tarmoq holatini oldindan prognoz qilish, robotlarning optimal joylashuvini aniqlash va tarmoq topologiyasini avtomatik ravishda moslashtirish imkonini beradi. Kelajakda bunday tizimlarni takomillashtirish orqali qutqaruv, logistika, sanoat, qishloq xo‘jaligi va boshqa sohalarda samarali faoliyat yurituvchi aqlli robotlar guruhlarini yaratish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Zaynidinov, H. N., Sharifbaev, A. N., Kovalev, I. V. (2024). Increasing the Effectiveness of Personalized Recommender Systems Based on the Integrated GNN-RL Model. **Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 53**, 980–986. https://doi.org/10.1134/S1052618824700845.
2. Zaynidinov, H. N., Sharifbaev, A., Mozikov, M., & Makarov, I. (2024). Efficient Integration of Reinforcement Learning in Graph Neural Networks-Based Recommender Systems. **IEEE Access, 12**, 189439–189448.
3. Mahkamov, B. Sh., Zaynidinov, X. N., & Nurmurodov, J. N. (2024). Fundamentals of Artificial Intelligence. Tashkent: Tashkent University of Information Technologies.
4. Qodirov, F., Mavlonova, M., & Negmatova, S. (2023). Robototexnikada sun'iy intellektdan foydalanish uslublari va uning bugungi kundagi ahamiyati. **Zamonaviy dunyoda innovatsion tadqiqotlar**.
5. Yusupov, S. (2022). Sun'iy intellekt va robototexnika sohasi yutuqlarining qonunchilikka muvofiq yuridik shaxs maqomiga ega bo'lishining ilmiy-nazariy tahlili. **Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences, 2(4)**, 685–692.
6. Vassilev, A., Oprea, A., Fordyce, A., Anderson, H., Davies, X., & Hamin, M. (2025). Adversarial Machine Learning: A Taxonomy and Terminology of Attacks and Mitigations. NIST AI 100-2e2025. National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-2e2025.
7. Diab, A., et al. (2023). Cyber security of robots: A comprehensive survey. **Intelligent Systems with Applications, 18**, 200237. https://doi.org/10.1016/j.iswa.2023.200237.
8. Tolstaya, E., Gama, F., Paulos, J., Pappas, G., Kumar, V., & Ribeiro, A. (2020). Learning Decentralized Controllers for Robot Swarms with Graph Neural Networks. **Proceedings of the Conference on Robot Learning, 100**, 671–682
9. Wang, Z., Yao, H., Mai, T., Xiong, Z., Wu, X., Wu, D., & Guo, S. (2023). Learning to Routing in UAV Swarm Network: A Multi-Agent Reinforcement Learning Approach. **IEEE Transactions on Vehicular Technology, 72**(5), 6611–6624. https://doi.org/10.1109/TVT.2022.3232815
10. Ning, Z., Li, G., & Li, W. (2026). UAV swarm communication networking and routing optimization for high-demand users: A graph attention multi-agent reinforcement learning approach. **Autonomous Intelligent Systems, 6**, Article 9. https://doi.org/10.1007/s43684-026-00131-6