

DINAMIK MARSHRUTLASH PROTOKOLINI SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA OPTIMALLASHTIRISH ISTIQBOLLARI

*Toshkent amaliy fanlar universiteti kompyuter injiniringi kafedrası dotsenti Kamborov K.N.
Toshkent amaliy fanlar universiteti kompyuter injiniringi kafedrası asisenti Muxammadiyev M.M.*

Annotatsiya: Ushbu maqolada kompyuter tarmoqlarida marshrutlash protokollarini sun'iy intellekt usullari yordamida boshqarish masalalari ko'rib chiqilgan. Zamonaviy tarmoqlarda an'anaviy marshrutlash protokollarining (OSPF, BGP, RIP) cheklanishlarini bartaraf etish maqsadida mashinaviy o'rganish, chuqur o'rganish va mustahkamlovchi o'rganish usullarini qo'llash imkoniyatlari tahlil qilingan. Maqolada DQN algoritmining marshrutlash masalalariga tatbiq etilishi, shuningdek SDN (Software-Defined Networking) bilan integratsiya muammolari yoritilgan.

Kalit so'zlari: marshrutlash protokollari, sun'iy intellekt, chuqur o'rganish, mashinali o'rganish, SDN, OSPF, BGP, neyron tarmoqlar, tarmoq optimizatsiyasi.

Hozirgi kunda global tarmoqlarda trafik hajmi va topologiya murakkablashib bormoqda. An'anaviy marshrutlash protokollari, jumladan OSPF, RIP, EIGRP va BGP, statik yoki cheklangan algoritm qoidalar asosida ishlaydi. Bu esa o'zgaruvchan trafik sharoitlarida optimal natija bermasligi mumkin. Shu sababli barcha tarmoqlarda ham shu muommalar bo'lishi, aniq bir dolzarb masala hisoblanadi. Ma'lumotlar trafigining yuqori darajada o'sishi shuni ko'rsatadiki, zamonaviy tarmoqda murakkablashuv sababli OSPF marshrutlash protokolida ham cheklovlar aniqlanmoqda.

OSPF marshrutlash protokol xarajatlari asosan interfeys o'tkazish qobiliyatiga bog'liq bo'lib, jumladan ma'lumotlarni real vaqtda uzatishda kuzatiladigan kechikish, tiqilinch, yuklanish va barqarorlikni etiborga olmaydi. Bu esa samaradorlikning pasayishiga, resurslarning noto'g'ri taqsimlanishiga va tiqilinchga olib keladi.

Sun'iy intellektda OSPF marshrutlash protokolini qo'llashimiz mumkin. OSPF (Open Shortest Path First) marshrutlash protokoli eng qulay protokol hisoblanadi. OSPF marshrutlash protokoli aloqa kanali muhiti asosida ishlashini etborga olsak eng qulay protokol hisoblanadi. Bu protokol tarmoqdagi barcha marshrutizator qurilmalari haqida to'liq ma'lumotga ega bo'ladi. Bizga tarmoq topologiyasi haqida analiz va optimallashtirish haqida oson qulaylik yaratadi. Chunki bu protokol trafik o'zgarishiga tez moslashadi.

Sun'iy intellekt asosida trafignlar kechikishi, o'tkazuvchanlik, yuklama va paketlar yo'qolishini o'rganish mumkin. Bu ma'lumotlarga asosan OSPF protokoli sozlangan marshrutizatorlarning parametrlarini optimallashtirish mumkin. OSPF protokoli link-state (aloqa kanali muhiti) prinsipiga asoslangan bo'lib, marshrutizatorlar orasidagi yo'llarni Dijkstra algoritmi orqali hisoblab optimallashtirish, tezkor va xarajati kam bo'lgan eng qisqa yo'lni tanlaydi. Xarajat parametrini sun'iy intellekt orqali boshqarish xisobiga eng qisqa, tezkor yoki eng barqaror yo'lni tanlash imkonini yaratish mumkin. [1-4]

Sun'iy intellekt hisobiga marshrutlashning an'anaviy protokollarini yanada samarali va moslashuvchan qilish imkoniyati tug'iladi. Bu tizim tarmoqdagi xolatlar o'zgarish hisobiga avtomatik ravishda moslashadi hamda tarmoqni optimallashtiradi. Shuning hisobiga trafikka eng yaxshi marshrutlarni tanlashda samarali ishlaydi.

Sun'iy intellekt asosida marshrutlash tizimining strukturaviy jadvali

Qatlam nomi	Vazifasi	Kirish ma'lumotlari	Chiqish natijasi
1. Ma'lumotlarni yig'ish qatlami	Tarmoq holatini real vaqtda to'plash	Kechikish, yuklama, trafik oqimi, paket yo'qotilishi	tarmoq ma'lumotlari
2. Oldindan qayta ishlash qatlami	Ma'lumotlarni tozalash, normal-lashtirish, xususiyatlarni ajratish	tarmoq ma'lumotlar	Optimallashtirilgan va qayta ishlangan ma'lumot
3. Tarmoq modelini qurish qatlami	Tarmoq grafigini yaratish, matematik modellashtirish	Qayta ishlangan ma'lumotlar	Tarmoq trafigi, funksiyasi, holati
4. SI qaror qabul qilish qatlami	SI algoritmlari orqali optimal marshrutni aniqlash	Tarmoq modeli	Optimal marshrut, yo'l reytingi
5. Marshrutlash siyosatini yaratish qatlami	Marshrutlash jadvali yoki siyosatni shakllantirish	SI tanlagan marshrut	Yangilangan marshrutlash jadvallari
6. Boshqaruv qatlami	Switch va routerlarga buyruqlarni qo'llash	Marshrutlash siyosati	Amaliy qo'llangan marshrut
7. Monitoring qatlami	Natijalarni kuzatish va SI modelini takomillashtirish	Tarmoq ishlash statistikasi	Yangilangan SI modeli, moslashtirilgan marshrut

Buni amalga oshirish uchun mashinali o'rganish (Machine Learning) yordamida marshrutlashni amalga oshirishimiz mumkin. Mashinali o'rganish algoritmlaridan tarmoqni monitoring qilish va optimal marshrutlarni aniqlash uchun foydalanish mumkin. Masalan tarmoqda kiberhujumlar, tarmoqning ortiqcha yuklanishi yoki boshqa noaniqliklar sababli marshrutlash protokollarida nosozliklar yuzaga kelishi mumkin. Mashinali o'rganish tarmoqning vaqtinchalik holatini kuzatib borish va aniq vaqtli (real-time) marshrutlarni belgilash uchun yordam beradi. Klassifikatsiya va regressiya modellari orqali tarmoqda marshrutlarning ma'lum bir sharoitlarida poyda bo'ladigan kechikishlar, o'tkazuvchanlik yoki to'liq ishlashga qarab aniqlanishi mumkin. [2-3]

Tarmoqni mustahkamlash jarayoni bo'yicha marshrutlar sinovdan o'tkazilib, tarmoqda umumiy samaradorlikni oshirish imkoniyati yaratiladi. Bunda asosan tarmoqni mustahkamlash tahlili orqali har bir marshrutlar o'rganib chiqilib optimal marshrutga ruxsat beriladi va qolgan marshrutlarga taqiq qo'yiladi.

Sun'iy intellekt yordamida tarmoqning kelajakdagi holatini taxmin qilishda ham foydalanish mumkin. Masalan, tarmoqning mavjud holati va o'tish trafikiga asoslangan holda kelajakdagi ehtimoliy tarmoq blokirovkalari yoki tarmoq o'zgarishlarini oldindan bilishi orqali marshrutlarni o'zgartirishi mumkin. Deep Learning (chuqur o'rganish) va Neural Networks (neyron tarmoqlar) yordamida tarmoqdagi katta hajmdagi ma'lumotlar tahlil qilinadi va bu orqali trafikning qayerdan o'tishi kerakligini oldindan bilib olish mumkin. [2]

DQN algoritmi marshrutlarni optimal xarakatlar qiymatini aniqlash funksiyasi Q- asosida aniqlaydi. Q (S, A) funksiyasi ma'lum bir holat (S)da xarakat (A)ning qanchalik muddatda "yaxshi" bajarish holatini baholaydi.

➤ (S)- holat vektorida agentning vazifasi har bir real vaqt jarayonida tarmoqdan ma'lumotlarni yig'adi va uni vektor shaklida ifodalaydi.

$$S_t = \{L_1, L_2, \dots, L_n\} \quad (1)$$

Bu yerda L_i - bog'lanishning joriy kechikishi, yuklanish darajasi, paket yo'qolishi kabi metrikalar hisoblanadi.

➤ (R)-Yutuq funksiyasini aniqlash quyidagicha amalga oshiriladi.

Bu jarayon optimallashtirish maqsadini foydalaniladi. Agar maqsad umumiy kechikishni kamaytirish va yukni balanslash bo'lsa:

$$R_t = \alpha * \frac{1}{\sum_i kechikish_i} - \beta * \sum_j tiqilish_j \quad (2)$$

α va β – yuklama koeffitsiyentlari.

Yutuq R_t - agentning joriy xarakati umumiy kechikishni qanchalik kamaytirganini va tiqilishni qanchalik oshirmaganligini ko'rsatadi.

Q- optimal qiymatlar xarakatini aniqlash funksiyaning taxmin qilinishi asosan Q-qiymatlarini (Q(S,A)) taxmin qilish uchun neyron tarmoqdan foydalanadi. Bu neyron tarmoqqa kirish sifatida S holatni qabul qiladi va barcha A harakatlari uchun Q-qiymatlarini chiqaradi. [14]

Harakatni tanlash jarayoni A_{agent} ϵ -greedy (ochko'zlik prinsipi) strategiyasi bo'yicha xarakatni tanlaydi:

Tadqiqot jarayonida tarmoqning yangi holatlarini o'rganish uchun tasodifiy xarakat tanlanadi. 1- ϵ ehtimollik bilan eng yuqori Q-qiymatga ega bo'lgan optimal xarakat tanlanadi.

Sun'iy intellekt orqali marshrutlash tizimi tarmoqning o'zgaruvchan holatiga qarab real vaqt rejimida moslashadi. Masalan, tarmoqda trafiklar o'tish vaqtida ba'zi marshrut yo'llarida ko'p yuklama bo'lishi hisobiga nosozliklar yuzaga kelishi mumkin. Sun'iy intellekt hisobiga tarmoqdan tarmoqqa noan'anaviy holatlar bo'lishi mumkin masalan, tarmoqda yuqori kechikishlar yoki tarmoqda uzatishni minimallashtirish hisobiga eng qisqa va eng ishonchli marshrutni topishni amalga oshiradi. Tarmoqda ortiqcha trafik yo'nalishlari sun'iy intellekt yordamida aniqlanib, marshrutlash tizimi bu holatga moslashadi.

SDN (Software-Defined Networking) bilan integratsiyalash jarayoni ko'rib chiqadigan bo'lsak. Software-Defined Networking (SDN) an'anaviy tarmoq qurilmalarining boshqaruv va ma'lumotlar tekisliklarini ajratish g'oyasiga asoslanadi. SDN kontrolleri butun tarmoq ustidan markazlashtirilgan ko'rinishga ega bo'lib, bu esa suniy intellekt algoritmlarini samarali integratsiya qilish uchun ideal platforma yaratadi [11].

OpenFlow protokoli SDN kontrolleri va kommutatorlar o'rtasidagi aloqa uchun asosiy standart hisoblanadi. OpenFlow orqali kontroller har bir paket oqimi uchun marshrutlash qarorlarini belgilashi va real vaqtda yangilashi mumkin. Suniy intellekt SDN integratsiyasida kontroller darajasida mashinaviy o'rganish modellari joylashtiriladi. Bu modellar SDN kontrolleridan tarmoqning (o'tkazuvchanlik, kechikish, paket yo'qotish) holatini oladi hamda qaror qabul qiladi va OpenFlow qoidalarini yangilaydi. Bunday arxitektura an'anaviy protokollardan bir necha barobar tez konvergentsiyani ta'minlaydi [12].

ONOS (Open Network Operating System) va OpenDaylight kabi ochiq kodli SDN kontrollerlari suniy intellekt modullarini integratsiya qilish uchun keng imkoniyatlar taklif etadi.

Bu platformalar REST API orqali Python va Java kutubxonalarini bilan ishlashga imkon beradi, bu esa mashinaviy o'rganish frameworklari (TensorFlow, PyTorch) bilan osonlikcha integratsiya qilish imkonini beradi [13].

Suniy intellektga asoslangan marshrutlash tizimlari yangi xavfsizlik muammolarini yuzaga keltiradi. Adversarial hujumlar – buzg'unchi tomonidan ataylab yaratilgan tarmoq trafiki suniy intellekt modelini noto'g'ri qarorlar qabul qilishga majbur qilishi mumkin. Bunday hujumlar tarmoq ishlashini sezilarli darajada yomonlashtirishi mumkin [6].

Model poisoning hujumlarida buzg'unchi o'rganish ma'lumotlariga zararli ma'lumotlar kiritishi mumkin. Bu esa modelning noto'g'ri marshrutlash siyosatini o'rganishiga olib keladi. Bunday hujumlardan himoyalaniish uchun anomaliya aniqlash tizimlari va federativ o'rganish usullari taklif etilmoqda [7].

Ishonchlilik nuqtai nazaridan, suniy intellekt tizimlari an'anaviy protokollar kabi standartlashtirilgan emas. Bu esa tarmoqlar o'rtasida muvofiqlashuvni qiyinlashtiradi. Shuningdek, suniy intellekt modellari kutilmagan holatlarda noto'g'ri ishlashi mumkin, bu esa tarmoq qurilmalarining ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin.

Suniy intellekt asosida kelajakda quyidagi istiqbolli o'zgarishlarni amalga oshirish mumkin.

- federativ o'rganish (Federated Learning) tarmoq marshrutlashida katta istiqbolga ega. Bu yondashuv har bir tarmoq tugunining mahalliy ma'lumotlarda o'rganishiga va markaziy serverga faqat model parametrlarini yuborishiga imkon beradi. Bu ham maxfiylikni saqlaydi, ham o'quv ma'lumotlarining hajmini kamaytiradi [8].

- transfer learning usuli bir tarmoq muhitida o'rganilgan bilimlarni boshqa muhitga ko'chirish imkonini beradi. Bu esa yangi tarmoq konfiguratsiyalarida modellarni noldan o'rgatish zaruriyatini kamaytiradi va joylashtirish vaqtini qisqartiradi [9].

- kvant hisoblash (quantum computing) texnologiyasining rivojlanishi marshrutlash optimizatsiyasida yangi imkoniyatlar ochmoqda. Kvant algoritmlari, xususan Grover algoritmi va kvant approksimatsiya optimizatsiya algoritmi (QAOA), NP-qiyin marshrutlash muammolarini klassik kompyuterlardan ancha tez hal etishi mumkin [10].

Xulosa

Ushbu maqolada hozirgi zamon talabiga asosan marshrutlash protokollarini optimallashtirish masalasi ko'rib chiqilgan. OSPF marshrutlash protokolining samaradorligini oshirish uchun Reinforcement Learning yondashuvi taqdim qilindi. Taklif etilgan model tarmoqdagi dinamik sharoitlarga mos ravishda marshrutlash parametrini optimallashtiradi va natijada marshrut tanlash jarayoni ancha samarali bo'ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

[1]. Moynihan, T., & Russell, A. OSPF: Anatomy of an Internet Routing Protocol. Addison-Wesley, 2015.

[2]. Sutton, R. S., & Barto, A. G. Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press, 2018.

[3]. Geng, Y., et al. "AI-driven network routing optimization: A survey". IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2020.

[4]. Mamatov, E., & Jo'rayev, A. Kompyuter tarmoqlari va marshrutlash asoslari. Toshkent, 2020.

[5]. Власов, В. Алгоритмы маршрутизации в компьютерных сетях. Санкт-Петербург, 2017.

- 
- [6]. Lu, T., Li, W., & Chen, J. (2020). Deep Learning for Network Traffic Prediction and Control: A Survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 53(1), 1-38.
- [7] McMahan H.B. et al. "Communication-efficient learning of deep networks from decentralized data". *Proceedings of AISTATS 2017*, vol. 54, pp. 1273-1282.
- [8] Konecny J. et al. "Federated learning: Strategies for improving communication efficiency". *arxiv preprint arxiv:1610.05492*, 2016.
- [9] Pan S.J., Yang Q. "A survey on transfer learning". *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 22, no. 10, pp. 1345-1359, 2010.
- [10] Farhi E. et al. "A quantum approximate optimization algorithm". *arxiv preprint arxiv:1411.4028*, 2014.
- [11] McKeown N. et al. "OpenFlow: Enabling innovation in campus networks". *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 38, no. 2, pp. 69-74, 2008.
- [12] Stampa G. et al. "A deep-reinforcement learning approach for software-defined networking routing optimization". *arxiv preprint arxiv:1709.07080*, 2017.
- [13] Mestres A. et al. "Knowledge-defined networking". *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 47, no. 3, pp. 2-10, 2017.
- [14]. Lu, T., Li, W., & Chen, J. (2020). Deep Learning for Network Traffic Prediction and Control: A Survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 53(1), 1-38.