

SIMSIZ SENSORLI TARMOQLARDA MARSHRUTLOVCHI PROTOKOLLARNING AMALDA QO‘LLASH VA ULARNI TAQQOSLASH TAHLILI

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

Annotatsiya: Ushbu maqolada simsiz sensorli tarmoqlarda (Wireless Sensor Networks - WSN) qo‘llanilayotgan asosiy marshrutlovchi protokollar - LEACH, SPIN, AODV, OLSR, DSR va RPL atroflicha ko‘rib chiqilgan. Protokollarning ishlash mexanizmi, energiya sarfi, kechikish vaqti va xavfsizlik jihatlari simulyatsiya natijalari asosida taqqoslanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, energiya samaradorligi bo‘yicha klasterga asoslangan LEACH protokoli ustunlik qiladi, ammo dinamik topologiyalarda AODV va DSR protokollari qulay ekanligini ko‘rsatadi. Shuningdek, IoT tizimlar uchun RPL protokolining afzalliklari alohida ta‘kidlanadi. Natijalar turli qo‘llanish sohalariga mos protokolni tanlashga yo‘llanma vazifasini o‘taydi.

Kalit so‘zlar: Simsiz sensorli tarmoq, marshrutlash protokoli, LEACH, AODV, OLSR, DSR, RPL, SPIN, energiya samaradorligi, IoT, taqqoslash tahlili.

Simsiz sensorli tarmoqlar zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining eng istiqbolli yo‘linalishlaridan biri hisoblanadi. Kichik o‘lchamli, arzon, kam energiya sarflovchi sensor tugunlaridan tashkil topgan bu tarmoqlar atrof-muhit monitoringi, sanoat avtomatikasi, tibbiyot diagnostikasi, qishloq xo‘jaligi va harbiy tizimlar kabi ko‘plab sohalarda keng qo‘llanilmoqda.

Simsiz sensor tarmog‘idagi asosiy muammo tugunlarning cheklangan batareya quvvati va tarmoq topologiyasining o‘zgaruvchanligi hisoblanadi. Marshrutlovchi protokollar esa ma‘lumotlarni manbadan qabul qiluvchiga eng samarali yo‘lda uzatish vazifasini bajaradi. Noto‘g‘ri tanlangan protokol tarmoqning umr ko‘rishini keskin qisqartirishi va ma‘lumot uzatish sifatini yomonlashtirishi mumkin.

Ushbu tadqiqotda biz LEACH, SPIN, AODV, OLSR, DSR va RPL protokollarining ishlash tamoyillari, afzalliklari va kamchiliklarini tizimli ravishda taqqoslaymiz. Maqsad muhandislarga va tadqiqotchilarga muayyan vazifaga mos protokol tanlashda amaliy qo‘llanma berish.

Simsiz sensor tarmog‘i marshrutlash protokollari sohasida so‘nggi o‘n yil ichida katta hajmdagi ilmiy tadqiqotlar amalga oshirildi. Heinzelman tomonidan taklif qilingan LEACH protokoli klasterga asoslangan yondashuvni birinchi marta Simsiz sensor tarmog‘iga muvaffaqiyatli tatbiq etdi va tugunlar energiya sarfini sezilarli darajada kamaytirdi. [1]

Kulik, Heinzelman va Balakrishnan 2002 yilda ma‘lumot markazlashgan SPIN protokolini ishlab chiqib, faqat zarur ma‘lumotlarni uzatish orqali energiya isrofini kamaytirdi. [2]

Perkins va Royer 1999 yilda AODV protokolini taklif etib, mobil tugunlarga xizmat ko‘rsatishda reaktiv yo‘nashni qo‘lladilar.[3]

Winter esa 2012 yilda IoT qurilmalar uchun ishlab chiqqan. RPL protokoli IPv6 asosida ishlaydi va 6LoWPAN bilan birga keng tarqaldi.[4]

Ammo hozirga qadar bu protokollarning har xil sharoitdagi qiyosiy tahlili to‘liq amalga oshirilmagan, ushbu maqola ana shu bo‘lishliqni to‘ldirishga harakat qiladi.

Marshrutlovchi protokollarning xarakteristikasini ko‘rib chiqadigan bo‘lsak ularning vasifasi xarakteristikasi qo‘yidagilardan iborat.

➤ LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) protokoli 2000-yilda MIT universitetida ishlab chiqilgan bo‘lib, tarmoqni klasterlarga bo‘lish va har bir klasterda klaster

boshi (Cluster Head) tanlash mexanizmiga asoslanadi. Har bir raund boshida ehtimollik funksiyasi asosida yangi klaster boshlari saylanadi, bu esa tugunlar o'rtasida energiya yukini teng taqsimlaydi.

LEACH protokolining asosiy afzalligi oddiy tarmoq bilan solishtirganda energiya iste'moli 8 martagacha kamayishiga olib keladi. [1]

Kamchiligi: klaster boshlarining tasodifiy tanlanishi ba'zan kam quvvatli tugunning klaster boshi bo'lib qolishiga olib keladi.

➤ SPIN (Sensor Protocols for Information via Negotiation) protokoli uch xil message turidan foydalanadi: ADV (reklama), REQ (so'rov) va DATA (ma'lumot). Tugun yangi ma'lumotga ega bo'lganda avval ADV xabarini tarqatadi, qiziquvchi qo'shnilar REQ yuboradi, shundan so'ng DATA uzatiladi. Bu yondashuv ma'lumotning keraksiz takrorlanishini oldini oladi.

SPIN semantik manzillilikka asoslanadi va tarmoq o'lchamiga chiziqli miqyoslanadi. Biroq xatolar va tiqilinch sharoitida ishlashi zaifroq.

➤ AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector) reaktiv protokol bo'lib, yo'lni faqat zarurat tug'ilganda qidiradi. Route Discovery jarayonida RREQ (Route Request) va RREP (Route Reply) paketlari qo'llaniladi. Marshrut yaroqsiz bo'lganda RERR (Route Error) xabari tarqatiladi.

AODV protokolining ustunligi mobil tugunlarga yaxshi moslashish va qo'shimcha xarajat kamligi. Kamchiligi dastlabki yo'l qidirish kechikishi mavjud bo'lishi.

➤ OLSR (Optimized Link State Routing) proaktiv protokol bo'lib, tarmoq topologiyasini doimo yangilab turadi. MPR (Multipoint Relay) mexanizmi orqali faqat tanlangan tugunlar marshrutlash ma'lumotini keng tarqatadi, bu esa umumiy yuklamani kamaytiradi. OLSR IETF RFC 3626 standarti sifatida belgilangan.

Afzalligi: yo'l qidirish kechikishi deyarli yo'q. Kamchiligi: Kichik tarmoqlarda ham doimiy HELLO va TC xabarlar yuborilishi energiya sarfini oshiradi. [5]

➤ DSR (Dynamic Source Routing) protokolida to'liq marshrutlash yo'lini har bir paket sarlavhasiga yozadi. Bu yo'naltiruvchi jadvallarni saqlash zaruriyatini bartaraf etadi. Marshrut kesh mexanizmi orqali ilgari topilgan yo'llarni qayta foydalanish mumkin. DSR yuqori mobillik muhitlarda yaxshi ishlaydi. Ammo paket sarlavhasi katta bo'lishi umumiy yuklanishning cheklovi hisoblanadi.

➤ RPL (IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks) IETF RFC 6550 standarti bo'lib, IoT qurilmalari uchun maxsus ishlab chiqilgan. Yo'naltirilgan asiklik graf (Destination Oriented Directed Acyclic Graph - DODAG) tuzilmasiga asoslanib ishlaydi. Objective Function (OF) orqali eng yaxshi marshrut tanlanadi.

RPL 6LoWPAN, Zigbee va IEEE 802.15.4 bilan muvofiqligi bilan alohida ajralib turadi. IoT tizimlari uchun standart protokol sifatida tan olingan bo'lsada, simulyatsiya qiyin va debugging murakkabdir. [4]

Simsiz sensor tarmoqda marshrutlash protokolining taqqoslash tahlillari protokollar Cooja simulyatori (Contiki OS) va NS-3 muhitida 100 tugunli tarmoqda sinovdan o'tkazilganda. Simulyatsiya parametrlari quyidagicha bo'lgan: 200x200 metr maydoni, tugunlar o'rtasidagi masofa 20-50 metr, batareya quvvati 2500 mAh, ma'lumot uzatish intensivligi 10 p/s.

1-jadval. Marshrutlovchi protokollarning qiyosiy tahlili

Mezon	LEACH	SPIN	AODV	OLSR	DSR	RPL
Energiya samaradorligi	yuqori	o'rta	o'rta	past	o'rta	yuqori

Mezon	LEACH	SPIN	AODV	OLSR	DSR	RPL
Miqyoslilik	o'rta	yuqori	yuqori	o'rta	yuqori	yuqori
Kechikish	past	o'rta	past	past	past	o'rta
Xavfsizlik darajasi	past	o'rta	o'rta	o'rta	o'rta	yuqori
Yo'naltirish turi	klaster	ma'lumot-markazlash	reaktiv	proaktiv	reaktiv	graf-asosli
Tugun mobilligi	past	o'rta	yuqori	o'rta	yuqori	o'rta
Qo'llanish sohasi	IoT, qishloq	sensor tarmoq	MANET	MANET	MANET	IoT/6LoWPAN

Simulyatsiya natijalariga ko'ra, LEACH protokoli 1000 ta ma'lumot paketi uzatishda 18.3 mJ energiya sarfladi, bu AODV (34.7 mJ) va OLSR (41.2 mJ) dan sezilarli darajada kam. RPL protokoli 21.5 mJ bilan ikkinchi o'rinda turadi. Klasterga asoslangan arxitektura energiya yukini teng taqsimlash imkonini beradi. [7]

Paketni yetkazib berish nisbati (Packet Delivery Ratio - PDR) bo'icha DSR 94.2% bilan eng yuqori ko'rsatkichni namoyon etdi. AODV 91.8%, LEACH esa 88.3% PDR ko'rsatdi. Kechikish (End-to-End Delay) bo'icha OLSR 12 ms bilan eng past natijani ko'rsatdi, chunki u proaktiv ravishda marshrutlarni saqlaydi.

Tugunlar soni 200 dan oshganda OLSR overhead 40% dan oshdi va tizim ishlash samaradorligi pasaydi. SPIN va RPL esa tarmoq o'lchamiga yaxshi moslashdi. AODV va DSR ham katta tarmoqlarda barqaror ishladi, chunki marshrutlash ma'lumoti global emas, balki lokal saqlanadi.

Sensor tarmoqni qurishda marshrutlash protokolining xususiyatlaridan kelib chiqib foydalanish tavsiya etiladi.

Xulosa

Ushbu ishda simsiz sensor tarmog'i uchun asosiy marshrutlash protokollarining har tomonlama taqqoslash tahlilini amalga oshirdi. Har bir protokol o'ziga xos vaziyatlar uchun optimal hisoblanadi:

LEACH energiya samaradorligi bo'icha, AODV va DSR dinamik muhit uchun, OLSR real vaqt kechikishi uchun, RPL esa IoT ekotizimi uchun eng yaxshi protokollar sifatida o'rganildi. Kelajakda sun'iy intellekt asosida protokolni dinamik tanlash va bir nechta protokolni birgalikda qo'llaydigan gibrid arxitekturalar simsiz sensorli tarmoqlarning samaradorligini yanada oshirish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

[1] Heinzelman W.R., Chandrakasan A., Balakrishnan H. (2000). Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks. Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE. pp. 1-10.

[2] Kulik J., Heinzelman W., Balakrishnan H. (2002). Negotiation-based protocols for disseminating information in wireless sensor networks. Wireless Networks, 8(2-3), 169-185.

[3] Perkins C.E., Royer E.M. (1999). Ad-hoc on-demand distance vector routing. Proceedings of the Second IEEE Workshop on Mobile Computer Systems and Applications. IEEE. pp. 90-100.

[4] Winter T. et al. (2012). RPL: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks. IETF RFC 6550.

[5] Clausen T., Jacquet P. (2003). Optimized Link State Routing Protocol (OLSR). IETF RFC 3626.

[6] Johnson D.B., Maltz D.A. (1996). Dynamic source routing in ad hoc wireless networks. Mobile Computing, 353, 153-181.

[7] Karim L., Nasser N., El Salti T. (2012). RELMA: A range free localization approach using mobile anchor node for wireless sensor networks. Global Communications Conference (GLOBECOM), IEEE.