Cloud-edge gibrid tizimlarida vazifalarni offloading va resurs taqsimlash

Botiraliyeva Zaynabxon Akmaljon qizi

Qurbonova Diyoraxon Dilmurodjon qizi

Farg‘on adavlat universiteti ,Amaliy matematika mutaxassisligi 1-kurs magistrantlari

E-mail: zaynabxonbotiraliyeva@gmail.com

Annotatsiya.Ushbu maqolada Cloud-Edge gibrid tizimlarida vazifalarni offloading qilish va resurslarni samarali taqsimlash masalalari tahlil qilinadi. Zamonaviy axborot tizimlarida katta hajmdagi ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash zarurati bulutli va edge texnologiyalarni birgalikda qo‘llashni talab etmoqda. Tadqiqot davomida vazifalarni edge qurilmalari va cloud serverlari o‘rtasida taqsimlash mexanizmlari, ularning afzalliklari hamda tizim samaradorligiga ta’siri o‘rganiladi. Shuningdek, kechikish vaqtini kamaytirish, energiya sarfini optimallashtirish va hisoblash resurslaridan unumli foydalanish usullari yoritiladi. Natijada Cloud-Edge gibrid arxitekturasi real vaqt tizimlari va IoT muhitlari uchun samarali yechim ekanligi asoslab beriladi.

Kalit so‘zlar.Cloud computing, Edge computing, offloading, resurs taqsimlash, IoT, latency, virtualizatsiya, yuklama balanslash, gibrid tizim, hisoblash resurslari.

Botiraliyeva Zaynabxon Akmaljon qizi

Qurbonova Diyoraxon Dilmurodjon qizi

Fergana State University, Master's students of the 1st year, specialization in Applied Mathematics

E-mail: zaynabxonbotiraliyeva@gmail.com

Annotation. This article analyzes the issues of task offloading and efficient resource allocation in Cloud-Edge hybrid systems. In modern information systems, the need for rapid processing of large volumes of data requires the combined use of cloud and edge technologies. During the research, the mechanisms of distributing tasks between edge devices and cloud servers, their advantages, and their impact on system efficiency are studied. In addition, methods for reducing latency, optimizing energy consumption, and efficiently utilizing computing resources are highlighted. As a result, it is proven that the Cloud-Edge hybrid architecture is an effective solution for real-time systems and IoT environments.

Keywords: Cloud computing, Edge computing, task offloading, resource allocation, Internet of Things (IoT), latency optimization, virtualization, load balancing, hybrid system, computational resources.

Bugungi kunda Internet of Things (IoT), sun’iy intellekt va katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash texnologiyalarining rivojlanishi hisoblash tizimlariga bo‘lgan talabni keskin oshirdi. An’anaviy bulutli tizimlarda barcha vazifalar markaziy serverlarda bajariladi. Biroq foydalanuvchilar sonining ortishi va real vaqt rejimidagi xizmatlarga ehtiyoj sababli kechikish muammolari yuzaga kelmoqda. Shu sababli edge computing texnologiyasi paydo bo‘ldi.

Edge computing — bu ma’lumotlarni foydalanuvchiga yaqin joylashgan qurilmalarda qayta ishlash texnologiyasi hisoblanadi. Cloud-Edge gibrid tizimlarida esa vazifalar bulutli serverlar va edge qurilmalari o‘rtasida taqsimlanadi. Bu usul tarmoq yuklamasini kamaytiradi, javob vaqtini qisqartiradi va tizim samaradorligini oshiradi.

Vazifalarni offloading qilish jarayoni foydalanuvchi qurilmasida bajarilishi kerak bo‘lgan hisoblash ishlarini edge yoki cloud serverlariga uzatishni anglatadi. Ushbu jarayonda tizim vazifaning qayerda bajarilishi samaraliroq bo‘lishini aniqlash uchun bir nechta muhim omillarni hisobga oladi. Avvalo, vazifaning hajmi muhim ahamiyatga ega bo‘lib, katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash ko‘pincha cloud serverlariga yuboriladi. Hisoblash murakkabligi ham muhim omillardan biri hisoblanadi, chunki murakkab va ko‘p resurs talab qiluvchi vazifalar kuchli serverlarda bajarilishi maqsadga muvofiqdir. Bundan tashqari, tarmoq tezligi vazifani uzatish vaqtiga bevosita ta’sir qiladi. Agar internet tezligi past bo‘lsa, vazifani edge qurilmasida bajarish samaraliroq bo‘lishi mumkin. Offloading jarayonida energiya sarfi ham hisobga olinadi, chunki mobil va IoT qurilmalarida energiyani tejash muhim vazifa hisoblanadi. Shuningdek, serverlarning yuklanish darajasi ham nazorat qilinadi. Agar cloud serverlari ortiqcha yuklangan bo‘lsa, vazifalar edge qurilmalariga yo‘naltiriladi. Shu tariqa tizim resurslardan optimal foydalanishga va ishlash samaradorligini oshirishga erishadi.

Cloud-Edge tizimida vazifalarni taqsimlash samaradorligi quyidagi formula orqali baholanishi mumkin:

$$T_{total} = T_{transmission} + T_{execution} + T_{waiting}$$

Bu yerda:

- T_{total} — umumiy bajarilish vaqti;
- $T_{transmission}$ — ma’lumot uzatish vaqti;
- $T_{execution}$ — hisoblash bajarilish vaqti;
- $T_{waiting}$ — navbatda kutish vaqti.

Agar vazifa kichik hajmli va tezkor javob talab qilsa, u edge qurilmasida bajariladi. Katta hajmdagi va murakkab hisoblash talab qiluvchi vazifalar esa cloud serverlariga yuboriladi. Shu tariqa tizim resurslardan optimal foydalanishga erishadi.

Cloud-Edge gibrid tizimlarining asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

– kechikish vaqtining kamayishi;
– real vaqt tizimlarida tezkor ishlash;
– tarmoq yuklamasining pasayishi;
– energiya sarfining optimallashuvi;
– foydalanuvchi tajribasining yaxshilanishi.

Masalan, aqlli transport tizimlarida avtomobillardan kelayotgan sensor ma’lumotlari edge serverlarda qayta ishlanadi. Faqat muhim yoki katta hajmdagi ma’lumotlargina cloud serverlariga yuboriladi. Bu esa transport boshqaruv tizimining tezkor ishlashini ta’minlaydi. Shu bilan birga, Cloud-Edge tizimlarida ayrim muammolar ham mavjud. Jumladan, edge qurilmalarining hisoblash quvvati cloud serverlariga nisbatan past bo‘ladi. Bundan tashqari, xavfsizlik va ma’lumotlarni himoyalash masalalari dolzarb hisoblanadi. Vazifalarni noto‘g‘ri taqsimlash tizim samaradorligining pasayishiga olib kelishi mumkin. Resurslarni samarali boshqarish uchun turli xil algoritmlar qo‘llaniladi. Ular orasida FIFO, Round Robin, Priority Scheduling va sun’iy intellekt asosidagi algoritmlar mavjud. Zamonaviy tadqiqotlarda mashinali o‘qitish usullari yordamida dinamik resurs taqsimlash

mexanizmlari ishlab chiqilmoqda.

Cloud-Edge arxitekturasi bugungi kunda turli sohalarda keng qo‘llanilib, katta hajmdagi ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash va real vaqt rejimida xizmat ko‘rsatishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, aqlli shahar tizimlarida ushbu texnologiya transport harakatini boshqarish, yo‘l tirbandliklarini nazorat qilish, aqlli svetoforlar va xavfsizlik tizimlarini samarali ishlatishda qo‘llaniladi. Sensorlar va kameralar orqali yig‘ilgan ma’lumotlar edge qurilmalarida tezkor qayta ishlanadi, muhim ma’lumotlargina cloud serverlariga yuboriladi. Bu esa tizimning javob berish vaqtini sezilarli darajada kamaytiradi.

Sanoat IoT tizimlarida Cloud-Edge texnologiyasi ishlab chiqarish jarayonlarini monitoring qilish va avtomatlashtirishda muhim rol o‘ynaydi. Zavod va korxonalardagi sensorlar uskunalarning ishlash holatini doimiy kuzatib boradi. Edge qurilmalari yordamida nosozliklar real vaqt rejimida aniqlanadi va tizim tezkor choralar ko‘rishi mumkin bo‘ladi. Natijada ishlab chiqarish samaradorligi oshadi, texnik nosozliklar kamayadi va energiya sarfi optimallashtiriladi.

Avtonom transport vositalarida Cloud-Edge tizimlari juda muhim hisoblanadi. O‘zini o‘zi boshqaruvchi avtomobillar atrof-muhitdan katta hajmdagi ma’lumotlarni sensorlar va kameralar orqali qabul qiladi. Ushbu ma’lumotlarni millisekundlar ichida qayta ishlash talab qilinadi. Edge computing yordamida avtomobil ichidagi hisoblash tizimlari real vaqt rejimida qaror qabul qiladi. Masalan, to‘siqlarni aniqlash, yo‘l belgilarini tanish yoki favqulodda tormozlash kabi jarayonlar edge darajasida bajariladi. Cloud serverlari esa katta hajmdagi ma’lumotlarni saqlash, xaritalarni yangilash va umumiy tahlillarni amalga oshirish uchun xizmat qiladi.

Sog‘liqni saqlash tizimlarida esa Cloud-Edge arxitekturasi masofaviy tibbiy monitoring va aqlli diagnostika tizimlarini rivojlantirishda qo‘llaniladi. Tibbiy qurilmalar va sensorlar bemorlarning yurak urishi, qon bosimi yoki boshqa biologik ko‘rsatkichlarini doimiy nazorat qiladi. Edge qurilmalarida ma’lumotlar tezkor tahlil qilinib, xavfli holatlar aniqlanganda shifokorlarga darhol xabar yuboriladi. Cloud serverlarida esa bemorlarning tarixiy ma’lumotlari saqlanadi va sun’iy intellekt asosida chuqur tahlillar amalga oshiriladi. Bu esa kasalliklarni erta aniqlash va tibbiy xizmat sifatini yaxshilash imkonini beradi.

Xulosa.Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, Cloud-Edge gibrid tizimlari zamonaviy hisoblash muhitida vazifalarni samarali boshqarish imkonini beradi. Offloading mexanizmlari yordamida hisoblash yuklamasi cloud va edge qurilmalari o‘rtasida optimal taqsimlanadi. Natijada tizimning ishlash tezligi oshadi, kechikish va energiya sarfi kamayadi. Shu bilan birga, resurslarni boshqarishda zamonaviy algoritmlardan foydalanish tizim samaradorligini yanada yaxshilaydi. Kelajakda sun’iy intellekt va avtomatik boshqaruv texnologiyalari asosida Cloud-Edge tizimlarini rivojlantirish muhim ilmiy yo‘nalishlardan biri bo‘lib qoladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Satyanarayanan M. *The Emergence of Edge Computing.* IEEE Computer Society, 2017.
2. Buyya R., Srirama S. *Fog and Edge Computing: Principles and Paradigms.* Wiley, 2019.
3. Shi W., Dustdar S. *The Promise of Edge Computing.* Computer Journal, 2016.
4. Cisco Systems. *Cloud and Edge Computing Technologies Report.* 2023.
5. Hasanov A.B. *Bulutli va taqsimlangan hisoblash tizimlari.* Toshkent, 2024.
6. O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi. *Raqamli texnologiyalar rivoji bo‘yicha milliy hisobot.* Toshkent, 2025.