

BULUTLI HISOBLASH TEXNOLOGIYASIDA ALOQA VA HISOBLASH RESURLARINI TAQSIMLASH MUAMMOLARI

Ulugbek Muxammadjonov

TATU, tadqiqotchi

mukhammadjonovu@mail.ru

Annotatsiya. *Sanoat Interneti (IIoT) va Sun'iy intellekt tomonidan boshqariladigan aqlli ishlab chiqarish tizimlarida bulutli va ohirgi nuqta hisoblashning keng qo'llanilishi bilan cheklangan aloqa va hisoblash resurslari sharoitida bulutli texnologiya hamkorlik samaradorligini oshirish muhim tadqiqot yo'nalishiga aylandi. Aqlli ishlab chiqarish tizimlarida qo'shma aloqa va hisoblash resurslarini taqsimlash muammosini hal qilish uchun chekka tugunlar va bulut o'rtasidagi terminal foydalanuvchi vazifalarini tushirish strategiyasini har tomonlama boshqarish uchun hamkorlikdagi xizmatlarda rolga asoslangan hamkorlikka (RBC) asoslangan GRALB modelini ishlab chiqilgan.*

1. KIRISH

Hamkorlikdagi bulutli va chekka hisoblash - bu bulutli hisoblash va chekka hisoblashning afzalliklarini birlashtirgan, hisoblash samaradorligini va ma'lumotlarni qayta ishlashning o'z vaqtida bajarilishini yaxshilashga qaratilgan gibril arxitektura. Hamkorlikdagi bulutli va chekka hisoblash bulut va chekka tugunlari o'rtasidagi hamkorlik orqali amalga oshiriladi. Asosiy hisoblash vazifalari bulutga joylashtiriladi, real vaqt rejimida ishlov berish esa chekkada bajariladi, bu esa resurslarni optimallashtirish va vazifalarni samarali taqsimlash samarasiga erishadi. Ushbu arxitektura aqlli ishlab chiqarish, aqlli shaharlar, aqlli transport va boshqalar kabi past kechikish va yuqori hisoblash quvvatini talab qiladigan ilovalar uchun idealdir. Aqlli ishlab chiqarish tizimida hamkorlikdagi bulutli va chekka hisoblashni qo'llash nafaqat real vaqt rejimida javob berish va xarajatlarni kamaytirishga yordam beradi, balki barqaror rivojlanish uchun muhim yordamni ham taqdim etadi, shunda tizim bozor talabiga moslashuvchan va samarali javob berishi va Sanoat 5.0 rivojlanish konsepsiyasiga javob berishi mumkin.

Hamkorlikdagi bulutli va chekka hisoblash tizimlarida resurslarni taqsimlash [5-7] va vazifalarni yengillashtirish [8-10] muammolarini hal qilish uchun turli xil optimallashtirish strategiyalari taklif qilingan bo'lsa-da, cheklangan aloqa va hisoblash quvvatiga qaramay, chekka bulutning samaradorligini oshirishda hali ham kamchiliklar mavjud. Tadqiqotlarning aksariyati chekkadan oxirigacha vazifalarni yengillashtirishga qaratilgan va optimal hisoblash samaradorligiga erishish uchun chekka tugunlar va bulut serverlarini muvofiqlashtirish uchun moslashuvchanlikka ega emas. Bundan tashqari, an'anaviy resurslarni taqsimlash strategiyalari yuklarni muvozanatlash zaruratini hisobga olmaydi va hisoblash tugunlari o'rtasidagi aloqa talablarining mumkin bo'lgan bog'liqligini e'tiborsiz qoldiradi. Shuning uchun, yuklamalarni muvozanatlash va qo'shma aloqa va hisoblash resurslarini taqsimlashda resurslardan samarali foydalanishga erishish uchun murakkab bulutli chekka hamkorlik

muhitida resurslarni samarali taqsimlash va vazifalarni yengillashtirish strategiyasiga shoshilinch ehtiyoj mavjud.

2.1. Tizim modeli

Uch qavatli Terminal qatlam, MEC (Multi-access Edge Computing) va Cloud qatlam arxitekturasiga ega bo'lgan hamkorlikdagi bulutli va ohirgi nuqta hisoblash tizimini tasavvur qilinadi. Terminal qatlam $M(M = \{1, 2, \dots, m\})$ terminal qurilmalarini (masalan, smartfonlar, planshetlar, kompyuterlar, IoT qurilmalari, sensorlar va boshqalar) o'z ichiga oladi va terminal qurilmalari foydalanuvchi bilan bevosita o'zaro ta'sir qiladi va ma'lumotlarni yaratish uchun javobgardir. Har bir qurilma bir vaqtning o'zida faqat bitta hisoblash vazifasini qayta ishlaydi. MEC qatlami N tayanch stansiyalar (BS) va N ta MEC serverlaridan iborat bo'lib ($N = \{1, 2, \dots, n\}$), har bir BS MEC serveriga ulangan bo'lib, u terminal uskunalari tomonidan tushirilgan hisoblash vazifalarini qabul qilish va ma'lumotlar manbasiga yaqin joyda real vaqt rejimida ma'lumotlarni qayta ishlashni amalga oshirish, bulutga ma'lumotlarni uzatish kechikishini kamaytirish uchun javobgardir. Bulut qatlami bulutli serverlar va ma'lumotlar bazalarini o'z ichiga oladi, ular keng ko'lamli ma'lumotlarni qayta ishlash va saqlash uchun javobgardir va MEC serverlari tomonidan yuborilgan murakkab hisoblash vazifalarini bajarishga qodir. BS tarmoq diapazonidagi barcha terminal qurilmalarini qamrab olishi mumkin va BS terminal qurilmalariga simsiz kanallar orqali ulangan va BS bulutga turli xil orqaga qaytish havolalari orqali ulangan deb taxmin qilinadi.

Kechikish tahlili. Hamkorlikdagi bulutli va chekka hisoblash tizimlarida kechikish tahlili tizimning ishlashini, foydalanuvchi tajribasini va vazifalarni samarali bajarishni ta'minlashning asosiy omili hisoblanadi. Ushbu maqolada biz vazifalarni yengillashtirish strategiyasini yaxshiroq optimallashtirish uchun uzatish kechikishi va hisoblash kechikishining formulalari va ta'sir etuvchi omillarini batafsil tahlil qilinadi.

Uzatish kechikishi asosan hisoblash vazifalarini uzatish paytida terminal qurilmasi va chekka tugun tomonidan hosil qilingan kechikishni o'z ichiga oladi. MEC serveri j har bir bitni hisoblashi uchun zarur bo'lgan sikllar soni C_j , va terminal qurilmasi uchun C_j MEC serveriga j ma'lumotlar hajmi bo'lgan vazifani uzatish uchun D_i zarur bo'lgan vaqt i , ya'ni terminal qurilmasining uzatish kechikishi $T_{i,j}^{tran,d}$.

$$T_{i,j}^{tran,d} = \frac{D_i \times C_j}{R_{i,j}} = \frac{D_i \times C_j}{B \times \log_2 \left(1 + \frac{P_i^{tran,d} \times g_i^j}{N_0} \right)} \quad (1)$$

Ma'lumotlar miqdori bilan vazifani bulut serveriga uzatishi D_i uchun ketadigan vaqt j , ya'ni chekka tugunning uzatish kechikishi $T_{i,j}^{tran,e}$.

$$T_{i,j}^{tran,e} = \frac{D_i}{W_j} \quad (2)$$

bu yerda W_j magistralga ulovchi tarmoq liniyasining bitta bit ma'lumotni uzatishi uchun zarur bo'lgan vaqtni bildiradi.

Hisoblash kechikishi. MEC serverining protsessor chastotasi, deb faraz qilinganda j va MEC serveri uchun f_j^e ma'lumotlar hajmi D_i , ya'ni chekka tugunning hisoblash kechikishi bo'lgan vazifani qayta ishlash uchun $T_{i,j}^{comp,e}$ zarur bo'lgan vaqt j .

$$T_{i,j}^{comp,e} = \frac{D_i C_j}{f_j^e} \quad (3)$$

Bulut serverining protsessor chastotasi f_j^c , va MEC server j vazifani miqdori bilan yuklaganidan keyin bulut serverining ishlov berish vaqti D_i , ya'ni bulut serverining hisoblash kechikishi $T_{i,j}^{comp,e}$ ga teng deb faraz qilinadi.

$$T_{i,j}^{comp,c} = \frac{D_i C_j}{f_j^c} \quad (4)$$

Yuqoridagi hisoblash modellari va taxminlarining tavsifiga ko'ra, barcha terminal qurilmalari tomonidan yaratilgan hisoblash vazifalarini butun hamkorlikdagi bulut va chekka hisoblash tizimida MEC server j ga yuklash uchun zarur bo'lgan umumiy kechikish quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$T_{total} = \sum_{i=0}^{m-1} T_{i,j}, T_{i,j} = T_{i,j}^{tran,d} + \begin{cases} T_{i,j}^{comp,e}, Edge Computing \\ T_{i,j}^{tran,e} + T_{i,j}^{comp,d}, Cloud Computing \end{cases} \quad (5)$$

Kechikishni hisoblash modeli har bir bosqichning kechikishini yaxshiroq tushunishga yordam beradi va samarali optimallashtirish strategiyalarini ishlab chiqish uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Amaliy qo'llanmalarda u hamkorlikdagi bulutli va chekka hisoblash tizimlari uchun vazifalarni yengillashtirish strategiyalarini ishlab chiqishga yo'l-yo'riq ko'rsatishi, resurs sig'imini ta'minlash sharti bilan kechikish va energiya yo'qotilishini kamaytirishi va tizimning samarali ishlashiga erishishi mumkin.

Energiya yo'qotilishini tahlil qilish. Agar terminal qurilmasining uzatish kechikishi va uzatish quvvati alohida bo'lsa $T_{i,j}^{tran,d}$, $P_i^{tran,d}$ ma'lumotlar hajmiga ega vazifani uzatishda terminal qurilmasi tomonidan sarflanadigan energiya $D_i E_{i,j}^{tran,d}$ ga teng.

$$E_{i,j}^{tran,d} = P_i^{tran,d} \times T_{i,j}^{tran,d} = \frac{P_i^{tran,d} \times D_i \times C_j}{B \times \log_2(1 + \frac{P_i^{tran,d} \times g_j^d}{N_0})} \quad (6)$$

Agar chekka tugunning uzatish kechikishi va uzatish quvvati alohida bo'lsa $T_{i,j}^{tran,e}$, $P_j^{tran,e}$ chekka tugun tomonidan ma'lumotlar hajmiga ega vazifani uzatishda sarflanadigan energiya $D_i E_{i,j}^{tran,e}$ ga teng.

$$E_{i,j}^{tran,e} = P_j^{tran,e} \times T_{i,j}^{tran,e} = \frac{P_j^{tran,e} \times D_i \times C_j}{B \times \log_2(1 + \frac{P_j^{tran,e} \times g_i^e}{N_0})} \quad (7)$$

Hisoblashning energiya yo'qotilishi. Chegara tugunining hisoblash kechikishi $T_{i,j}^{comp,e}$ va protsessor siklida sarflanadigan quvvat $P_j^{comp,e}$, ma'lumotlar hajmi bo'lgan vazifani hisoblashda chekka tugun tomonidan sarflanadigan energiya $D_i E_{i,j}^{comp,e}$ ga teng deb faraz qilinadi.

$$E_{i,j}^{comp,e} = P_j^{comp,e} \times T_{i,j}^{comp,e} = P_j^{comp,e} \times \frac{D_i C_j}{f_j^e} \quad (8)$$

Bulut serverining hisoblash kechikishini $T_{i,j}^{comp,c}$, protsessor siklida sarflanadigan quvvatni $P_c^{comp,c}$ va ma'lumotlar hajmi bo'lgan vazifani hisoblashda bulut serveri tomonidan sarflanadigan energiya miqdorini $D_i E_{i,j}^{comp,c}$ sifatida belgilanadi.

$$E_{i,j}^{comp,c} = P_j^{comp,c} \times T_{i,j}^{comp,c} = P_j^{comp,c} \times \frac{D_i C_j}{f_j^c} \quad (10)$$

Yuqoridagi hisoblash modelining tavsifiga ko‘ra, barcha terminal qurilmalari tomonidan j butun hamkorlikdagi bulut va chekka hisoblash tizimida hisoblash vazifalarini MEC serveriga yuklash uchun zarur bo‘lgan umumiy energiya sarfi quyidagicha ifodalanishi mumkin.

$$T_{total} = \sum_{i=0}^{m-1} T_{i,j}, T_{i,j} = T_{i,j}^{tran,d} + \begin{cases} T_{i,j}^{comp,e}, Edge Computing \\ T_{i,j}^{tran,e} + T_{i,j}^{comp,d}, Cloud Computing \end{cases} \quad (11)$$

Energiya sarfini hisoblash modeli har bir bosqichda energiya sarfi manbalarini chuqur tushunishga yordam beradi va tizimning energiya samaradorligini optimallashtirish uchun mustahkam asos yaratadi, bu esa hamkorlikdagi bulutli va chekka hisoblash tizimlarining vazifalarni taqsimlash va resurslarni rejalashtirish strategiyalariga yo‘l-yo‘riq ko‘rsatishi mumkin, shu bilan tizimning energiya sarfini kamaytirish va xizmat ko‘rsatish sifati va cheklovlarini ta‘minlash sharti bilan yashil energiya tejaydigan hisoblashga erishish mumkin.

Xulosa. O‘tkazilgan tadqiqot relajakda quyidagi jihatlarni takomillashtirish va kengaytirishni yanada o‘rganishni rejalashtirishga to‘rtki bo‘ladi:

Birinchidan, amaliy qo‘llanmalarning murakkabligiga moslashish uchun tarmoq holatidagi o‘zgarishlar va foydalanuvchi ehtiyojlari dinamikasi kabi ko‘proq dinamik parametrlarni joriy qilish. Ikkinchidan, vazifalarni tushirish strategiyalarini moslashuvchan optimallashtirishga erishish va murakkab muhitlarda sxemaning moslashuvchanligini oshirish uchun Reinforcement Learning va Deep Learning kabi aqlli optimallashtirish algoritmlarini joriy etishga erishish.

Uchinchidan kengaytirilgan modelning qo‘llanilishini ham ko‘rib chiqib va uni turli stsenariylarda uning ko‘p qirrali va barqarorligini yanada tekshirish uchun yanada aqlli ishlab chiqarish stsenariylariga qo‘llashga erishish. Ushbu yaxshilanishlar orqali RBC asosidagi bulutli chekka hamkorlikdagi hisoblash strategiyasining amaliyligi va samaradorligini yanada oshirishni va kelajakdagi aqlli ishlab chiqarish tizimlari uchun yanada aqlli resurslarni boshqarish va vazifalarni rejalashtirish yechimlarini taqdim etishishiga zamin yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

[1] C.H. Hong, B. Varghese, Resource management in fog/edge computing: a survey on architectures, infrastructure, and algorithms[J], ACM Comput. Surv. (CSUR) 52 (5) (2019) 1–37.

[2] A. Mijuskovic, A. Chiumento, R. Bemthuis, et al., Resource management techniques for cloud/fog and edge computing: an evaluation framework and classification[J], Sensors 21 (5) (2021) 1832.

[3] H. Yuan, M.C Zhou, Profit-maximized collaborative computation offloading and resource allocation in distributed cloud and edge computing systems[J], IEEE Trans. Autom. Sci. Eng. 18 (3) (2020) 1277–1287.

- [4] H. Wu, J. Geng, X. Bai, S. Jin, Deep reinforcement learning-based online task offloading in mobile edge computing networks, *Inf Sci* 654 (2024) 119849.
- [5] Y. Gong, K. Bian, F. Hao, Y. Sun, Y. Wu, Dependent tasks offloading in mobile edge computing: a multi-objective evolutionary optimization strategy, *Fut. Generat. Comput. Syst.* 148 (2023) 314–325.
- [6] M. Xie, X. Su, H. Sun, G. Zhang, Online task offloading algorithm based on multi-objective optimization caching strategy, *Comput. Netw.* 245 (2024) 110400.
- [7] H. Zhu, Some issues of role-based collaboration, in: *CCECE 2003-Canadian conference on electrical and computer engineering. toward a caring and humane technology* (Cat. No. 03CH37436) 2, 2003, pp. 687–690. IEEE.
- [8] S. Wan, S. Ding, C Chen, Edge computing enabled video segmentation for real-time traffic monitoring in internet of vehicles[J], *Pattern. Recognit.* 121 (2022) 108146.
- [9] S.K Sood, Smart vehicular traffic management: an edge cloud centric IoT based framework[J], *Int. Things* 14 (2021) 100140.
- [10] Q. You, B. Tang, Efficient task offloading using particle swarm optimization algorithm in edge computing for industrial internet of things[J], *J. Cloud Comput.* 10 (2021) 1–11.
- [11] T. Gao, Q. Tang, J. Li, et al., A particle swarm optimization with l' evy flight for service caching and task offloading in edge-cloud computing[J], *IEEe Access.* 10 (2022) 76636–76647.