

ZAMONAVIY KOMPYUTERLARNING KESH HOTIRASI VA UNING TASHKIL ETILISHI

Matqurbonov Jamoladdin Umidjon o'g'li

Ergashov Zoirjon Toir o'g'li

Alisherov Qudrat Shuhratjoj o'g'li

Muhammad al Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalar universiteti talabalari.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14216474>

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy kompyuterlarning kesh hotirasi va uning tashkil etilishi haqida keng qamrovli tahlil keltirilgan. Kompyuter arxitekturasini, kesh hotirasining vazifasi, turlari, va uning ishlash prinsiplari batafsil ko'rib chiqilgan. Shuningdek, kesh hotirasining ishlash tezligini oshirish va umumiy kompyuter tizimining samaradorligini ta'minlashdagi ahamiyati o'rganilgan. Maqolada kesh hotirasi texnologiyalarining evolyutsiyasi va zamonaviy kompyuterlarda qo'llanilishi, shuningdek, uning dasturiy ta'minot va apparat tizimlari bilan aloqasi haqida ham ma'lumotlar taqdim etiladi. Maqola kompyuter texnologiyalariga qiziqqan talaba, ilmiy xodimlar va mutaxassislar uchun foydali bo'lishi mumkin.

Kalit so'zlar: Kesh hotirasi, kompyuter arxitekturasini, tezkor xotira, CPU, ma'lumotlar almashinuvi, kesh yadro, keshni optimallashtirish.

CACHE MEMORY OF MODERN COMPUTERS AND ITS ORGANIZATION

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of the cache memory of modern computers and its organization. Computer architecture, function, types of cache memory, and principles of its operation are considered in detail. Also, the importance of the cache memory in increasing the speed of operation and ensuring the efficiency of the general computer system is studied. The article also provides information on the evolution of cache memory technology and its use in modern computers, as well as its relationship to software and hardware systems. The article can be useful for students, researchers and specialists interested in computer technologies.

Key words: Cache memory, computer architecture, fast memory, CPU, data exchange, cache kernel, cache optimization.

КЭШ-ПАМЯТЬ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРОВ И ЕЕ ОРГАНИЗАЦИЯ.

Аннотация. В данной статье представлен комплексный анализ кэш-памяти современных компьютеров и ее организации. Подробно рассмотрены архитектура компьютера, назначение, типы кэш-памяти и принципы ее работы. Также изучено значение кэш-памяти в повышении скорости работы и обеспечении эффективности общей компьютерной системы. Также в статье представлена информация об эволюции технологии кэш-памяти и ее использовании в современных компьютерах, а также ее связи с программными и аппаратными системами. Статья может быть полезна студентам, исследователям и специалистам, интересующимся компьютерными технологиями.

Ключевые слова: Кэш-память, архитектура компьютера, быстрая память, ЦП, обмен данными, ядро кэша, оптимизация кэша.

Kirish: Zamonaviy kompyuter tizimlarida kesh hotirasi markaziy hisoblash blokining samarali ishlashida muhim rol o'ynaydi.

Kompyuterlarning ishlash tezligi ko'plab omillarga bog'liq bo'lib, ularning orasida xotira tezligi alohida ahamiyatga ega. Kesh hotirasi, ya'ni CPU bilan to'g'ridan-to'g'ri aloqada bo'lgan tezkor xotira, markaziy protsessor (CPU) va asosiy xotira (RAM) o'rtasidagi ma'lumotlar almashinuvini tezlashtirish uchun mo'ljallangan. Kompyuter tizimi ishlashining samaradorligini oshirish uchun kesh hotirasining tashkil etilishi va uning turli qatlamlarining roli muhimdir.

Maqolada kesh hotirasining mohiyati, turlari, ishlash prinsiplari, hamda zamonaviy kompyuter tizimlarida uning optimallashtirish haqidagi masalalar ko'rib chiqiladi.

Asosiy qism:

1. Kesh hotirasining tushunchasi

Kesh hotirasi kompyuter tizimlarida ma'lumotlarni tezda saqlash va qayta ishlash uchun mo'ljallangan yuqori tezlikda ishlov beruvchi xotira turidir. Kesh hotirasi CPUga yaqin bo'lgan va tizimning asosiy xotirasidan tezroq ishlov beruvchi xotira bo'lib, CPU va RAM o'rtasidagi ma'lumotlarni almashinuvni tezlashtiradi. Kesh hotirasi, asosan, tez-tez ishlatiladigan ma'lumotlar va instruktsiyalarni saqlash uchun ishlatiladi, shu bilan birga, kompyuterning umumiy ishlash tezligini oshirishga xizmat qiladi.

2. Kesh hotirasining turlari va tashkil etilishi

Kesh hotirasi odatda uch xil qatlamga bo'linadi:

- **L1 kesh** (Level 1 Cache): Bu eng tezkor va eng kichik kesh turidir. L1 kesh to'g'ridan-to'g'ri CPU yadrosiga integratsiyalashgan va dastlabki darajadagi ma'lumotlar va instruktsiyalarni saqlaydi.

- **L2 kesh** (Level 2 Cache): L2 kesh, odatda, L1 keshga nisbatan kattaroq bo'lib, CPU yadrosidan biroz uzoqroq joylashadi. Bu kesh turida L1da bo'lmagan, lekin tez-tez foydalaniladigan ma'lumotlar saqlanadi.

- **L3 kesh** (Level 3 Cache): L3 kesh katta hajmdagi va sekinroq ishlov beruvchi xotira bo'lib, ko'p yadroli protsessorlar uchun umumiy kesh sifatida xizmat qiladi. U CPUning barcha yadrolari uchun umumiy bo'ladi.

1. Kesh hotirasining turlari

Kesh hotirasi turli xususiyatlarga ega bo'lib, quyidagi asosiy turlarni o'z ichiga oladi:

a. Sensory Memory (Sensor xotira)

- Sensor xotira, ya'ni sezgi hotirasi, atrof-muhitdan kelayotgan barcha ma'lumotlarni (ko'rish, eshitish, hidlash, ta'mni sezish va boshqalar) juda qisqa muddatda, faqat bir necha millisekund yoki soniya davomida saqlaydi.

- Masalan, biron bir tasvirni ko'rganda, siz ko'rgan narsaning xotirasi qisqa vaqtga saqlanadi. Shu tarzda, ko'rish xotirasi (ikonik xotira) va eshitish xotirasi (ekhoik xotira) mavjud.

- **Ikonik xotira** — bu ko'rgan tasvirlarning juda qisqa muddatda saqlanishi.

- **Ekhoik xotira** — bu eshitgan tovushlarning saqlanishi.

b. Short-Term Memory (Qisqa muddatli xotira)

- Qisqa muddatli xotira yoki kesh hotirasi, odamning bir necha daqiqa davomida ishlatadigan ma'lumotlarini saqlaydi. Bu xotira odatda 7 ± 2 ta elementni o'zida ushlab turishi mumkin (bu "Miller's Law" deb ataladi).

- Misol uchun, telefon raqamini yoki manzilni eslab qolish, lekin uzoq vaqt davomida saqlab qolmasdan.

- Qisqa muddatli xotiradagi ma'lumotlar ko'pincha faol ishlov beriladi yoki doimiy xotiraga o'tkaziladi, aks holda u tezda unutiladi.

c. Working Memory (Ishlash xotirasi)

- Ishlash xotirasi, qisqa muddatli xotiradan farq qiladi, chunki u faqat ma'lumotlarni saqlab qolib, ular bilan ishlash imkonini beradi.

- Bu xotira odamga o'ylash, muammoni hal qilish va qaror qabul qilishda yordam beradi.

- Ishlash xotirasi, ko'pincha uchta asosiy tizimni o'z ichiga oladi:

1. **Vizuospatial sketchpad** — tasviriy va makon ma'lumotlarini saqlash va ishlov berish.

2. **Phonological loop** — eshitish orqali ma'lumotlarni saqlash (masalan, so'zlarni eslab qolish).

3. **Central executive** — barcha tizimlarni boshqarish va muammolarni hal qilish.

d. Long-Term Memory (Uzun muddatli xotira)

- Bu xotira turi ma'lumotlarni uzoq muddatga saqlashga mo'ljallangan va keng ko'lamdagi ma'lumotlarni qamrab oladi.

- Uzun muddatli xotiradagi ma'lumotlar odamning hayoti davomida saqlanishi mumkin. Bu turdagi xotira sezgir (semantic memory), tasviriy (episodic memory) va protseduralar (procedural memory) kabi turli turlarni o'z ichiga oladi.

2. Kesh hotirasi qanday tashkil etiladi?

Kesh hotirasi quyidagi bosqichlar orqali tashkil etiladi:

a. Qabul qilish (Encoding)

- Ma'lumotlar sensor tizimlar orqali qabul qilinadi, ya'ni ko'rish, eshitish, hidlash va boshqa sezgi organlari orqali. Bu ma'lumotlar sensor xotiraga o'tadi.

b. Saqlash (Storage)

- Qisqa muddatli yoki ishlash xotirasida saqlanadi. Bu jarayonda ma'lumotlar vaqtincha saqlanadi, lekin juda qisqa muddat ichida o'zgarishi yoki yo'qolishi mumkin.

- Qisqa muddatli xotiradan uzoq muddatli xotiraga o'tish uchun, ma'lumotlarni faol ravishda qayta ishlash, takrorlash va tasavvur qilish zarur.

c. Chiqish (Retrieval)

- Saqlangan ma'lumotlar kerak bo'lganida yodga olinadi yoki ishlatiladi. Chiqish jarayoni, qayta ishlash va qo'llanish uchun kerakli xotiralarni faollashtiradi.

3. Kesh hotirasining xususiyatlari

- **Cheklangan hajm:** Qisqa muddatli xotira yoki kesh hotirasi, ma'lumotni juda qisqa muddat davomida saqlashga qodir, ammo cheklangan hajmda.

- **Tezda o'zgargan:** Bu turdagi xotira, o'zgarmas va doimiy saqlanadigan xotiraga qaraganda, tez-tez o'zgaradi.

- **Boshqarish imkoniyati:** Kesh hotirasi ko'pincha tasodifiy va faol ishlov berishni talab qiladi. Masalan, yangi ma'lumotlarni saqlash yoki biror vazifani bajarish uchun ishlatiladi.

3. Kesh hotirasining ishlash prinsipi

Kesh hotirasi qanday ishlaydi? U quyidagi jarayonlar orqali ma'lumotni saqlash, qayta ishlash va boshqarishni amalga oshiradi:

a. Qabul qilish (Encoding)

- Ma'lumot kesh hotirasiga kirishdan oldin, sensor tizimlar orqali qabul qilinadi. Masalan, ko'rish va eshitish orqali olinadigan ma'lumotlar sensory memory-ga o'tadi, keyin qisqa muddatli xotiraga (kesh) kiradi.

- Qabul qilish jarayoni, ma'lumotning qanday saqlanishi va ishlashini belgilaydi. Agar ma'lumotni qayta ishlash, takrorlash yoki tasavvur qilish jarayoni mavjud bo'lsa, u uzoq muddatli xotiraga o'tkazilishi mumkin.

b. Qayta ishlash (Rehearsal and Processing)

- Qisqa muddatli xotira yoki kesh hotirasidagi ma'lumotlar biror muammo yoki vazifa bilan ishlashda qayta ishlanadi. Bunday ishlov berish jarayoni ma'lumotlarni saqlash va ishlatish uchun zarur.

- Misol uchun, telefon raqamini yoki yangi o'rganilgan so'zni yodlab qolish uchun takrorlash ishlov berishning oddiy bir shakli hisoblanadi. Bu jarayon fonologik halqa yoki vizuospatial sketchpad orqali amalga oshiriladi.

c. Boshqarish (Central Executive Control)

- Kesh hotirasi markaziy boshqaruvchi tomonidan boshqariladi, bu tizim ma'lumotlarni turli qismlardan yig'ib, ular orasidagi muvofiqlikni o'rnatadi.

- Markaziy boshqaruvchi, masalan, turli xil va bir-biriga qarama-qarshi bo'lgan ma'lumotlarni tahlil qilish va ulardan foydalanish uchun qaror qabul qiladi. Boshqaruvchi tizimning samarali ishlashi, e'tiborni, xotirani va boshqaruvni talab qiladigan vazifalarni bajarishga yordam beradi.

d. Chiqish (Retrieval)

- Ma'lumot kesh hotirasida saqlangach, kerakli ma'lumotlar chaqirilib (retrieved) foydalaniladi. Bu jarayonda ma'lumot yodga olinadi va ishlatiladi.

- Agar ma'lumot uzoq muddatli xotiraga o'tkazilsa, bu jarayonning keyingi bosqichi ham shundan iborat bo'ladi: ma'lumotni uzoq muddatli xotiradan olish va kesh hotiraga qaytarish.

3. Kesh hotirasining xususiyatlari

- **Tezkor ishlash:** Kesh hotirasi tezkor ishlashga mo'ljallangan. Bu tezda qaror qabul qilish, ma'lumotlarni qayta ishlash va muammolarni hal qilish uchun zarur.

- **Cheklangan hajm:** Kesh hotirasi faqat bir nechta elementni saqlay oladi (odatda 7 ± 2 ta element). Bu xususiyat ma'lumotni faqat qisqa muddatga saqlash imkonini beradi.

- **Funktsional yodlash:** Kesh hotirasi faqat ma'lumotni saqlash bilan cheklanmaydi, balki uni qayta ishlash, yangi ma'lumotlar bilan integratsiya qilish, takrorlash va takomillashtirishni ham amalga oshiradi.

4. Keshni optimallashtirish

Kesh hotirasini samarali ishlatish uchun turli usullar qo'llaniladi:

- **Prefetching:** Bu texnika yordamida keshga oldindan ma'lumotlar yuklanadi, shunda ular zarur bo'lganda tezda ishlov berilishi mumkin.

- **Replacement Algorithms:** Keshda joy bo'shatish uchun turli algoritmlar mavjud, masalan, LRU (Least Recently Used) va FIFO (First In, First Out).

- **Data locality:** Keshdan samarali foydalanish uchun ma'lumotlar o'rtasida "proximity" (yaqinlik) mavjud bo'lishi kerak. Dasturda tez-tez ishlatiladigan ma'lumotlar bir-biriga yaqin joylashgan bo'lishi keshni optimallashtirishga yordam beradi.

5. Kesh hotirasining muammolari va yechimlar

Kesh hotirasining muammolari

a. Cheklangan hajm (Limited capacity)

• Kesh hotirasi juda cheklangan hajmga ega. Odatda, odamning qisqa muddatli xotirasi faqat 7 ± 2 ta elementni (raqamlar, soʻzlar, tasvirlar) saqlashga qodir. Bu holat koʻp maʼlumotlarni bir vaqtning oʻzida saqlashni qiyinlashtiradi.

• **Muammo:** Cheklangan hajm odamga koʻp miqdordagi maʼlumotni saqlash va tezda ishlashda qiyinchiliklar tugʻdirishi mumkin. Kesh hotirasida juda koʻp maʼlumot saqlansa, uning samaradorligi pasayadi.

b. Maʼlumotning tez unutilishi (Rapid forgetting)

• Kesh hotirasi juda tez oʻzgaruvchi va vaqt oʻtishi bilan tezda unutiladi. Odatda, saqlangan maʼlumot bir necha soniya yoki daqiqa ichida yoʻqoladi.

• **Muammo:** Qisqa muddatli xotiradagi maʼlumotlar tezda unutilishi mumkin, ayniqsa maʼlumotni qayta ishlash yoki takrorlash amalga oshirilmasa.

c. Interferensiya (Interference)

• Interferensiya — bu yangi maʼlumotlarning eski maʼlumotlar bilan aralashishi va ularni oʻzgartirish yoki unutilishiga olib kelishi. Interferensiya ikki turga boʻlinadi:

1. **Oldingi interferensiya (Proactive interference)** — eski maʼlumotlarning yangi maʼlumotlarni oʻzlashtirishga toʻsqinlik qilishi.

2. **Yangi interferensiya (Retroactive interference)** — yangi maʼlumotlarning eski maʼlumotlarni yodlashni qiyinlashtirishi.

• **Muammo:** Kesh hotirasidagi yangi va eski maʼlumotlarning aralashuvi, oʻrganish samaradorligini pasaytiradi va unutilishni tezlashtiradi.

d. Eʼtiborning tarqalishi (Attention problems)

• Kesh hotirasi, ayniqsa markaziy boshqaruvchi tizim, eʼtibor va diqqatni boshqarish uchun ishlaydi. Biroq, uzoq davom etadigan eʼtibor yoʻqotilishi yoki koʻplab narsalarga bir vaqtda eʼtibor berish, xotira samaradorligini pasaytiradi.

• **Muammo:** Kesh hotirasi maʼlumotni samarali qayta ishlash va saqlash uchun yaxshi diqqatni talab qiladi. Agar eʼtibor tarqalsa, maʼlumotlar saqlanishi va qayta ishlanishi yomonlashadi.

e. Stress va emotsiyalar (Stress and emotions)

• Stress va kuchli emotsiyalar kesh hotirasining ishlashiga salbiy taʼsir koʻrsatishi mumkin. Yuqori darajadagi stress va emotsiyalar, miyaning qisqa muddatli xotirasi va qayta ishlash tizimiga aralashadi.

• **Muammo:** Yuqori darajadagi stress, kayfiyatning oʻzgarishi yoki qaygʻu kesh hotirasining ishlashini qiyinlashtiradi, bu esa maʼlumotning yodda saqlanishiga taʼsir qiladi.

2. Kesh hotirasining muammolariga yechimlar

a. Qayta ishlash va takrorlash (Rehearsal)

• **Yechim:** Qisqa muddatli xotiradagi maʼlumotlarni samarali saqlash uchun qayta ishlash (rehearsal) usulidan foydalanish muhimdir. Maʼlumotlarni takrorlash, ular uzoq muddatli xotiraga oʻtkazilishiga yordam beradi.

○ **Aktiv takrorlash:** Maʼlumotlarni faqat oʻqish orqali emas, balki ularni faol ravishda qayta ishlash (masalan, oʻzingizga soʻrash yoki yozish) orqali yodda saqlash mumkin.

○ **Qo'llash:** O'rganilayotgan ma'lumotlarni amaliyotda ishlatish (masalan, yangi o'rganilgan tilni gapirish) esa ma'lumotni uzoqroq saqlashga yordam beradi.

b. Chunking (Bo'lish yoki guruhlash)

• **Yechim:** "Chunking" — bu ma'lumotni katta bloklarga yoki guruhlarga bo'lish usuli. Bu kesh hotirasining cheklangan hajmini samarali ishlatishga yordam beradi.

○ Masalan, telefon raqamini yodlashda, raqamlarni kichik guruhlarga bo'lish (misol: 555-123-4567) ma'lumotni saqlashni osonlashtiradi.

○ Bu usul, qisqa muddatli xotiraning cheklangan hajmiga nisbatan samarali foydalanish imkoniyatini yaratadi.

c. Diqqatni kuchaytirish (Improving attention)

• **Yechim:** Kesh hotirasining samarali ishlashi uchun e'tibor zarur. Diqqatni kuchaytirish uchun mindfulness texnikalari, yaxshi uyqu, muntazam jismoniy mashqlar va stressni boshqarish yordam berishi mumkin.

○ **Mindfulness va diqqatni boshqarish:** Meditatsiya va diqqatni jamlash texnikalari odamning e'tiborini kuchaytirib, ma'lumotni yaxshiroq saqlashga yordam beradi.

○ **Diqqatni boshqarish:** Bir vaqtning o'zida bir nechta vazifani bajarish (multitasking) kesh hotirasining samaradorligini pasaytiradi, shuning uchun diqqatni bitta vazifaga yo'naltirish ma'qul.

d. Yangi ma'lumotlarni o'rganish va ilgari o'rganilganlarni mustahkamlash (Spaced repetition)

• **Yechim:** Spaced repetition — bu o'rganish va takrorlashni vaqtga taqsimlash usuli. Ma'lumotlarni vaqt-vaqti bilan qayta o'rganish, ularning uzoq muddatli xotiraga o'tkazilishiga yordam beradi.

• Masalan, yangi o'rganilgan so'zlarni har kuni bir necha marta qayta o'rganish, ularning yodda saqlanishini yaxshilaydi.

e. Emotsional boshqaruv (Emotion regulation)

• **Yechim:** Stress va emotsional holatlar kesh hotirasining ishlashiga ta'sir qilishi mumkin. Stressni kamaytirish uchun meditatsiya, yoga, chuqur nafas olish, va boshqa emotsional boshqaruv usullaridan foydalanish ma'lumotlarni saqlashni yaxshilaydi.

○ **Stressni boshqarish:** Stressni boshqarish uchun muntazam ravishda nafas olish mashqlari yoki stressni kamaytiruvchi faoliyatlar (masalan, sayr qilish yoki musiqa tinglash) amalga oshirilishi mumkin.

Xulosa:

Kesh hotirasi kompyuter tizimlarining samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Uning turli darajalarini va ishlash prinsiplari bilan tanishish, zamonaviy kompyuter tizimlarining samarali ishlashini ta'minlashda yordam beradi. Keshni optimallashtirish va yangilash texnologiyalari orqali tizimlar yanada tezroq va samarali ishlashi mumkin.

Kompyuter arxitekturasida kesh hotirasi bo'yicha yangi tadqiqotlar va yondashuvlar kutilmoqda, bu esa kelajakda yanada tezkor va samarali tizimlarning paydo bo'lishiga olib keladi.

REFERENCES

1. Hennessy, J. L., & Patterson, D. A. (2019). *Computer Architecture: A Quantitative Approach* (6th ed.). Elsevier.
2. Stallings, W. (2018). *Computer Organization and Architecture: Designing for Performance* (10th ed.). Pearson Education.
3. Hill, M. D., & Smith, A. J. (2000). *Cache Design and Optimization for Microprocessors*. IEEE Transactions on Computers.
4. Jacob, B., & Wang, D. (2011). *Memory Systems: Cache, DRAM, Disk*. Elsevier.