

SQL SERVER 2022 DA XOTIRA BOSHQARUVI VA ARXITEKTURASI

Tojimamatov Israil Nurmamatovich

Farg'ona Davlat Universiteti, katta o'qituvchisi

Sobirov Asadbek Nodirjon o'g'li

Farg'ona Davlat Universiteti, talabasi

Annotatsiya: Maqolada SQL Server 2022 ning xotira tuzilmasi va boshqaruvi batafsil bayon qilinadi. Ma'lumotlar bazasida xotira ahamiyati, SQL Server'ning yangilangan versiyasidagi xotira komponentlari va ularning umumiy funksiyalari tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: SQL Server 2022, xotira boshqaruvi, buffer pool, In-Memory OLTP.

Аннотация: В статье подробно рассматриваются структура и управление памятью в SQL Server 2022. Анализируется значение памяти в базе данных, компоненты памяти в обновлённой версии SQL Server и их основные функции.

Ключевые слова: SQL Server 2022, управление памятью, буферный пул, In-Memory OLTP.

Abstract: The article provides a detailed overview of the memory structure and management in SQL Server 2022. It analyzes the importance of memory in databases, memory components in the updated version of SQL Server, and their general functions.

Keywords: SQL Server 2022, memory management, buffer pool, In-Memory OLTP.

Kirish. Ma'lumotlar bazasining samarali ishlashi uchun xotira tuzilmasi muhim ahamiyatga ega. SQL Server 2022 da yangilangan xotira boshqaruvi mexanizmlari joriy etilib, **diskli** va **xotira asosidagi** saqlash texnologiyalari uyg'unlashgan. Diskli ma'lumotlar uchun SQL Server buffer pool (keshlab olingan sahifalar to'plami) ga ishonadi, bu yerda ma'lumotlar sahifalar haligacha birinchi bo'lib xotiraga yuklanadi. Xotira bo'shlig'i qancha

ko'p bo'lsa, shuncha ko'p ma'lumot xotirada saqlanib, diskga murojaat kamroq bo'ladi. Shu bilan birga, SQL Server 2022 **In-Memory OLTP** funksiyasini yanada takomillashtirib, ma'lumotlarni memory-optimized tables (xotiraga optimallashtirilgan jadvallar) va columnstore indekslar (ustunli saqlash) shaklida ham boshqaradi. Bu texnologiyalar yuqori tranzaksion tezlik va katta hajmdagi analitik so'rovlar uchun mo'ljallangan. Kirish qismida avvalo umumiy arxitektura ko'rib chiqilib, keyingi bo'limlar asosiy (nazariy va amaliy) qismlarga ajratiladi.

SQL Server xotira boshqaruvi (nazariy qism). SQL Server dinamik xotira boshqaruvini qo'llaydi: xizmat asosan kerakli miqdorda xotirani o'zlashtirib, tizim barqarorligini saqlashga harakat qiladi. Operatsion tizimdan kelayotgan xotira bildirishnomalari orqali bo'sh xotira miqdori muntazam kuzatiladi. **Windows Memory Notification API** yordamida SQL Server tizimda qancha xotira bo'sh ekanligini tekshiradi: agar bo'sh xotira kamaysa, bu xotirani OS ga qaytarib beradi, ortiqcha xotira bo'lsa, uni o'zlashtiradi. Shu tariqa, SQL Server faqat yuk talab qilganida xotirani kengaytiradi va bo'sh vaqtida virtual adres bo'sh maydonini o'zgartirmaydi.

Buffer pool — SQL Serverning eng katta xotira bo'limi bo'lib, u erda diskdagi jadval va indeks sahifalari saqlanadi. Sistema maqsadi—disk I/O chaqiruvlarini minimallashtirish: tez-tez murojaat qilinadigan sahifalar xotirada tutilib, yangilangan yoki o'chirib yuborilgan hollarda diskka qayta yozish sodir bo'ladi. Shu bilan birga, SQL Server quyidagi ikki maqsadni muvozanatlashtiradi: **(1)** buffer pool shunchalik katta bo'lsinki, umumiy xotira jihatidan tizim susayib qolmasin, **(2)** yana shuncha katta bo'lsinki, diskdan o'qish minimal bo'lsin. Buffer pool me'yori (max server memory) va minimal chegarasi (min server memory) yordamida cheklanishi mumkin. Yangi versiyalarda, masalan SQL Server 2022 da, parallel scan imkoniyatlari yaxshilandi: katta hajmdagi xotiraga ega serverlarda buffer pool bo'ylab skan qilish bir necha yadro yordamida tezlashadi. Bu, masalan, katakchalar qayta tiklash yoki indeksni qayta qurishda katta quvvat beradi.

Bundan tashqari, SQL Server xotira arxitekturasida **NUMA** (Non-Uniform Memory Access) prinsiplari asosida loyihalashtirilgan. Ko'p protsessorli tizimlarda har bir protsessor guruhida o'z xotirasi bo'lib, SQL Server dinamik joylashuv asosida bu tuzilmani samarali ishlatadi. Xotira ob'yektlari (heap allocatorlar) sys.dm_os_memory_objects DMV orqali kuzatiladi, ular bir nechta iplar tomonidan bo'linib ishlatiladi. Agar bir nechta ip bitta xotira obyekti uchun raqobat qilsagina, SQL Server avtomatik tarzda bu ob'ektni bo'linmalar asosida ajratadi, bu bilan o'tkir to'qnashuvlarni kamaytirishga yordam beradi.

Misol (Buffer pool haqida)

Quyidagi SQL misolda joriy buffer pool hajmi haqida ma'lumot olamiz va xotira iste'molining asosiy tarkibiy qismlarini kuzatamiz.

Bu so'rov DMV orqali joriy ishlatilayotgan jismoniy xotira va buffer pool uchun ajratilgan xotirani ko'rsatadi. Agar juda katta so'rov bajarilayotgan bo'lsa yoki ko'rsatilgan kabi memory tavsiyalari yetarli bo'lmasa, buffer pool cheklovi tufayli xatolik yuz berishi mumkin. Shu uchun ba'zida SQL Server sozlamalarida max server memoryni oshirish yoki so'rov parallelizmini pasaytirish tavsiya etiladi.

In-Memory OLTP va xotira-optimallashtirilgan jadvallar. SQL Server 2022 da **In-Memory OLTP** (xotira asosli tranzaksion qayta ishlash) texnologiyasi to'liq qo'llab-quvvatlanadi va yaxshilandi. Ushbu texnologiya ma'lumotlarni diskga yo'qotmasdan, to'g'ridan-to'g'ri xotirada saqlashga imkon beradi. **Xotira-optimallashtirilgan jadvallarda** satrlar an'anaviy sahifalar shaklida emas, balki 8 baytli ko'rsatkichlar orqali manzillanadi. Bunday jadvaldagi ma'lumotlar asosiy xotirada (RAM) bo'lgani uchun, bitimli (bitwise) operatsiyalar va indeks so'rovlari sezilarli darajada tezlashadi.

Xotira-optimallashtirilgan jadval yaratish uchun CREATE TABLE iborasi yordamida WITH (MEMORY_OPTIMIZED = ON) parametri qo'llanadi.

Yuqoridagi misolda SessionData jadvali xotiraga optimallashtirilgan va **umumiy** (SCHEMA_AND_DATA) barqarorlik bilan yaratilgan. Bu shuni anglatadiki, harakatlar

avvalo xotirada sodir bo'ladi, lekin turg'unlik uchun jadvalning ikkinchi nusxasi diskda ham qayd etiladi. Xotira-optimallashtirilgan jadval ma'lumotlarini tiklash uchun **checkpoint file pairs** (CFP) deb ataladigan maxsus fayllar ishlatiladi, ular server qayta yuklanganda xotiraga ma'lumotni tiklash vazifasini bajaradi. Ya'ni, xotiradagi jadvalning ikkinchi nusxasi (checkpoint fayllarda) diskda saqlanadi va faqat tiklash paytida o'qiladi. Shu bilan birga, jadval DURABILITY = SCHEMA_ONLY turini ham belgilash mumkin, bu holda data faqat RAMda saqlanadi va server qayta ishga tushirilganda yo'qoladi.

Xotira-optimallashtirilgan jadvallar **faqat 64-bit tizimda** ishlaydi va ularga yetarli miqdorda xotira kerak bo'ladi. SQL Server 2022 da katta xotirali serverlarda memory-optimized obyektlarni boshqarish takomillashtirilgan: katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlash paytida xotira tugashi (OOM) ehtimoli kamaytirildi. Buning uchun SQL Server 2022 ichida xotira bo'limlari optimallashtirilib, kerak bo'lsa obyektlarga ajratiladigan xotira mexanizmi o'zgartirildi. Natijada og'ir in-memory tranaksiyalar barqaror ishlashi ta'minlandi. **Kolonlastiruvchi (columnstore) indekslar va ularning xotira talabi. Ustunli indekslar** katta hajmdagi analitik so'rovlar uchun optimallashtirilgan. SQL Server 2022 da clustered columnstore index va nonclustered columnstore index keng qo'llaniladi. Bunday indekslarda ma'lumotlar satrlar o'rniga ustun-ko'rinishda saqlanadi, bu ma'lumotni samarali siqishni (kompRESSIYA) va tezkor ustun bo'yicha skanlashni ta'minlaydi. Misol uchun, **raqamli ma'lumotlar ustunlari 10 barobar yuqori kompressiyalanadi**, ya'ni odatdagi JTL indeksga nisbatan bir xil ma'lumotni xotirada ancha kam joy egallaydi. Natijada xotiraga bir xil hajmda ancha katta ma'lumotlar joylashtirilishi mumkin: "10 barobar siqilgan ma'lumot bilan, ustunli indeks xotirada 10 barobar ko'proq ma'lumotni saqlaydi va ehtimol, soralgan ma'lumotni xotiradan topish ehtimoli oshadi". Bundan tashqari, ustunli indeks so'rovlarda faqat kerakli ustunlarni o'qib, qolgan ustunlarni inkor etadi (column elimination), bu ham xotira va I/O samaradorligini oshiradi. SQL Server 2022 da ustunli indekslarni yanada yaxshilash uchun bir qancha o'zgarishlar kiritildi. Masalan, **Ordered CCI (tartiblangan uyushqoq ustunli indeks)** qo'llab-quvvatlanadi: indeks yaratilayotganda ma'lumot avval xotirada belgilangan ustun bo'yicha saralanadi, so'ngra siqiladi. Buning foydasi shundaki,

agar keyin so'rov ko'pincha aynan shu ustun bo'yicha filtrlansa, indeksning tez tahlil qilish mexanizmi (segment elimination) samarasi oshadi. Shuningdek, SQL Server 2022 da **segment elimination (bo'g'inlarni ajratib tashlash)** imkoniyatlari kengaytirildi: ilgari faqat ma'lum ma'lumot tiplari uchun ishlatilgan bo'lsa, endi int, sana, vaqt va hatto ba'zi satr va GUID turlari uchun ham segmentlardagi ma'lumotlarni tashlab o'tish qo'llab-quvvatlanadi. Bu filtrlarga asoslangan sorovlarni sezilarli tezlashtiradi.

Xulosa. Umuman olganda, SQL Server 2022 da xotira tuzilmasining yangilanishlari ma'lumotlar bilan ishlash tezligini oshiradi va resurslardan oqilona foydalanishni yaxshilaydi. **Buffer pool** tizimi va **In-Memory OLTP** birgalikda ishlashi natijasida ko'plab so'rovlar xotira asosida maksimal darajada bajarilishi mumkin. **Columnstore indekslar** esa katta hajmdagi analitik query'larni optimallashtiradi. Har bir yo'nalishda xotira jadal ishlatilayotgani uchun tizimni joriy holatda tahlil qilish (masalan, DMV lar orqali) va kerakli optimallashtirish choralari (Parallelizm, max server memory, PARTITION va boshqalar) ko'rilishi zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. **Delaney, Kalen.** SQL Server 2022 Internals. Microsoft Press, 2023.
— SQL Server ichki tuzilmalari, shu jumladan xotira boshqaruvi haqida chuqur tahlil.
2. **Randall, Paul, et al.** Microsoft SQL Server 2022: A Beginner's Guide. McGraw-Hill Education, 2023.
3. Microsoft Docs, Introduction to Memory-Optimized Tables.
4. Microsoft Docs, Requirements for using memory-optimized tables..
5. Microsoft Docs, Columnstore indexes – Query performance.
6. Microsoft Docs, Buffer Pool Extension.
7. Microsoft Docs, SQL Server and Azure SQL index architecture and design guide.