**Moderni računari i njihove karakteristike. Peta generacija računara - šta se očekuje?**

**Obradjena podtema – kvantno računarstvo**

Marko Nikitović 123/2020

U istoriji računarstva, termin "moderni računari" obično se odnosi na računare koji su nastali od četvrte generacije do danas, počevši od 1970-ih godina. Ove generacije karakteriše nekoliko ključnih tehnoloških dostignuća koja su dramatično promenila kako računari funkcionišu i kako se koriste. Dve su ključne stvari označile početak perioda morednog računarstva :

* **Mikroprocesori**: Uvođenje mikroprocesora je ključna karakteristika ove generacije. Prvi mikroprocesor, Intel 4004, predstavljen je 1971. godine. Mikroprocesori su omogućili razvoj ličnih računara (PC) koji su manji, jeftiniji i dostupniji širem krugu korisnika.
* **Lični računari**: Pojava Apple II, Commodore PET, i IBM PC tokom kasnih 1970-ih i ranih 1980-ih, markirala je početak ere ličnih računara. Ovi uređaji omogućili su korisnicima da računare imaju kod kuće ili na radnom mestu, umesto da budu isključivo u velikim korporacijama ili univerzitetima.

**Peta generacija računara - počeci**

Sistem računara pete generacije bio je desetogodišnji projekt koji je započet 1982. godine od strane Ministarstva za međunarodnu trgovinu i industriju Japana (MITI) sa ciljem kreiranja računara koji koriste masovno paralelno računanje i logičko programiranje. Cilj je bio stvoriti "epohalni računar" sa performansama superkompjutera i pružiti platformu za budući razvoj veštačke inteligencije. Projekat je bio ispred svog vremena, a njegove prevelike ambicije dovele su do komercijalnog neuspeha. Međutim, na teoretskom nivou, projekat je podstakao razvoj konkurentnog logičkog programiranja.

Termin **peta generacija** bio je namenjen da prenese ideju o naprednosti sistema: U istoriji računarske opreme, bilo je četiri generacije računara. Računari koji su koristili vakumske cevi nazivani su prva generacija; tranzistori i diode, druga; integrisana kola, treća; i oni koji koriste mikroprocesore, četvrta. Dok su prethodne generacije računara bile fokusirane na povećanje broja logičkih elemenata u jednom CPU-u (centralna procesorksa jedinica), verovatno je bilo da će peta generacija, umesto toga, preći na masovno korišćenje velikog broja CPU-ova kako bi se dobile bolje performanse.

Postojao je i paralelan niz generacija za softver:

* Prva generacija: Mašinski jezik.
* Druga generacija: programski jezici niskog nivoa poput asemblera.
* Treća generacija: Strukturirani programski jezici višeg nivoa poput C, COBOL-a i FORTRAN-a.
* Četvrta generacija: Neproceduralni programski jezici visokog nivoa (kao što su objektno-orijentisani jezici).

**Počeci razvoja i glavne ideje**

Kroz početne generacije Japan je proizvodio računare po uzoru na Američke i Britanske standarde. Sredinom 70-ih, Ministarsrtvo inostrane trgovine i industrije (MITI) odlučilo je da prestane sa ovom praksom. U saradnji sa Japanskim centrom za razvoj procesiranja podataka doneli su niz smernica, koje su u saradnji sa industrijom i akademskim institucijama dalje izučavane. Pre 70-ih godina, MITI je već imalo poprilično uspeha na raznim projektima: unapredjivanje industrije čelika, automobilska industrija, potrošačka elektronika, kompjuterska memorija, naftna industrija itd. Dalju budućnost su videli u informacionim tehnologijama.

Jedan od problema za kompjutere koji je ostao do danas, jeste Japanski jezik posebno njegova pisana forma. Kandži (jedno od četiri pisma koji se koriste u savremenom japanskom jeziku) karakteri su teški za korišćenje u računarskim sistemima zbog njihove velike brojnosti i složenosti, sa hiljadama različitih simbola koji zahtevaju kompleksne metode za digitalno kodiranje i obradu. Svaki kanji može imati više različitih izgovora i značenja u zavisnosti od konteksta, što otežava automatizaciju procesa kao što su prepoznavanje teksta i obrada prirodnog jezika. Dodatno, integracija kandžija sa drugim japanskim pismima (hiragana i katakana) u jedinstveni tekst povećava kompleksnost obrade teksta u računarskim aplikacijama.

Primarne oblasti istraživanja su:

* Račuranske tehnologije za zaključivanje za obradu znanja
* Računarske tehnologije za obradu velikih baza podataka i baza znanja
* Radne jedinice visokih performansi
* Distribuirane funkcionalne računarske tehnologije
* Super-računari za naučne proračune

Cilj je bio izgraditi paralelne računare za aplikacije veštačke inteligencije koristeći istovremeno logičko programiranje. Projekat je zamišljao revolucionarni računar sa performansama sličnim superkompjuteru koji radi na velikim bazama podataka (umesto tradicionalnog fajl sistema) koristeći logički programski jezik za definisanje i pristup podacima kroz masovno paralelno računanje. Zamišljena je izgradnja prototipa mašine sa performansama između 100M i 1G LIPS-a, gde je LIPS logički zaključak po sekundi. U to vreme, tipične radne stanice imale su performanse od oko 100k LIPS-a.

**Logičko programiranje**

Pristup logičkom programiranju, kako ga je opisao Kovalski, jedan od njegovih osnivača, uključuje korišćenje logike za izražavanje informacija u računaru, postavljanje problema računaru putem logike, i korišćenje logičkog zaključivanja za rešavanje tih problema. Ovaj pristup tehnički može biti sažet u dve "jednačine": program se sastoji od skupa aksioma, a izračunavanje predstavlja dokazivanje tvrdnji na osnovu tih aksioma. Tipično korišteni aksiomi su univerzalni aksiomi u restriktivnom obliku, poznati kao Hornove klauzule ili definitivne klauzule. Dokaz je konstruktivan i pruža vrednosti za kvantifikovane promenljive koje čine izlaz izračunavanja.

* *Program* = *Skup aksioma*
* *Izračunavanje* = *Dokaz tvrđenja iz skupa aksioma*

Ideja ovih jednačina može se pratiti do intuicionističke logike i teorije dokaza, ali je kao praktičan pristup računarstvu prvi put primenjena nakon Robinsonovog algoritma unifikacije i principa rezolucije iz 1965. godine. Prvi pokušaji korišćenja principa rezolucije kao osnove za mehanizam izračunavanja nisu stekli značajan zamah. Počeci logičkog programiranja mogu se pripisati Kolmeraueru i Kovalskom. Kovalski je formulirao proceduralnu interpretaciju logike Hornovih klauzula, pokazujući da aksiom može biti tumačen kao procedura.

Logičko programiranje je viđeno kao element koji povezuje različite oblasti računarstva, uključujući softversko inženjerstvo, baze podataka, arhitekturu računara i veštačku inteligenciju. Logičko programiranje je ocenjeno kao ključna nedostajuća poveznica između inženjeringa znanja i arhitekture paralelnih računara.

Ehud Šapiro je tokom posete Institutu za tehnologiju računara nove generacije (ICOT) 1982. godine razvio konkurentni Prolog, jezik koji spaja logičko i konkurentno programiranje. Ovaj razvoj je promenio fokus projekta sa Prologa na konkurentno logičko programiranje. Shapirovo otkriće inspirisalo je stvaranje jezika Guarded Horn Clauses (GHC) i kasnije KL1, koji je postao ključni programski jezik ovog projekta, doprinoseći napretku u oblasti konkurentnog logičkog programiranja i napredovanju japanskih istraživača.

**Propast projekta**

Projekat FGCS nije postigao komercijalni uspeh zbog problema sličnih onima koje su imale kompanije koje su radile na Lisp mašinama i Thinking Machines. Visoko paralelne komjuterske arhitekture su naposletku prestignute po perfomansama od manje specijalizovanog hardvera (npr Intel x86 mašine).

Ključni problem bio je izbor konkurentnog logičkog programiranja koji nije efikasno povezao paralelnu računarsku arhitekturu sa primenom u AI aplikacijama. Razvijeni su različiti programski jezici, ali su imali svoja ograničenja, posebno zbog karakteristika obaveznog izbora koje su ometale njihovu logičku semantiku.

Tehnološki napredak u performansama CPU-a brzo je nadmašio očekivane barijere iz 1980-ih, čime je smanjena vrednost paralelnog računarstva koje se potom koristilo samo u specifičnim situacijama. Projekat nije uspeo da integriše spoljne inovacije kao što su GUI-ji, distribuirane baze podataka zahvaljujući internetu, čak i jednostavni istraživački projekti su pružali bolje rezultate u stvarnom svetu u oblasti rudarenja podataka.

**Peta generacija računara danas – očekivanja**

Peta generacija računara danas ima značajnu vezu sa ambicioznim projektom Japana iz 1980-ih poznatim kao "Projekat pete generacije računara". Glavni ciljevi japanskog projekta bili su razvoj računara koji mogu razumeti prirodni jezik, modelirati ljudsko razumevanje i rasuđivanje, te automatizovati mnoge složene zadatke. Projekat je podstakao globalne napore u istraživanju i razvoju veštačke inteligencije i uticao je na strateški pravac u kojem se razvijala tehnologija računara.

Karakteristike današnjih računara:

* **Višejezgarni procesori**: Moderni računari često koriste procesore sa više jezgara koji omogućavaju istovremeno izvođenje više procesa, što značajno povećava performanse i efikasnost.
* **Solid State Drives (SSD)**: SSD-ovi su zamijenili tradicionalne hard disk-ove (HDD) u mnogim aplikacijama zbog njihove brzine, pouzdanosti i otpornosti na udarce.
* **Velike količine RAM memorije**: Savremeni računari dolaze sa velikom količinom RAM memorije koja može doseći 32GB ili više, što omogućava glatko multitasking iskustvo i efikasno pokretanje zahtevnih aplikacija.
* **Grafičke karte visokih performansi**: Napredne grafičke karte omogućavaju izvođenje složenih grafičkih operacija, što je ključno ne samo za igre, već i za profesionalne aplikacije poput 3D modelovanja i video obrade.
* **Visoka rezolucija displeja**: Displeji visoke rezolucije, često 4K ili više, postaju standard za premium računare, pružajući izuzetnu oštrinu i detalje slike.
* **Povezivanje**: Savremeni računari imaju širok spektar opcija povezivanja, uključujući USB-C, Thunderbolt, WiFi 6, i Bluetooth 5, što omogućava brz i lagan pristup mreži i perifernim uređajima.
* **Ekološka održivost**: Povećana pažnja se poklanja ekološkoj održivosti u dizajnu i proizvodnji računara, uključujući upotrebu recikliranih materijala i energetski efikasnije komponente.
* **Integracija veštačke inteligencije**: AI tehnologije se sve više integrišu u hardver i softver modernih računara, omogućavajući automatizaciju zadataka i personalizovane korisničke interakcije.
* **Biometrijska sigurnost**: Biometrijske tehnologije, kao što su skeneri otiska prsta i prepoznavanje lica, sve su češće u upotrebi za poboljšanje sigurnosti i pristupačnosti uređaja.
* **Portabilnost i mobilnost**: Trendovi u dizajnu teže ka sve tanjim i laganijim uređajima, što povećava mobilnost bez kompromisa u performansama.

**Kvantno računarstvo**

Jedan od proboja u petoj generaciji računara predstavlja kvantno računarstvo.

### Osnove kvantnog računarstva:

***Kvantni bitovi (kjubiti)***: Za razliku od klasičnih bitova, koji su ili 0 ili 1, kjubiti mogu postojati u oba stanja istovremeno zahvaljujući kvantnoj superpoziciji. Ova sposobnost omogućava kvantnim računarima da istovremeno obrade ogromne količine mogućnosti.

***Fizička implementacija***: kjubiti se mogu realizovati korišćenjem različitih fizičkih sistema, kao što je najspoljniji elektron u atomu fosfora. Spin elektrona, kvantna osobina slična malom magnetu, može biti usklađen (spin dolje) ili suprotstavljen (spin gore) magnetnom polju. Ova stanja predstavljaju binarne 0 i 1, respektivno.

***Manipulacija kjubitima***: Za promenu stanja elektrona (kjubita) mora se primeniti energija, slično kao kod okretanja igle kompasa. Ova manipulacija omogućava kreiranje kvantnih kapija koje izvode računanja.

***Kvantna preplitanja***: Kada kjubiti postanu prepleteni, stanje jednog kjubita (bez obzira da li je izmereno ili ne) direktno utiče na drugi, stvarajući složenu mrežu verovatnoća koju kvantni algoritmi mogu iskoristiti.

**Računarska snaga i ograničenja**

***Eksponencijalni rast stanja***: Svaki dodati kjubit eksponencijalno udvostručuje potencijalna računarska stanja. Na primer, tri kjubita mogu istovremeno predstavljati osam mogućih stanja, što daje kvantnim računarima njihovu neverovatnu potencijalnu obradivu snagu.

***Merenje i kolaps***: Merenje kvantnih stanja dovodi do kolapsa superponiranih stanja kjubita u jedno određeno stanje. Dakle, iako kjubiti mogu postojati u bilo kojoj kombinaciji stanja, jednom kada se izmere, prisiljeni su u jedno stanje, i sve informacije o ostalim potencijalnim stanjima se gube.

***Kvantni ili klasični računari***: Kvantni računari nisu univerzalno brži ili efikasniji za sve zadatke. Posebno su moćni za specifične vrste problema koji uključuju velike skupove podataka, složene simulacije ili optimizacione probleme gde klasični računari posustaju.

***Ograničenja u praktičnoj primeni***: Kvantni računari ne ubrzavaju svaku vrstu računanja i nisu pogodni za jednostavne zadatke kao što su pretraživanje interneta ili gledanje videa. Njihova prednost leži u smanjenju broja operacija potrebnih za rešavanje složenih problema, a ne nužno u brzini pojedinačnih operacija.

### Rezime

Kvantno računarstvo predstavlja revolucionarni pristup računanju, koristeći principe koji omogućavaju simultano obradu više verovatnoća. Međutim, to nije zamena za klasične računare, već specijalizovani alat za efikasnije rešavanje određenih vrsta problema. Nastavak razvoja u kvantnim algoritmima i tehnologiji ima za cilj efikasnije iskorišćavanje ovih jedinstvenih sposobnosti.

Oni imaju potencijal da revolucionarno promene brojne industrije zahvaljujući svojim jedinstvenim sposobnostima za obradu informacija na načine koje klasični računari ne mogu postići. Na primer, u oblasti kriptografije, kvantni računari mogu teoretski razbiti mnoge trenutno korišćene kriptografske algoritme brzim faktorisanjem velikih brojeva, što bi moglo dovesti do razvoja nove, kvantno-otpornije kriptografije. Takođe, kvantni algoritmi mogu efikasno rešavati složene optimizacione probleme koji se pojavljuju u logistici, proizvodnji i planiranju mreža, što uključuje optimizaciju trasa dostave, raspoređivanje aviona i vozila ili upravljanje lancima snabdevanja.

Kvantni računari omogućavaju simulacije interakcija atoma i molekula s visokom preciznošću, što bi moglo promeniti oblasti kao što su farmacija, nauke o materijalima i energetika. Ovo uključuje razvoj novih lekova, materijala sa specifičnim svojstvima ili efikasnijih solarnih ćelija. Pored toga, sposobnost paralelnog obradivanja ogromnih količina podataka čini kvantne računare izuzetno pogodnim za unapređenje algoritama mašinskog učenja, što bi omogućilo brže i efikasnije učenje iz podataka.

U finansijskim analizama, kvantni računari bi mogli obraditi složene finansijske modele znatno brže od klasičnih računara, omogućavajući preciznije predviđanje tržišta, optimizaciju portfolija i upravljanje rizikom. Istraživači takođe koriste kvantne računare za izračunavanje svojstava molekula i reakcija u kvantnoj hemiji, što bi moglo unaprediti razumevanje hemijskih procesa i ubrzati razvoj novih lekova i materijala. Iako se kvantni računari još uvek smatraju tehnologijom u razvoju, njihov potencijal je ogroman i nastavljaju otvarati nove mogućnosti.

Veliki tehnološke kompanije kao što su IBM, Microsft, Google i dr. već uveliko rade na razvoju kvantnog računarstva.