

[P273] Пројектовање база података

1



Саша Малков
Универзитет у Београду
Математички факултет
2023/2024

План курса

- Појам пројектовања база података
 - нивои апстракције базе података
 - модели података
 - кораци у пројектовању база података
- Пројектовање база података
 - концептуално пројектовање
 - логичко пројектовање
 - пречишћавање схеме
 - физичко пројектовање
- Безбедност и сигурност база података
- Додатне теме
 - Дистрибуиране базе података
 - Нерелационе базе података
 - Складишта података и подршка одлучивању
 - Пројектовање база података у контексту ОО развоја

IP2731 Пројектовање база података – Саша Малков – 2023/24 – час 1

Универзитет у Београду - Математички факултет

1

Обавезе и завршни испит

- Предиспитне обавезе према договору са студентима
- Завршни испит је писмено-усмени
 - Писмени део – 80 поена
 - Усмени део – 20 поена
- О појединостима ћемо касније

IP2731 Пројектовање база података – Саша Малков – 2023/24 – час 1

Универзитет у Београду - Математички факултет

2

Питања?

- Обавештења и материјали на вебу:
 - <http://www.matf.bg.ac.rs/~smalkov>
- Могуће су мање измене плана...

IP2731 Пројектовање база података – Саша Малков – 2023/24 – час 1

Универзитет у Београду - Математички факултет

3

Литература за курс

- Гордана Павловић-Лажетић, *Увод у релационе базе података*
- Ramakrishnan, Gehrke, *Database Management Systems, 2.ed, 2000.*
- Harrington, *Relational Database Design and Implementation, 3.ed, 2009.*
- Garcia-Molina, Ullman, Widom, *Database Systems – The Complete Book, 2.ed, 2009.*
- Teorey, Lightstone, Nadeau, Jagadish, *Database Modeling and Design, 5.ed, 2011.*

- Веб локација наставника:
 - www.matf.bg.ac.rs/~smalkov
- Веб локација асистената:
 - www.matf.bg.ac.rs/~nikola.katic
 - www.matf.bg.ac.rs/~aleksandar.stefanovic
 - www.matf.bg.ac.rs/~vasilije.todorovic

- Јелена Граовац, *Скрипта из предмета Пројектовање база података*, 2016.
- ...чланци...

[P273]

Пројектовање база података

Саша Малков

Тема 1

Базе података и модели података

Базе података / Основни појмови

Шта је база података?

- Скуп података
 - ...али не било који и било какав...

- Скуп података је **“база података”** ако је:
 - заокружен и потпун скуп података
 - којим се управља кроз СУБП
 - поуздан и сигуран
 - расположив
 - ...

Базе података / Основни појмови

Основни појмови

- подаци

- база података

- систем за управљање базама података

- администратор базе података



Зашто су базе података боље од датотека?

- Један начин да сагледамо суштину појма базе података је да размотримо зашто је база података боља од скупа датотека?
- Које су то карактеристике база података које немамо у систему датотека?
- Штавише, које су то карактеристике савремених база података које нисмо имали ни код старијих базе података?



Карактеристике савремених база података

- Предефинисане операције за управљање подацима
- Предефинисане операције за управљање структурама података
- Декларативно постављање упита - описујемо „шта“ а не „како“
- Имплицитне помоћне структуре података: индекси, каталози,...
- Имплицитан вишепроцесни рад
- Удаљени приступ подацима
- Интегритет података
- Поузданост
- Сигурност
- Трансакције
- Програмски интерфејси



Најважнији циљеви управљања подацима

- **Расположивост података**
 - разумна цена
 - смислени формат
 - једноставан приступ
 - удаљени приступ
 - апликативни интерфејси
- **Интегритет података**
 - конзистентност
 - атомичност трансакција
 - вишекориснички рад
 - изолованост трансакција
- **Сигурност и заштита података**
 - приватност података
 - ауторизације
- **Одржавање система**
 - алати за управљање
 - аутоматизација управљања
 - обезбеђење од кварова
- **Независност од апликација**
 - скривеност физичке структуре
 - скривеност логичке структуре
 - апликативни интерфејси



Еволуција захтева и техника

- Развој рачунарства и софтверске индустрије уводи нове захтеве према базама података
- Одговори на нове захтеве су нове технике
- Еволуција захтева и техника нас је, постепено, довела од скупа датотека до савремене базе података



Еволуција захтева и техника (2)

- Независност података од апликације
 - логички и физички модел су одвојени од концептуалног модела и спољашње схеме
 - нису видљиви обичном кориснику
- Проширивост
 - прошириви модели
 - елементи ОО база података
 - XML
 - прошириве имплементације
- Високе перформансе
 - ефикасне имплементације СУБП
 - мануелна и аутоматска оптимизација
- Повезивост
 - федеративне базе података
 - богати апликативни интерфејси
- Скалабилност
 - паралелизација, обично имплицитна
 - дистрибуиране базе података
- Интеграција
 - семантичко описивање података
 - семантички веб



...и понеки корак уназад?

- У прегледу еволуције захтева и техника, на првом месту су истакнути
 - концепт *независности података од апликације* и
 - *логички модел* као технички аспект имплементације тог концепта
- Ипак, данас се веома често сусрећемо са пројектовањем база података за потребе тачно једне апликације
 - строго наменски и са врло ограниченим доменом
 - подаци се моделирају на основу модела апликације
 - ОО пројектовање апликација и агилне методологије често то додатно подстичу
 - то може да буде добро у неким случајевима, док у осталим прави несразмерно велике проблеме
 - ОПРЕЗНО!!!



Модели података (1)

- Увођење модела података је први корак од ад-хок колекције датотека према правој систематизованој бази података
- Начин моделирања података се временом мења
- Моделирање је прошло кроз различите фазе
- Основна идеја је да се при моделирању домена подизањем нивоа апстракције остварује што је могуће “универзалније” решење



Модели података (2)

- Уочљива је тенденција да се (понекад неоправдано?) враћамо на старе идеје
 - упрошћавање и оптимизовање општих модела за неке специфичне случајеве
 - сужавање домена примене
 - конкретизација
- То се обично ради ради подизања ефикасности...
 - ...али има за последицу смањивање флексибилности система



Модели података (3)

- Употреба мање општих модела може да буде корисна...
 - ...када нас општија решења ограничавају
 - обично у погледу перформанси
- Али то често може да буде корак назад...
 - ...ако не знамо где смо били и зашто тамо нисмо остали...
 - “откривање рупе на саксији”?
 - ...може да нам се учини као добра идеја и када није...
 - ако видимо допринос а не разумемо добро цену



Најважнији модели података

- Мрежни модел
- Хијерархијски модел
- Релациони модел
- Модел ентитета и односа
- Објектно-релациони модел
- Објектни „модел“
- Модели нерелационих база података



Мрежни модел података

- *Integrated Data Store (IDS)*
 - “први” СУБП
 - 1960-те
 - *General Electric*
 - Чарлс Бекман (*Charles Bachman*)
 - 1973. добио Тјурингову награду за рад у области БП
- *Associate PL/I*
 - крај 1960-их
- *CODASYL*
 - група за стандардизацију
 - *CODASYL DBTG*, 1971.
 - иста група је раније стандардизовала *COBOL*



Мрежни модел података, концепти

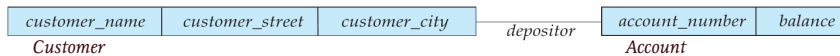
- Налик на дијаграмско повезивање података
 - структуре података
 - налик на слоге у програмским језицима
 - слог садржи податке једне инстанце ентитета
 - састоји се од поља (налик атрибутима)
 - структуре се повезују „везама“ (*link*)
 - налик на показиваче у програмским језицима
 - слично повезивању елемената дијаграма стрелицама

Мрежни модел података, пример

Пример података:

Hayes	Main	Harrison	A-102	400
Johnson	Alma	Palo Alto	A-101	500
			A-201	900
Turner	Putnam	Stamford	A-305	350

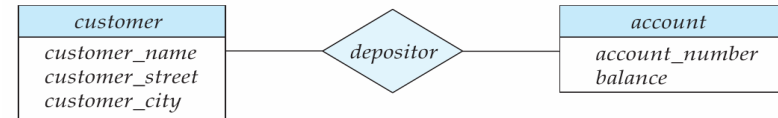
Пример модела:



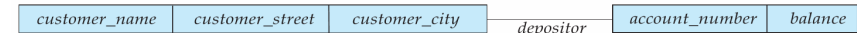
Универзитет у Београду - Математички факултет

Врсте односа

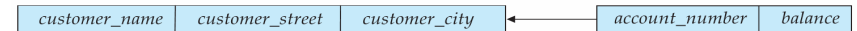
Конкретан модел може да се опише и применом нотације ЕР (која тада није постојала), повезивањем ентитета одговарајућим односом:



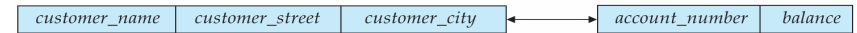
Однос више-више у мрежном моделу (изворно општи случај):



Однос један-више у мрежном моделу (касније једини допуштен случај):



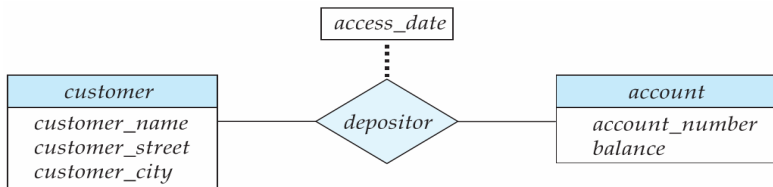
Однос један-један у мрежном моделу (спец. случај претходног):



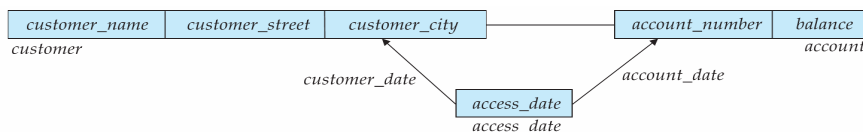
Универзитет у Београду - Математички факултет

Односи са описним атрибутима

У ЕР однос можемо да допунимо последњим датумом коришћења када је конкретан корисник користио конкретан рачун:



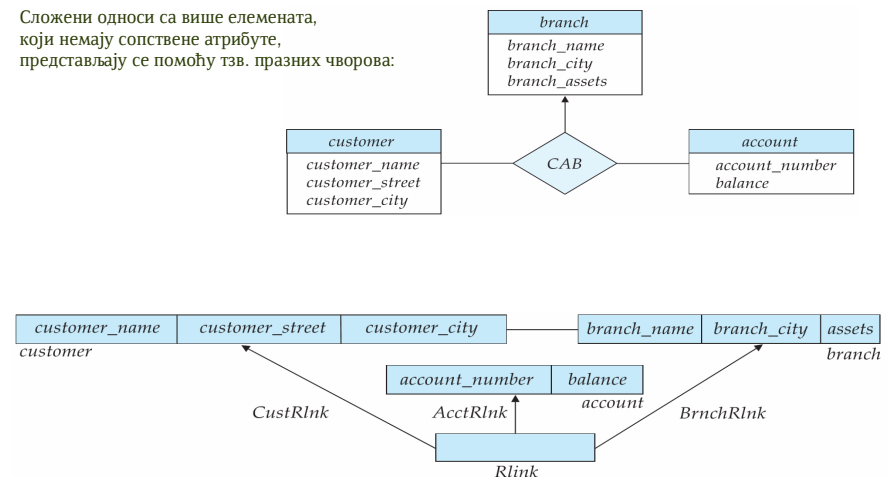
У мрежном моделу то није могуће, већ морамо да додајемо нову врсту слогова:



Универзитет у Београду - Математички факултет

Односи са атрибутима

Сложени односи са више елемената, који немају сопствене атрибуте, представљају се помоћу тзв. празних чворова:



Универзитет у Београду - Математички факултет



Мрежни модел података, стандардизација

- Модел је брзо почео да се примењује
- Разноликост имплементација и посебно врста и начина повезивања је правио проблем при употреби
- Стандард *CODASYL (DBTG 1971)* прописује само усмерене везе више-један
 - везе више-више се имплементирају као пар веза више-један
 - везе један-један су специјални случај везе више-један
- Модели неких савремених графовских нерелационих база су веома сличини мрежном моделу
- За више информација:
 - *Silberschatz, Korth, Sudarshan, Database System Concepts, 6th ed. 2010*



Резиме мрежног модела

- Добро
 - Користи једноставне концепте, лаке за планирање
 - Омогућава богате и веома различите односе (бар до стандарда)
 - Уједначен метод кретања кроз податке
 - Има облик интегритета кроз декларисање да слог не може да постоји без власника
- Лоше
 - Технички сложена схема, која се своди на показиваче
 - Технички сложена имплементација, због показивача
 - Технички захтевана употреба
 - Није формално заснован, па не може да се докажује еквивалентност модела, алгоритама ни упита
 - Због тога није могућа ни аутоматска оптимизација упита
 - Начин употребе података је тесно повезан са конкретном структуром



Хијерархијски модел података

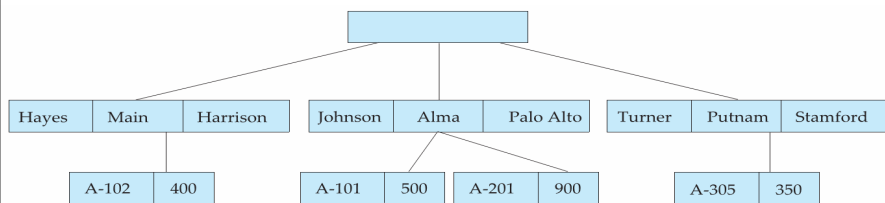
- *Information Management System (IMS)*
 - 1968.
 - *IBM*
 - Иницијално развијен као СУБП за свемирски програм Аполо
- *System 2000*
 - *MRI*



Хијерархијски модел података, концепти

- Скуп „слогова“ повезаних „везама“ тако да граде „хијерархију“
 - у основи слично мрежном моделу
 - али захтева се *хијерархија*
 - код мрежног модела је хијерархија била имплицирана смером веза (од један према више) а овде је експлицитна и има смер један-више
 - није допуштено вишеструко везивање чворова
 - до сваког чвора води тачно један пут од корена
 - уместо редундантности веза имамо редундантност података
 - између свака два повезана чвора постоји тачно један пут
 - повећана редундантност података
- Скуп слогова у колекцији започиње „празним“ (*dummy*) чвором

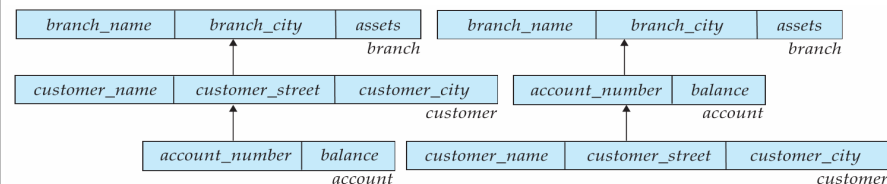
Пример података у хијерархијском моделу



Универзитет у Београду - Математички факултет

Сложени односи захтевају више хијерархија

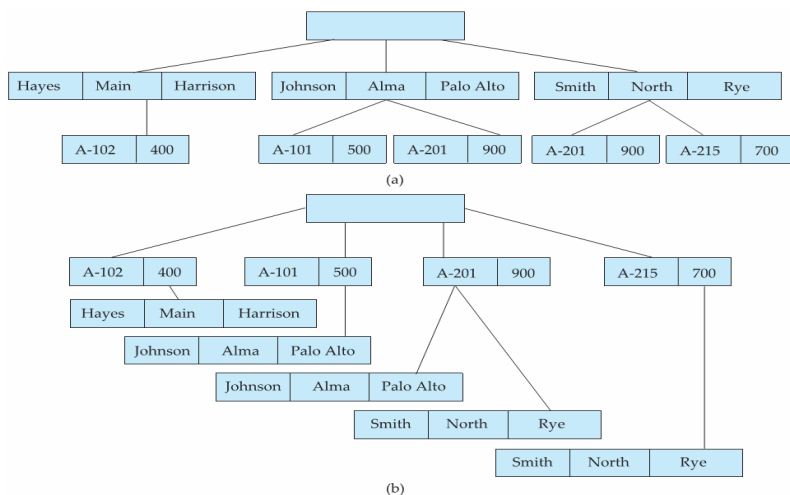
- Сложени односи захтевају више хијерархија
- И различити начини приступања захтевају више хијерархија
- Последица је увећана редувантност података



Универзитет у Београду - Математички факултет

Silberschatz, Korth, Sudarshan, *Database System Concepts*, 6th ed. 2010
(тема за семинарски рад)

Пример података у хијерархијском моделу



Универзитет у Београду - Математички факултет

Базе података / Модели података

Хијерархијски модел података, резиме



- Обично се прави једна хијерархија података као "главна"
- Помоћне хијерархије се праве са циљем омогућавања ефикаснијег приступа
 - имају сличну улогу као индекси у релационим базама података
- Неке савремене нерелационе базе података почивају на веома сличним претпоставкама и практично представљају надградњу хијерархијског модела података
 - на пример *Apache Cassandra*

Универзитет у Београду - Математички факултет



Резиме хијерархијског модела

- Добро
 - Хијерархија доноси додатну једноставност разумевања модела
 - Повећана строгост модела је омогућила увођење безбедносних елемената и права приступа
 - Интегритета се изражава кроз обавезне хијерархијске односе
- Лоше
 - Сложенија је имплементација
 - Ниска флексибилност модела
 - Није стандардизован
 - Ограничена изражајност односа – само један-више
 - Висока редундантност података



Релациони модел података

- *Edgar Codd*, 1970
- Обједињено моделирање
 - и ентитети и односи се моделирају *релацијом*
 - релација се састоји од *атрибуција* који имају *имена и домене*
 - скуп имена и домена атрибута једне релације представља *схему релације*
 - *шорка* је скуп именованих вредности
 - торка која има исти број вредности, њихове називе и домене као атрибуту једне релације представља *инстанци домена (схеме) релације*
 - вредност (садржај) релације је скуп инстанци њеног домена
 - ...
- Интегритет се обезбеђује *кључевима*
- ...



Релациони модел података, помак

- Суштински помак који РМ остварује у односу на мрежни и хијерархијски је удаљавање од семантике програма и програмских језика, тј. од проблема имплементације
- Мрежни и хијерархијски модел раде са *чворовима и везама*
 - концепт чвора скоро потпуно одговара концепту променљиве
 - концепт везе скоро потпуно одговара концепту показивача
 - у бази података повезујемо чворове, као *места где се записују подаци*, а не *подаци*
- Релациони модел потпуно занемарује семантику имплементације и бави се непосредно садржајем



Релациони модел података

- *Претходно представља се темељно познавање релационог модела и рада са релационим базама података*
 - *положен основни курс из релационих база података*
- *Нећемо се много задржавати на основним темама РМ на предавањима*
 - *биће на располагању материјали са других курсева*
- *На истину ће се очекивати и проверавати познавање РМ*



Модел ентитета и односа

- *Peter Chen, 1976*
- Иницијално је замишљен као алтернатива постојећим моделима
 - па чак и релационом моделу
- Није заживео као посебан модел података у области имплементације база података, али јесте као алат за моделирање база података



Модел ентитета и односа (2)

- Подаци се моделирају скуповима ентитета
 - „ентитети“ су подаци који постоје независно од других ентитета у бази података
 - ентитети су налик на слоге, имају „атрибуте“
 - један или више атрибута може да представља „кључ“
- Међу ентитетима могу да постоје „односи“
 - „односи“ могу да буду 1-1, 1-N, N-1 или M-N
 - и односи могу да имају атрибута
- Има доста сличности са РМ
- Основни допринос је верније описивање семантике



Објектно-релациони модел

- Проширење релационог модела
 - сложени типови података
 - кориснички дефинисани
 - дефинише се и понашање, у форми класа и метода
 - хијерархије типова (класа)
 - постојале су и у ЕР, али овде добијају већи значај, због понашања
 - прошириви типови



Објектни модел података

- Објектне базе података нису успеле да понуде конзистентан “објектни модел” – практично сваки ОО СУБП има сопствени модел
 - већина уводи тзв. *ИД* објекта
 - који има карактеристике “показивача”
 - често се не раздвајају јасно концепти *шија* и *скуја* података
 - чак се понекад и експлицитно изједначавају
- У радовима Дејта и Дарвина се разматра потпуније проширење релационог модела ОО елементима и обликовање одговарајућег упитног језика
 - (тема за семинарски рад)



Нерелационе базе

- Различити модели
 - ниска структурираност
 - већа флексибилност
 - често је цена виша редувантност
 - високе перформансе
 - не увек на пуном опсегу примене
 - једноставније и ефикасније дистрибуирање
 - сужени домени примене
 - начелно широки домени, али практично не
 - када се иде ван основних могућности, често се компликује рад или се губи на перформансама



Нерелационе базе (2)

- Најшешћи модели:
 - Каталогске базе
 - Базе садржаја
 - мултимедијалне колекције и сл.
 - Базе за веб
 - JSON
 - Научне базе података
 - вишедимензионе матрице нумеричких података
 - Графовске базе
 - ...и друго...
- Посветићемо нешто више пажње нерелационим базама података у другој половини курса

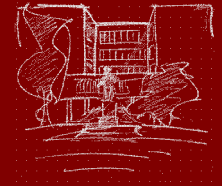
Литература за тему

- Ramakrishnan, Gehrke, **Database Management Systems**, 2.ed, 2000.
- Гордана Павловић-Лажетић, **Увод у релационе базе података**

[P273]

Пројектовање база података

Саша Малков



Тема 2

Архитектура и пројектовање



Животни циклус базе података

- Иницијално пролази кроз сличне фазе као развој софтвера, али уз неке специфичности
- За почетак, можемо да га опишемо овако:
 - прикупљање и анализа информација о домену
 - дефинисање захтева
 - моделирање домена
 - моделирање података
 - моделирање имплементације (дистрибуције)
 - имплементација
 - тестирање
 - одржавање



Нови концепти

- Паралелно са развојем модела података уводе се и еволуирају различити пратећи концепти:
 - дељење података
 - независност физичког записа података и приступа подацима
 - трансакције
 - сложени типови података (објектно релационе базе)
 - складишта података (модели звезде и пахуљице)
 - планирање ресурса предузећа (ЕРП)
 - масовне интернет апликације
 - облак - базе података у *облаку* и базе података за *облак*
- Све то утиче на промене:
 - у архитектури база података
 - у животном циклусу



Архитектура

- Архитектура СУБП представља концептуалну дефиницију његове структуре
 - компоненте
 - препознају се функционалне целине / подсистеми
 - функције
 - препознају се основне функције сваке од компоненти
 - интеракције
 - преваходно начини сарадње копоненти при обављању посла
 - међусобни односи компоненти
 - интеракције и њихов контекст, место компоненти у систему,...
- Мора да буде усклађена са свим нивоима апстракције



Стандардизација архитектуре

- Архитектура база података представља један од предмета стандардизације у области база података, због тесне везе између архитектуре система и његовог референтног модела
- Референтни модел и архитектура се обично разматрају из три угла:
 - из угла компоненти
 - из угла функција
 - из угла података



Из угла компоненти система

- Компоненте система се дефинишу заједно са њиховим међусобним односима
 - СУБП се састоји од скупа компоненти, које обављају одређене функције
 - Путем дефинисаних интеракција компоненти остварује се пуна функционалност система
- Посматрање компоненти је **неопходно** при имплементацији СУБП, али има нешто мањи значај за појединачне БП
- Али **није довољно** посматрати само компоненте да би се одредила функционалност система као целине



Из угла функција система

- Препознају се различите класе корисника и функције које систем за њих обавља
- Уобичајено се праве хијерархије корисника
- Предност приступа је у јасноћи представљања функција и циљева система
- Слабост је у недовољном увиду у начин остваривања функција и циљева



Из угла података система

- Препознају се различите врсте података
- Архитектура се одређује тако да дефинише функционалне јединице које користе податке на различите начине
- Како су подаци централна тема СУБП-а, овај приступ се често препоручује као најпожељнији
- Предност је у истицању централне позиције података у систему
- Слабост је у немогућности да се архитектура у потпуности одреди ако нису описане и функционалне целине



Нивои апстракције података

- Код савремених база података разликујемо 4 основна нивоа апстракције податка:
 - спољашњи ниво – ниво корисника
 - шта корисник види
 - концептуални (логички) ниво
 - све што чини логички модел података
 - ниво физичких података
 - физичка организација података у софтверском систему
 - ниво физичких уређаја
 - физичка организација података на физичким уређајима
- (Ови нивои се не преводе сасвим доследно у нивое архитектуре и пројектовања)

Обједињавање приступа

- Сви приступи се морају комбиновати како би се добио модел архитектуре који у свакој посматраној тачки даје довољно информација о одговарајућим аспектима

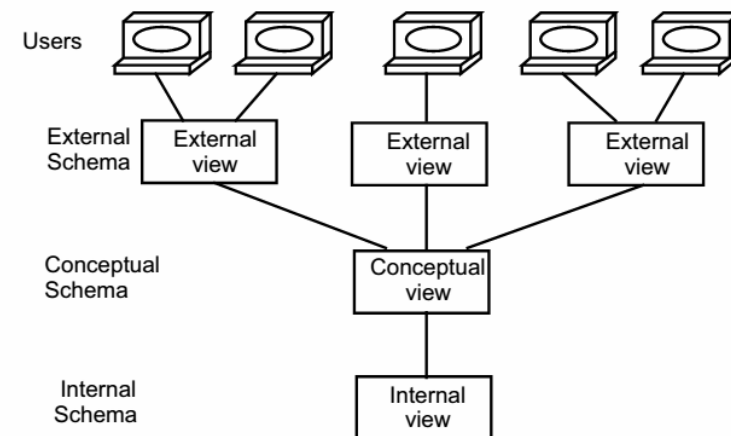
ANSI / SPARC архитектура база података

- Један од најважнијих “стандарда” база података
 - предложен 1975. године
 - ANSI / SPARC (American National Standards Institute / Standard Planning and Requirements Committee)
 - никада није формално усвојен...
 - ...али је неформално широко прихваћен и примењиван
 - начелно почива на подацима али је уствари обједињен поглед на архитектуру база података

ANSI / SPARC архитектура (2)

- Препознају се три нивоа (погледа) података:
 - спољашња схема (енгл. *external schema/view/level*)
 - концептуална схема (енгл. *conceptual schema/view/level*)
 - интерна схема (енгл. *internal schema/view/level*)

ANSI / SPARC архитектура (3)



извор: Ozs, Valduries, *Principles of Distributed Database Systems*, 2.ed, Prentice Hall, 1999.

ANSI-SPARC архитектура СУБП (3)



- **Спољашња схема**
 - највиши ниво апстракције
 - одвојено и од имплементације и од ограничења модела података
 - представља поглед на базу података из угла корисника
 - описује како корисници (укључујући програмере) виде податке
 - различити корисници имају различите потребе
 - имају потребу да виде различите скупове података
 - и различито организоване податке
 - за различите кориснике могу да се праве различите спољашње схеме
 - често се назива и *ниво погледа*, *ниво корисника* или *ниво домена*
- Концептуална схема
- Интерна схема

ANSI-SPARC архитектура СУБП (4)



- Спољашња схема
- **Концептуална схема**
 - ниво умерене апстракције
 - одвојен од физичке имплементације
 - описује заиста имплементиран скуп података и односа међу подацима
 - прилагођен конкретном моделу података (нпр. релационом)
 - усаглашава и подржава све погледе спољашњег нивоа
 - описује како подаци чине целину из угла пословног окружења
 - описује формалне односе и интегритет података
 - често се назива и *логички ниво* или *ниво администратора*
- Интерна схема

ANSI-SPARC архитектура СУБП (5)



- Спољашња схема
- Концептуална схема
- **Интерна схема**
 - најнижи ниво апстракције
 - описује елементе физичке имплементације
 - непосредно, онако како су подаци имплементирани у СУБП и на конкретној софтверској / хардверској платформи
 - често се назива и *ниво система*

Релационе базе и ANSI / SPARC архитектура



- На примеру релационих база података нивои се могу (оквирно) представити на следећи начин:
 - екстерни ниво чине погледи који пружају денормализовану слику одговарајућег дела домена
 - концептуални ниво чини схема базе података
 - обухвата описе атрибута, кључева и ограничења, укључујући и стране кључеве
 - интерни ниво чине физички аспекти
 - индекси
 - простори за табеле
 - разне оптимизације



Архитектура клијент / сервер

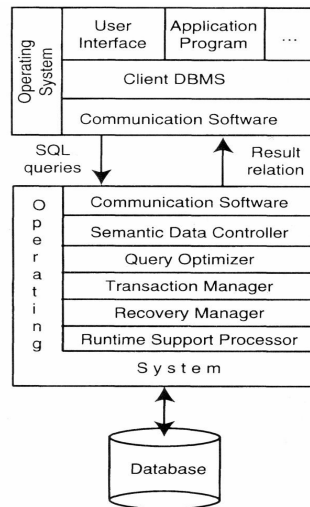
- Основна идеја је релативно једноставна
 - раздвојити функционалности сервера и клијента
 - сервер пружа услуге
 - клијент користи те услуге
- У контексту база података ова архитектура је релативно често заступљена
 - посебно од појаве релационих СУБП



Архитектура клијент / сервер (2)

- Сервер је задужен за управљање подацима
 - обрада упита
 - оптимизација
 - извођење трансакција
- Клијент (клијентски део СУБП) је задужен за
 - остваривање комуникације између апликације и сервера
 - управљање подацима који су кеширани на страни клијента
 - подаци
 - катанци
 - провера конзистентности трансакција

Архитектура клијент / сервер (3)



Дистрибуиране архитектуре

- Више сервера
- Имају различите или дељене улоге
- Пример:
 - Архитектура равноправних чворова
 - Федеративне базе података

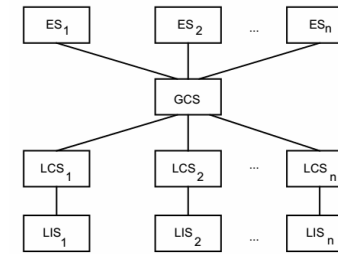


Архитектура равноправних чворова

- Сваки од чворова може имати сопствену физичку организацију података, која се назива **локална интерна схема** (*LIS, local internal schema*)
- Пословно виђење тих података на концептуалном нивоу је описано **глобалном концептуалном схемом** (*GCS – global conceptual schema*)
- Због фрагментације и репликације података, на сваком чвору је потребно да постоји логички опис података, који се назива **локална концептуална схема** (*LCS – local conceptual schema*)
 - глобална концептуална схема је практично унија свих локалних концептуалних схема
- корисници на спољашњем нивоу имају одговарајуће **спољашње схеме** (*ES – external schema*)



Архитектура равноправних чворова (2)



- Код дистрибуираних СУБП
 - сваки чвор има своју **локалну** интерну схему
 - концептуална схема се дели на два нивоа:
 - **глобална** концептуална схема је јединствена и централизована
 - сваки чвор има своју **локалну** концептуалну схему



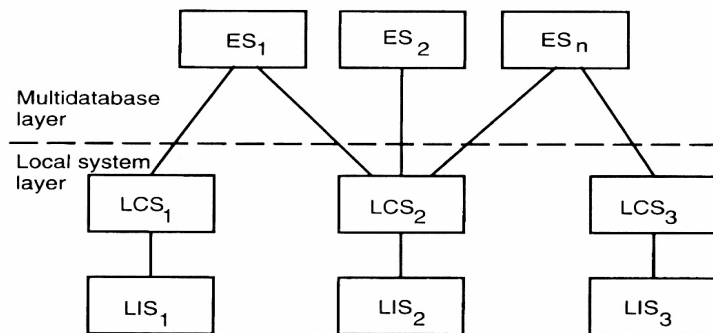
Архитектура равноправних чворова (3)

- Ова архитектура је природно проширење *ANSI/SPARC* модела
 - транспарентност података је практично наслеђена
 - транспарентности локације и репликације података су подржане на основу дефиниције глобалне и локалних концептуалних схема и њиховог односа и пресликавања
 - транспарентност мреже почива на глобалној концептуалној схеми



Федеративне базе података

- Федеративне базе података не користе глобалну концептуалну схему
 - могу да користе тзв. **извозне схеме**, које за сваки чвор посебно описују које податке чвор жели да дели
 - глобална база података је практично унија извозних схема
 - свака апликација која користи глобалну базу података то ради посредством одговарајуће **увозне схеме**



Однос архитектуре и пројектовања БП

- Базе података се пројектују по нивоима
- Нивои пројектовања *делимично* прате нивое архитектуре
- Границе нивоа пројектовања се не поклапају тачно са границама архитектуре

Однос архитектуре и пројектовања БП (2)

- **Концептуално пројектовање (моделирање)**
 - одговара планирању спољашње схеме и дела концептуалне схеме
 - прави се апстрактан *концептуални модел домена*
 - обједињује све спољашње схеме
 - није прилагођен конкретном имплементационом моделу података
- **Логичко пројектовање (моделирање)**
 - углавном одговара концептуалној схеми
 - прилагођавање концептуалног модела конкретном моделу података
 - прави се конкретан *логички модел базе података*
- **Физичко пројектовање (моделирање)**
 - односи се на интерну схему и неке аспекте концептуалне схеме
 - прави се *физички (имплементациони) модел података*
- **Пројектовање безбедности**
 - Углавном (али не сасвим) ортогонално у односу на остале кораке
 - Преплиће се са њима, али се углавном одвија у току и након физичког пројектовања

Литература за тему

- *Ozsu, Valduries, Principles of Distributed Database Systems, 2.ed, 1999.*