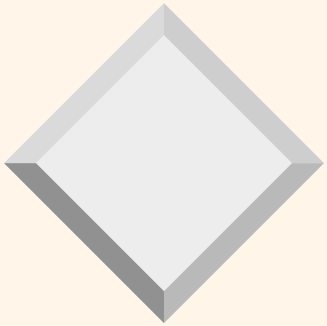


OO a OR databáze

slajdy k přednášce NDBI001

Jaroslav Pokorný

MFF UK, Praha

pokorny@ksi.mff.cuni.cz

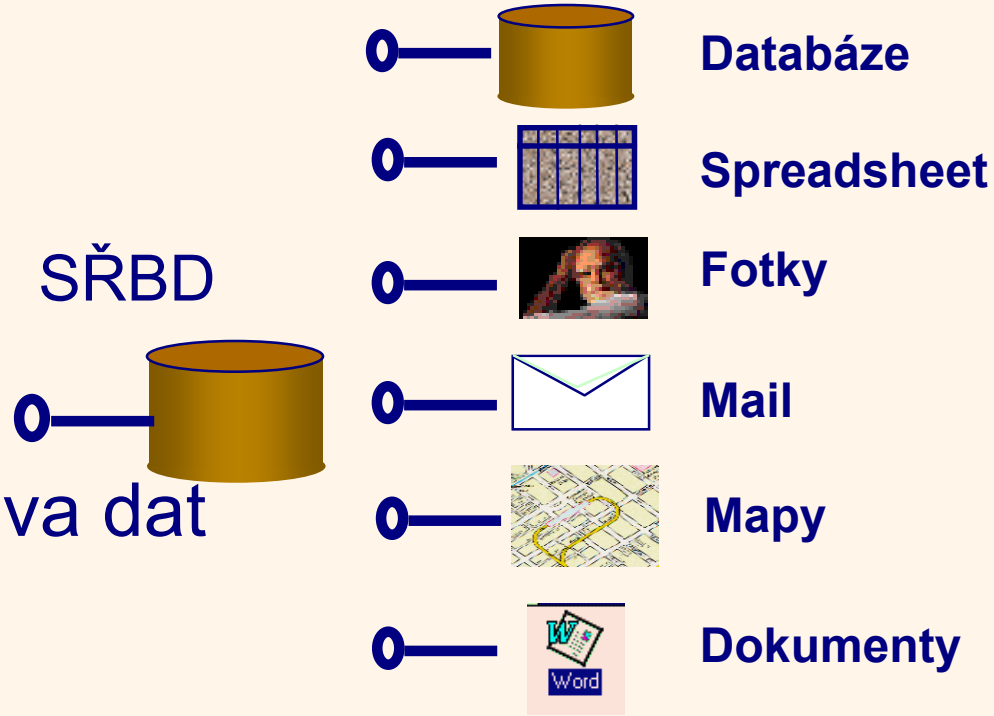
Obsah

Proč více db technologií

Požadavky nových aplikací:

- nové typy objektů a funkcí
- OO analýza a návrh vs. relační db

”Relační databáze je podobná garáži, která vás nutí rozmontovat vaše auto a uložit díly do malých zásuvek..."



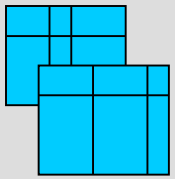
Cíl: integrace a správa dat v jednom systému

Objektově orientované databáze

objektový datový model

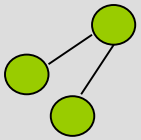
- je v souladu s viděním světa (entita ⇒ objekt)
- definice složitých objektů a jejich manipulace

RSŘBD
Výkonné OLTP
Dostupnost dat
Utajení
Prostředky pro správu dat
Standardní jazykové rozhraní
Řízení paměti
Souběžné zpracování dat
Integrita



Operace na složitých objektech
Rekurzivní struktury
Abstraktní datové typy
Rozhraní k OO jazyku
Složité transakce

OOSŘBD



Funkcionalita relačních a OO SŘBD

Objektově orientované databáze

1993: konsorcium ODMG (Object Data Management Group) vůdčích výrobců OOSŘBD $\Rightarrow$ návrh standardu ODMG-93.

- nadmnožina obecnějšího modelu Common Object Model (COM) vytvořeného skupinou Object Management Group (OMG). Převzat byl jeho definiční jazyk IDL.
- dotazovací část Object Query Language (OQL), která souvisí s koncepcí dotazovací části standardu SQL92.
- rozhraní k OO PJ C++, Smalltalk (k Java: nahrazeno Java Data Objects (JDO))

2001: skupina rozpuštěna (verze ODMG 3.0)

OOPJ + SŘBD = OOSŘBD

Základní koncepty ODMG-93

- třída (nebo typ), instance (nebo objekt), atribut, metoda a integritní omezení
  - třída - šablona pro instance (objekty), které mohou sdílet atributy a metody.
    - doména atributů: primitivní typ dat, abstraktní typ dat (ADT), nebo odkaz na třídu.
    - metoda je funkce (její implementace je skryta) aplikovatelná na instance třídy (výpočet založený na hodnotách atributů).
- identifikátor objektu (OID)
  - každý objekt má jednoznačný identifikátor, prostřednictvím kterého lze z databáze získat odpovídající objekt.

Základní koncepty ODMG-93

- zapouzdření
  - data jsou “zabalena” spolu s metodami. Jednotkou zapouzdření je objekt. Metody jsou platné pouze na příslušných objektech, se kterými jsou zapouzdřeny.
- hierarchie tříd, dědění
  - podtřída $\Rightarrow$ hierarchie
  - dědění je proces znamenající pro podtřídu osvojení všech atributů a metod z nadtřídy.
  - vícenásobné dědění ($\Rightarrow$ problémy např. řešení konfliktů stejných jmen zděděných atributů a metod).

Nástup OO db technologie

Zdroje: OO programování, OO analýza a návrh, relační SŘBD

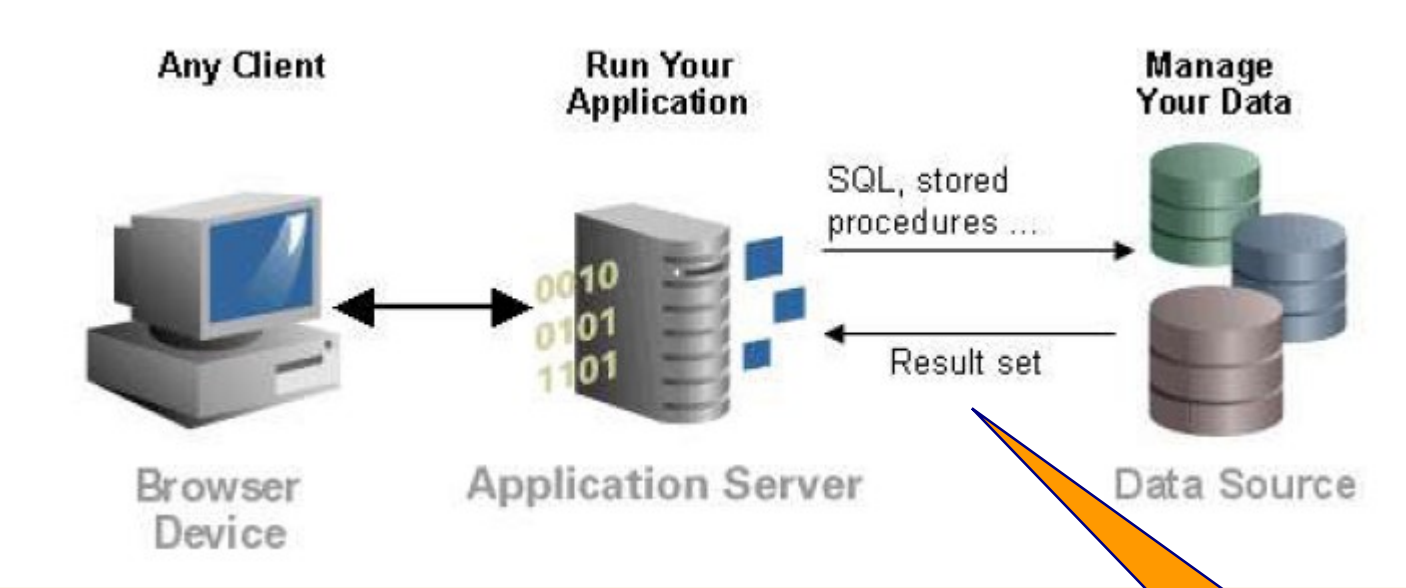
- Objektově relační mapování (ORM)

  Př.: Hibernate (rozhraní: Session, Transaction, Query)

  TopLink (ORM aplikace vlastněná Oracle, Inc.)

  Přístup k objektům: např. Hibernate Query Language $\rightarrow$ SQL; programovací jazyk + metody realizující vstup do SQL databáze
- problém: méně sémantiky v relacích, impedance mismatch v přístupu k objektům

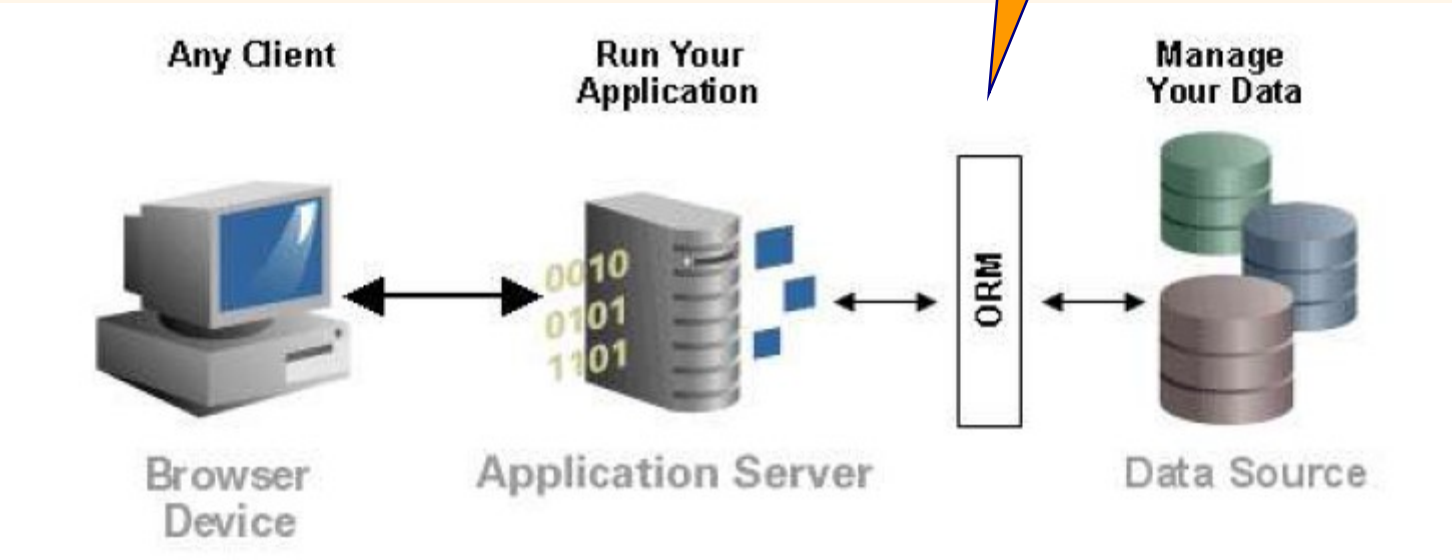
Provoz bez ORM



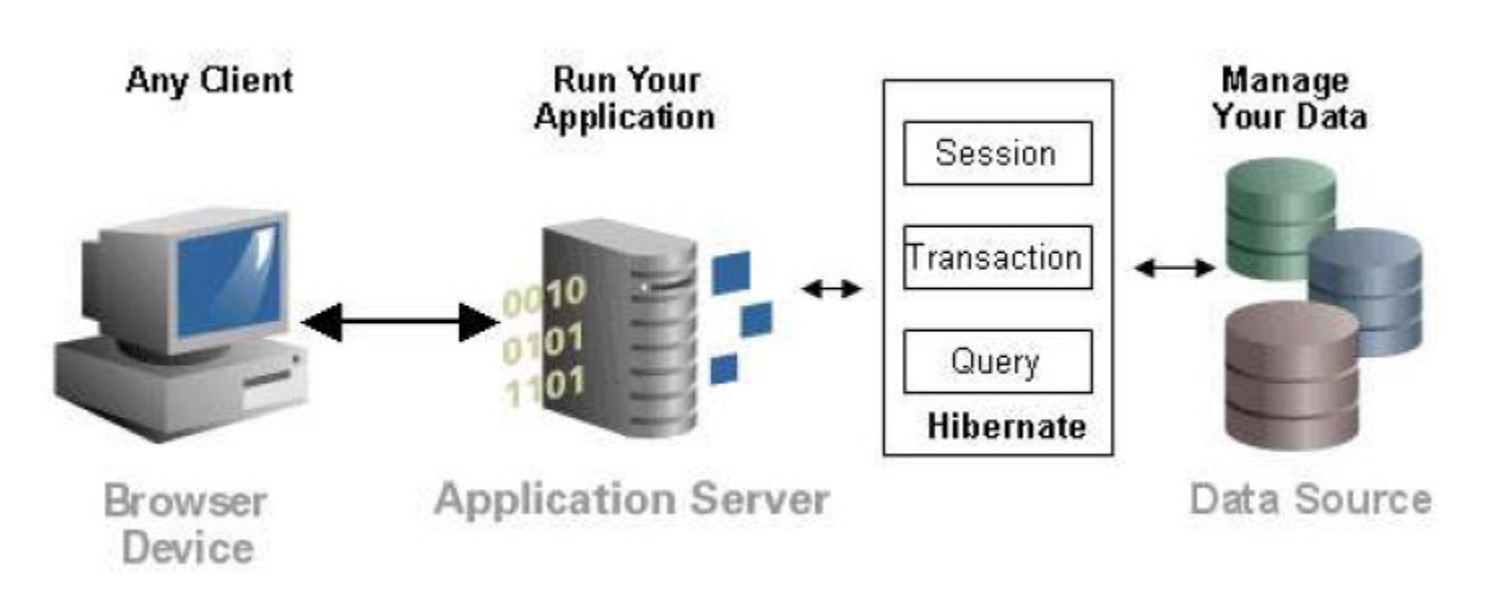
prostřednictvím API JDBC

Provoz s ORM

15%-20% pomalejší než s JDBC



Příklad: Hibernate



Nástup OO db technologie

- 2. pol. 80. let - OO databáze
  - Př.: O2 (→ Unidata → Informix → IBM)
    ObjectStore (Ignite Technologies od r. 2015)
    Versant Object Database (verze 9.2 v roce 2016), Objectivity/DB, InterSystems Caché (verze 2016.1.1)
    GemStone (GemTalk Systems od r. 2013), Jasmine
  - Novější: db4o (database for objects),
  - Princip: shora dolů (od aplikace k datům)
- Dotazování: OQL – neúplný, jinak: např. Objectivity/SQL++

1

Nástup OR db technologie

Důvody:

- částečný neúspěch: nenabídly pružnost a výkonnost relačních SŘBD
- I později sestup -- např. db4o přestala být v r. 2014 podporována
- Cíl výrobců SŘBD:
  - obdržet maximum z rozsáhlých investic do relační technologie (data, nabyté zkušenosti),
  - využít výhody v pružnosti, produktivitě a provozních přínosů OO modelování,
  - integrovat databázové služby do výrobních systémů a dalších aplikací.

Nástup OR db technologie

- 90. léta - OR přístup - ORSŘBD
  - kombinace OO a relačních SŘBD
  - 1992: UniSQL/X, dále: HP - OpenODB (později Odapter)

    1993: Montage Systems (později Illustra) - komerční verze Postgres
- 2000+: DB/2, INFORMIX, ORACLE, Sybase Anywhere (integrováno do SAP, 2012), Unidata, Microsoft SQL Sever

Objektově relační databáze

Dva přístupy:

- univerzální paměť, kdy všechny druhy dat jsou řízeny SŘBD), jde o integraci (různými způsoby!)

  $\Rightarrow$ univerzální servery
- univerzální přístup, kdy všechna data jsou ve svých původních (autonomních) zdrojích

  Technika: middleware
  - brány (min. dva nezávislé servery)
  - zobrazení schémat, transformace dotazů
  - objektové obálky: Persistence Software, Ontologic, HP, Next, ... (problémy: výkon)
  - DB založené na Web

Rozšiřitelnost, uživatelsky definované typy a funkce

Možnosti ADT:
black box
white box

Požadavek: manipulace BLOB (v RSŘBD atomický)

Rozšiřitelnost: možnost přidávání nových datových typů + programů (funkce) „zabalených“ do speciálního modulu

⇒ UDT (uživatelsky definované typy)

UDF (uživatelsky definované funkce)

Problém: zapojení do relačního SŘBD (včetně SQL !)

DB/2: relační extendery

Informix: DataBlades

ORACLE: cartridges

Sybase: Component Integration Layer.

univerzální servery

Rozšiřitelnost, uživatelsky definované typy a funkce

Př.: DB/2 v r. 2006:

- MapInfo
- NetOwl (přirozený jazyk v bussiness intelligence)
- EcoWin (časové řady, makroekonomická časové řady, …)
- GIS a prostorové objekty
- SQL expander (matematické, finanční, konverzní, … funkce)
- VideoCharger (audio a video objekty v reálném čase)
- text, XML, audio, video, obrázky
- FormidaFire (integrace heterogennich dat)
- …

Př.: Informix v r. 2006:

- C-ISAM, Excallibur Text Search, Geodetic, Image Foundations, Spatial, TimeSeries, Video Foundation, Web

Rozšiřitelnost, uživatelsky definované typy a funkce

- Implementace: technologie „plug in“ pomocí různých technik:
  - DataBlades - přímý přístup k databázovému jádru
  - ORACLE 7.3 - architektura více serverů a API
- Částečná standardizace:
  - SQL/MM (např. Full-Text - řeší ADT + odpovídající funkce)
  - Obecněji: SQL99, SQL:2003 umožňují budovat spíš složené datové typy na základě několika vestavěných základních datových typů
  - Rozšiřování aparátu vestavěných základních typů – XML (2003 …), JSON (2016)

Příklad - textový extender

```
SELECT časopis, datum, titul
FROM ČLÁNKY
WHERE CONTAINS(text_článku, '("databáze" AND
                ("SQL" | "SQL92") AND NOT "dBASE")') = 1;
```

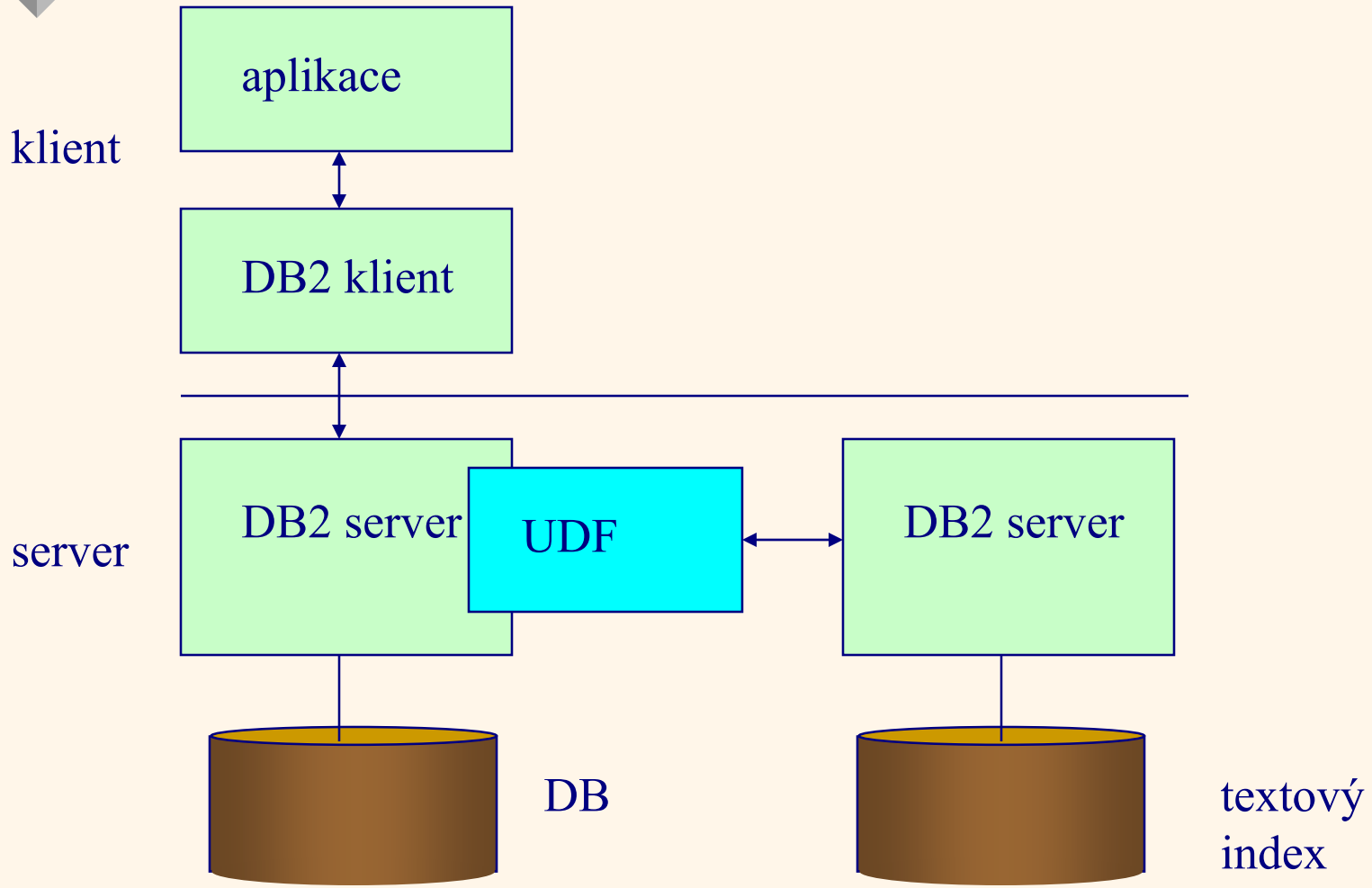
Další funkce: NO_OF_MATCHES (kolikrát se zadaný vzorek vyskytoval v textu), RANK (hodnota pořadí v odpovědi na základě nějaké míry).

```
SELECT časopis, titul
FROM ČLÁNKY
WHERE NO_OF_MATCHES (text_článku, 'databáze') > 10;
SELECT časopis, datum, titul, RANK(text_článku, '("databáze"
   AND ("SQL" | "SQL92") )') AS relevantni
FROM ČLÁNKY
ORDER BY relevantni DESC;
```

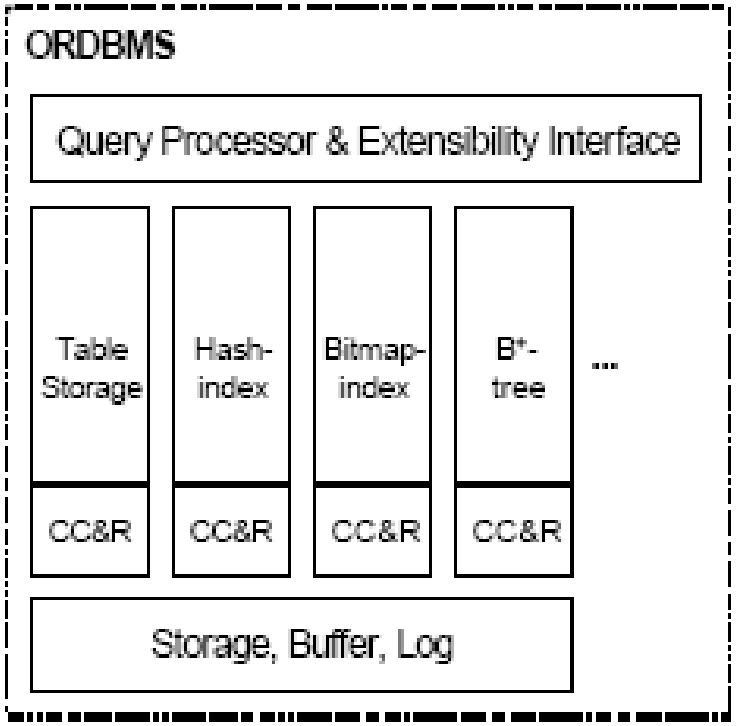
Architektura známých produktů

- přidání zvláštního aplikačního rozhraní (API) a speciálních serverů (také ORACLE 7.3 – viz např. CONTEXT, Media Server, OLAP),
- simulace OR na úrovni middleware (také ORACLE 7.3 - viz např. část Spatial Data Option),
- úplné přepracování databázového stroje (např. Illustra Information Technology),
- přidání OO vrstvy k relačnímu stroji (např. INFORMIX Universal Server, IBM D2/6000 Common Server, Sybase Adaptive Server + Java).

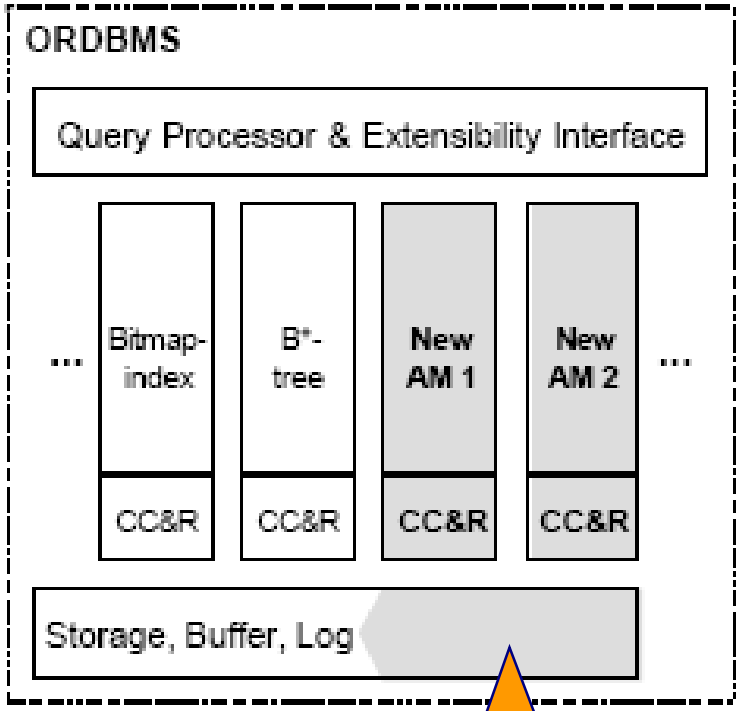
Interakce DB a textového extenderu v DB2



Architektury rozšiřitelnosti (1)



a) Standard ORDBMS kernel

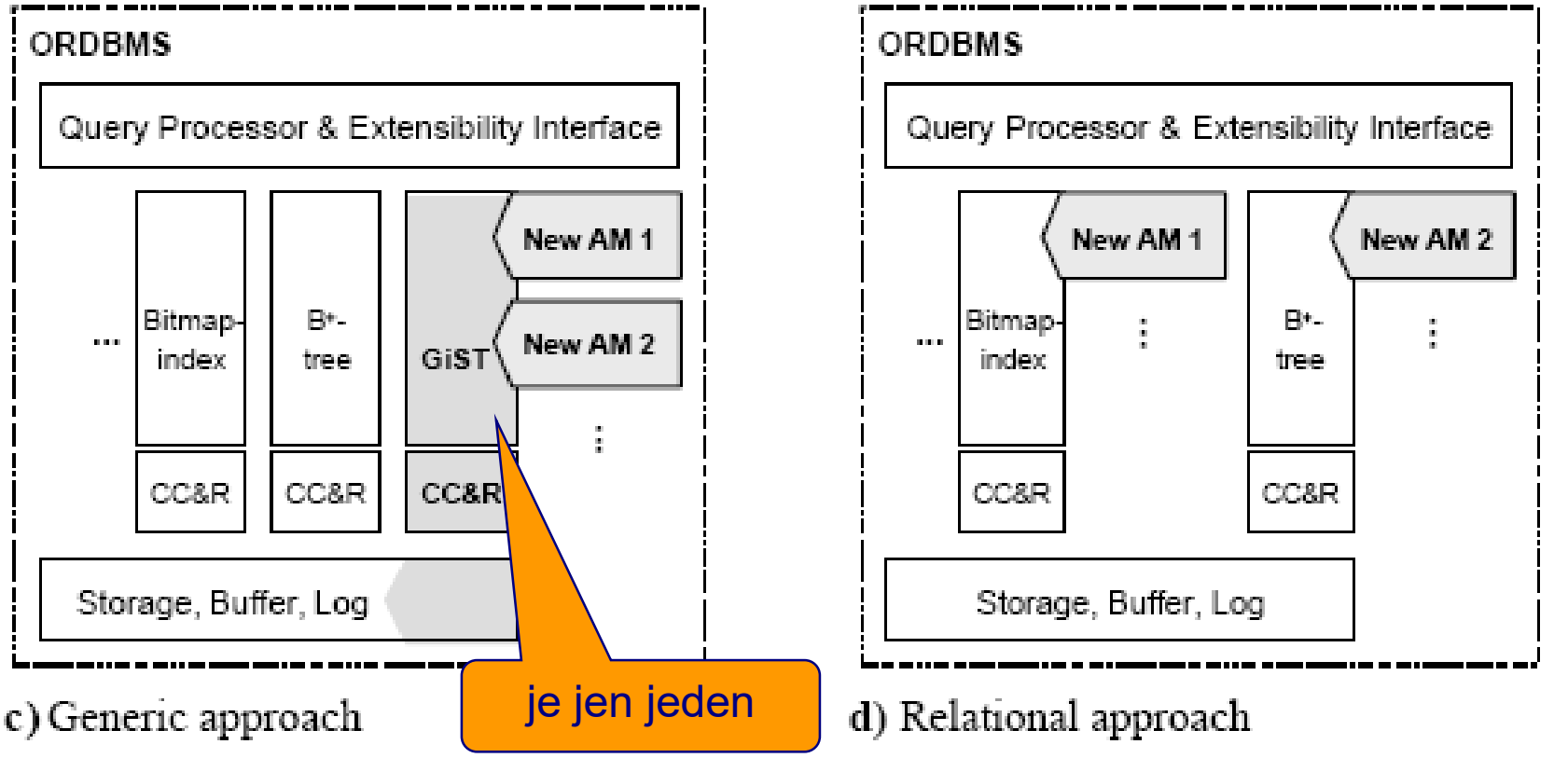


b) Integrating approach

zásah hluboko do jádra

CC&R: concurency control and recovery
AM: access method

Architektury rozšiřitelnosti (2)



GiST: Generalized Search Tree

AM na vrcholu relačního SŘBD

Problémy s ORSŘBD

- implementace datových typů VITA (video, image, text, audio)
- integrace datových typů
  - Jak optimalizovat dotazy?
- řešení staré:
  - modifikace jádra SŘBD (drahé, náročné)
  - funkčnost dostupná pouze pro některé typy požadavků
- řešení novější:
  - specializované servery

„Opravdové“ ORSŘBD

Won Kim: „rozšiřitelnost je pouze druhotný, i když užitečný rys, jde o důsledek OO přístupu“

Stonebraker: „rozšiřitelnost typu “plug-in” (např. ORACLE) jako sice vhodnou pro konektivitu aplikace-aplikace, nicméně nemá nic do činění s databázovou “plug-in”. Jde o pouhý middleware, který nezakládá OR technologii“.

Požadavky:

- datový model s hlavními rysy ODMG-93
- odpovídající objektový jazyk vyšší úrovně

Řešení: OO rozšíření SQL naplňuje (přibl.) tyto požadavky

Dnes: standard SQL:1999, SQL:2003 + další vývoj

Objektově relační modelování

- Rozšíření relačního modelu o objekty a konstrukty pro manipulaci nových datových typů,
- atributy n-tic jsou složité typy, včetně hnízděných relací,
- zachovány jsou relační základy včetně deklarativního přístupu k datům,
- kompatibilita s existujícími relačními jazyky (tvoří podmnožinu).

Příklad: hnízděná vs. normalizovaná relace

časopis	titul	autoři	klíčová_slova	datum		
				den	měsíc	rok
CW	OLAP	{Kusý, Klas}	{hvězda, dimenze}	23	duben	1998
SN	Databáze	{Novák, Fic}	{RDM, schéma}	15	květen	1998

časopis	titul	autor	klíčové_slovo	den	měsíc	rok
CW	OLAP	Kusý	hvězda	23	duben	1998
CW	OLAP	Kusý	dimenze	23	duben	1998
CW	OLAP	Klas	hvězda	23	duben	1998
CW	OLAP	Klas	dimenze	23	duben	1998
SN	Databáze	Novák	RDM	15	květen	1998
SN	Databáze	Novák	schéma	15	květen	1998
SN	Databáze	Fic	RDM	15	květen	1998
SN	Databáze	Fic	schéma	15	květen	1998

Normalizace do BCNF

časopis	titul
CW	OLAP
SN	Databáze

titul	autor
OLAP	Kusý
OLAP	Klas
Databáze	Novák
Databáze	Fic

titul	klíčové_slovo
OLAP	hvězda
OLAP	dimenze
Databáze	schéma
Databáze	RDM

titul	den	měsíc	rok
OLAP	23	duben	1998
Databáze	15	květen	1998

Nevýhody BCNF:

- spojení v dotazech

Nevýhody pouhé 1NF

- ztráta vztahu řádek = 1 objekt

Normalizace do 4NF

časopis	titul
CW	OLAP
SN	Databáze

eventuálně *

titul	autor
OLAP	Kusý
OLAP	Klas
Databáze	Novák
Databáze	Fic

titul	klíčové_slovo
OLAP	hvězda
OLAP	dimenze
Databáze	schéma
Databáze	RDM

titul	den	měsíc	rok
OLAP	23	duben	1998
Databáze	15	květen	1998

Nevýhody 4NF:

- spojení v dotazech

Nevýhody pouhé 1NF

- ztráta vztahu řádek = 1 objekt

SQL:1999

Pět části:

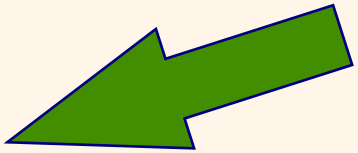
- SQL/Framework 75 str.
- SQL/Foundations 1100 str.
- SQL/CLI (Call Level Interface*) 400 str.
- SQL/PSM (Persistent Store Modules**) 160 str.
- SQL/Bindings 250 str.

(SQL Embedded, Dynamic SQL, Direct invocation)

* alternativa k volání SQL z aplikačních programů (implementace: ODBC)

** procedurální jazyk pro psaní transakcí

SQL:1999

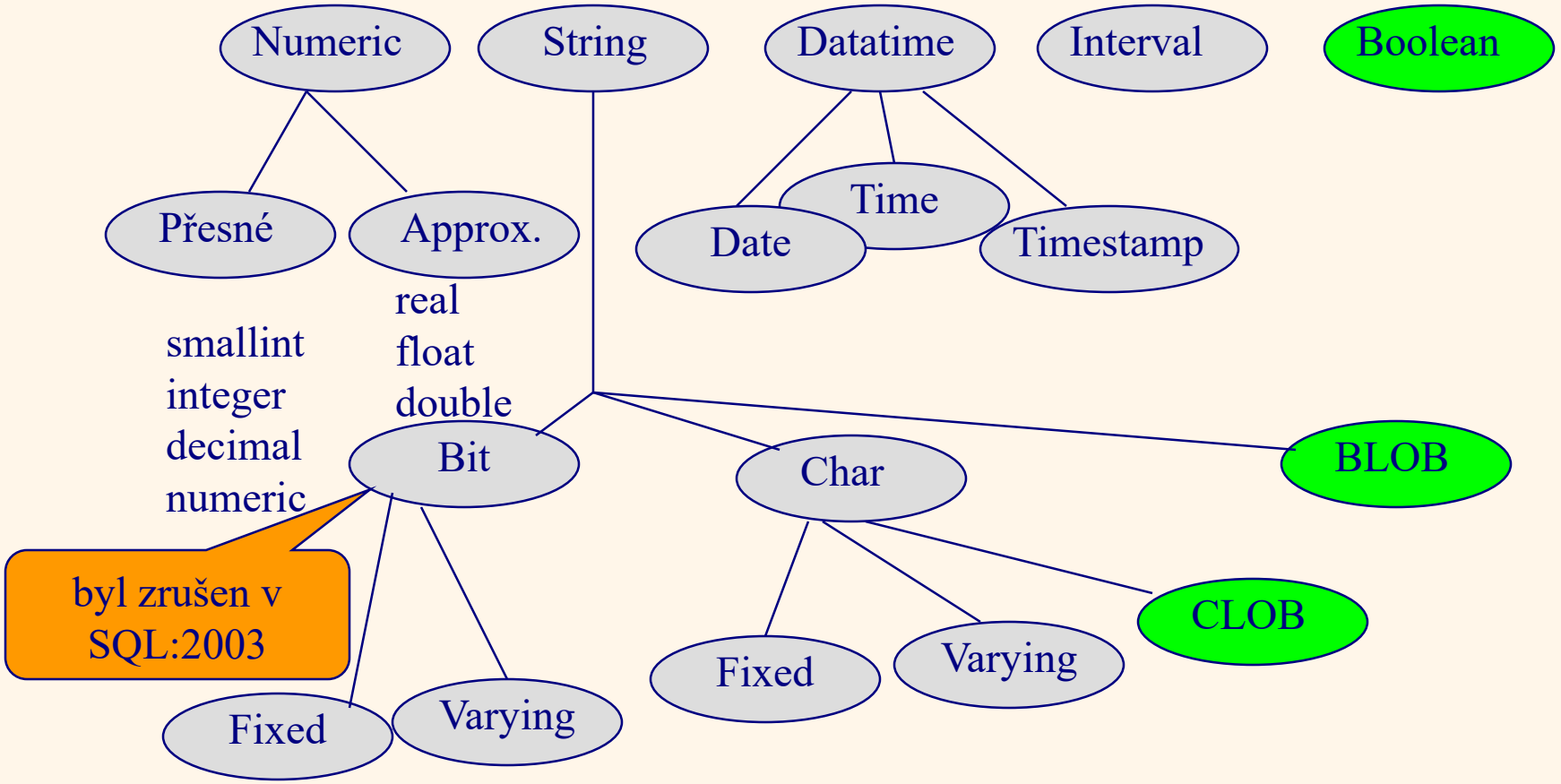


- podpora objektů
- uložené procedury
- triggery
- rekurzivní dotazy
- rozšíření pro OLAP
- procedurální konstrukty
- výrazy za ORDER BY
- savepoints
- update prostřednictvím sjednocení a spojení

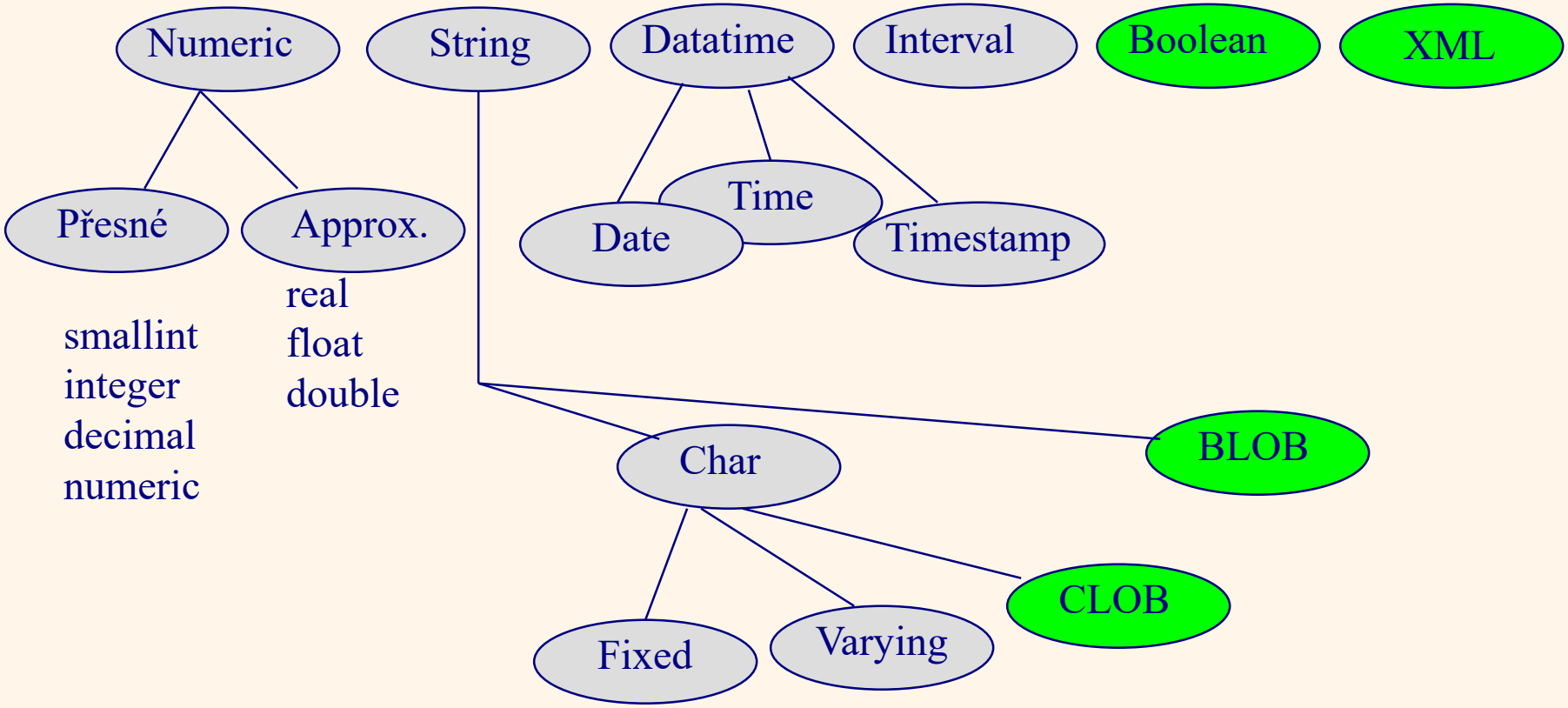
Objekty: od SQL3 k SQL:1999

- SQL3 pro podporu objektů používá:
  - uživatelem definované typy (UDT), tj. ADT, pojmenované typy řádků a odlišující typy),
  - konstruktory typů pro typy řádků a typy odkazů,
  - konstruktory typů pro typy kolekcí (množiny, seznamy a multimnožiny),
  - uživatelem definované funkce (UDF) a procedury (UDP),
  - velké objekty (Large Objects neboli LOB).
- Standard SQL:1999 - podmnožina celkové koncepce

Předdefinované typy v SQL:1999



Předdefinované typy v SQL:2003



Typ Boolean

```
SELECT č_odd, EVERY(plat > 20000) AS
    všichni_bohatí, SOME(plat > 20000) AS
    někteří_bohatí
FROM zam
GROUP BY č_odd;
```

result:

č_odd	všichni_bohatí	někteří_bohatí
A35	FALSE	FALSE
J48	TRUE	TRUE
Z52	FALSE	TRUE

Další typy v SQL:1999

Konstruované atomické typy:

- reference

Konstruované kompozitní typy:

- array /* podtyp collection */
  uspořádaný seznam dané maximální délky
  nejsou povolena žádná pole polí nebo vícedimensionální pole
- row

Pz.: původně uvažováno více podtypů kolekcí (v implementacích rovněž)

Pz.: k typům existují nové funkce (BIT_LENGHT, POSITION, SUBSTRING, …)

Typ pole

```
CREATE TABLE zprávy(
    ID   INTEGER
    autoři        VARCHAR(15) ARRAY[20]
    titul         VARCHAR(100)
    abstrakt      FULLTEXT
```

- přístup ke složkám pole poziční (pořadovým číslem), např. autoři[3],
- funkce CARDINALITY, porovnání =, <>, zřetězení ||, CAST
- UNNEST (odhnízdění),
- možnost WITH ORDINALITY (lze generovat sloupec offset odpovídající pořadovým číslům prvků v poli)

```
SELECT z.ID, a. jméno
FROM zprávy AS z, UNNEST(z.autoři) as a(jméno)
```

Další typy v SQL:1999

UDT:

- odlišující typy (jsou zatím budované pouze na předdefinovaných typech)
- strukturované typy (mohou být definované s více atributy, které jsou předefinovaných typů, typu ARRAY, nebo dalšího strukturovaného typu)
  - ADT
    - chování je realizováno pomocí funkcí, procedur a metod
    - ADT mohou být organizovány do hierarchií s děděním
  - pojmenované typy řádků

Odlišující typy

Princip: přejmenování (rozlišení) předdefinovaných typů + odlišné chování

```
CREATE TYPE TYP_MÍSTNOSTI
AS CHAR(10) FINAL;

CREATE TYPE METRY
AS INTEGER FINAL;

CREATE TYPE KV_METRY
AS INTEGER FINAL;

CREATE TABLE místnosti(
m_id          TYP_MÍSTNOSTI
m_délka       METRY
m_šířka       METRY
m_perimeter   METRY
m_plocha      KV_METRY);
```

hlásí chybu

```
UPDATE místnosti
SET m_plocha = m_délka
```

OK

```
UPDATE místnosti
SET m_šířka = m_délka
```

Pozor: srovnej s pojmem DOMAIN!

Pz.: slabá sémantika: na METRY (KV_METRY) není definováno +.

Typ řádku - nepojmenovaný

```
CREATE TABLE osoby (
        jméno VARCHAR(20),
        adresa ROW(ulice   CHAR(30),
                   č_domu CHAR(6),
                   město CHAR(20),
                   PSČ    CHAR(5)),
        datum_narození DATE);

INSERT INTO osoby
VALUES('J.Novák', ('Svojetická', '2401/2', Praha 10,
   10000), 1948-04-23);

SELECT o.adresa.město
FROM osoby o
```

Typ řádku – pojmenovaný

- na rozdíl od ADT není zapouzdřený.

```
CREATE ROW TYPE účet_t (
      č_účtu        INT,
      klient        REF(zákazník_t),
      typ  CHAR(1),
      otevřen       DATE,
      úrok          DOUBLE PRECISION,
      zůstatek      DOUBLE PRECISION,
      );
CREATE TABLE účty OF účet_t
    (PRIMARY KEY č_účtu );
```

- příkaz není součástí standardu SQL. Lze ho nalézt např. v DB/2.

Typ řádku – pojmenovaný ADT

v podstatě definice třídy

- datová struktura (+ metody)
- vhodné pro modelování entit a jejich chování

  Př.: osoba, student, oddělení, …

```
CREATE TYPE zaměstnanec_t AS(
č_zam        INTEGER
jméno        VARCHAR(20));
```

Použití

jako typ sloupce

film	role	herec
Evita	sluha	(23, Kepka)
…	…	...

jako typ řádku

id	č_zam	jméno
23712	23	Kepka
…	…	...

id připomíná OID v OO

Typ řádku – pojmenovaný ADT

```
CREATE TABLE zaměstnanci OF zaměstnanec_t
   (PRIMARY KEY č_zam);
```

Co je vlastně potom výslednou tabulkou?

- unární relace, jejíž n-tice jsou objekty se dvěma komponentami.
- IO je funkcí tabulek a nikoliv typů

Uživatelsky definované procedury a funkce

programy vyvolatelné v SQL: procedury a funkce

- procedury mají parametry typu IN, OUT, INOUT
- funkce mají parametry jen typu IN, vracejí hodnotu

konstrukce programů:

- hlava i tělo v SQL (buď 1 SQL příkaz nebo BEGIN…END)
- hlava v SQL, tělo externě definované

v SQL/PSM

volání programů:

- procedura: CALL jméno_procedury(p1,p2,…,pn)
- funkce: funkcionálně f(x,y)
- uložená procedura (stored procedure): CALL statement z klientského program, který se volá pod řízením databázového managera.

v UDT přibudou metody

Uživatelsky definované procedury a funkce

Př.: DB2 UDB/OSF White Box ADT

```
CREATE TYPE bod AS (
      x DOUBLE,
      y DOUBLE,
      );

CREATE FUNCTION distance(p1 BOD, p2 BOD) RETURNS INTEGER
LANGUAGE SQL INLINE NOT VARIANT
RETURN sqrt((p2..y-p1..y)*(p2..y-p1..y) + (p2..x-p1..x)*(p2..x-p1..x));

SELECT Z.jméno
FROM zam Z, město M
WHERE M.název = 'Ostrava'
            AND distance(Z.bydliště, M.střed) < 25;
```

(Uživatelsky definované) metody

SQL:1999 přidává metody

Rozdíly metod a funkcí:

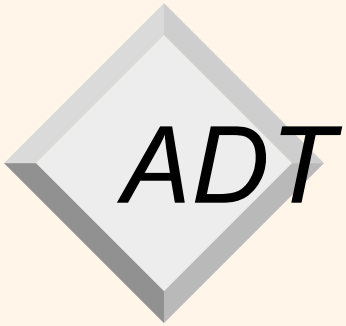
- metody jsou vždy svázány s typem, funkce nikoliv,
- daný datový typ je vždy typem prvního (nedeklarovaného) argumentu metody,
- metody jsou uloženy vždy ve stejném schématu, ve kterém je uložen typ, ke kterému mají nejblíže. Funkce nejsou omezeny na specifické schéma.
- funkce i metody mohou být polymorfické, liší se v mechanismu volby konkrétní metody v run time,
- signatura a tělo metody jsou specifikovány odděleně,
- volání metody (tečková notace + argumenty v závorkách).

ADT v SQL:1999

```
CREATE TYPE zaměstnanec_t AS(
    č_zam           INTEGER
    jméno           CHAR(20),
    adresa          adresa_t,
    vedoucí         zaměstnanec_t,
    datum_nástupu   DATE,
    základní_plat   DECIMAL(7,2),
    příplatek       DECIMAL(7,2))
INSTANTIABLE
NOT FINAL
REF č_zam
METHOD odpr_léta() RETURNS INTEGER
METHOD mzda() RETURNS DECIMAL);
```

```
CREATE METHOD odpr_léta
FOR zaměstnanec_t
BEGIN … END;

CREATE METHOD mzda
FOR zaměstnanec_t
BEGIN … END;
```



ADT v SQL:1999

NOT FINAL … může mít další podtyp

v SQL:1999 strukturované typy musí být NOT FINAL a odlišující typy musí být FINAL (v SQL:2003 uvolněno)

REF umožňuje chápat data (řádky) v tabulkách daného typu jako objekty. V definici tabulky pak lze tento „identifikační“ atribut pojmenovat

ADT v SQL:1999

Možnosti specifikace:

- generované systémem

  REF IS SYSTEM GENERATED

  nebo

  REF IS PID SYSTEM GENERATED

  jeho hodnoty lze „vidět“
- generované uživatelem

  REF USING <předdefinovaný typ>
- odvozené

  REF(<seznam atributů>)

Zde: odkaz pomocí č_zam

Podtypy

```
CREATE TYPE osoba_t AS(
    jméno                CHAR(20),
    adresa               adresa_t,
NOT FINAL
CREATE TYPE zaměstnanec_t UNDER osoba_t(
    č_zam                INTEGER
    vedoucí              zaměstnanec_t,        /*zaměstnanec_t je
    datum_nástupu        DATE,                 podtypem osoba_t */
    základní_plat        DECIMAL(7,2),
    příplatek            DECIMAL(7,2))
NOT FINAL
REF č_zam
METHOD odpr_léta() RETURNS INTEGER
METHOD mzda() RETURNS DECIMAL);
```

Podtypy

podtypy

```
CREATE TYPE úředník_t UNDER zaměstnanec_t
  …
CREATE TYPE dělník_t UNDER zaměstnanec_t
  …
```

- strukturované typy mohou být podtypem dalšího ADT
- ADT dědí strukturu (atributy) a chování (metody) ze svých nadtypů
  - povolena je jednoduchá dědičnost, vícenásobná je v SQL odložena; (speciální případy – např. repeated inheritance in ORACLE)
- substituovatelnost: na místě daného typu může být hodnota podtypu

Podtabulky

zaměstnanec_t musi byt podtypem osoby_t

- aparát závislý na aparátu typů

```
CREATE TABLE osoby OF osoby_t
CREATE TABLE zaměstnanci OF
   zaměstnanec_t
UNDER osoby;
```

- dědí sloupce, IO, triggery, … dané nadtabulky

Podtabulky

zaměstnanec_t musi byt podtypem osoby_t

- Požadavky konsistence pro podtabulky a nadtabulky
  - každá n-tice v nadtabulce (např. osoby) může korespondovat nejvýše k jedné n-tici v podtabulkách (např. zaměstnanci a OON)
  - tj. každá entita musí mít nespecifičtější typ
- Selekce omezená na tabulku X pomocí

  FROM ONLY (X)

  – jinak také z podtabulek X.

Přístup k hodnotám atributů

Každý atribut má automaticky metody generátor a mutátor

- výběr hodnot

aplikace metody generátor

```
SELECT z.jméno()
FROM zaměstnanci z
```

- aktualizace ve 3 krocích

generuje novou instanci

```
SET novýZam = zaměstnanec_t()
novýZam.č_zam('7897890')
novýZam.jméno('Jarda')
INSERT INTO zaměstnanci(novýZam)
```

Reference a dereference

```
CREATE TYPE účet_t AS (
    č_účtu      INT,
    klient      REF(zákazník_t),
    typ         CHAR(1),
    otevřen     DATE,
    úrok        DOUBLE PRECISION,
    zůstatek    DOUBLE PRECISION,
    )
FINAL REF IS SYSTEM GENERATED;
CREATE TABLE účty OF účet_t
   (PRIMARY KEY č_účtu );
```

reference

tabulka

tabulka účty má zvláštní atribut podobný oid

tzv. samoodkazující sloupec

Reference a dereference

Co se děje, je-li odstraněn odkazovaný objekt:

- Nic – implicitně REFERENCES ARE NOT CHECKED
- Možnost akce, je-li REFERENCES ARE CHECKED ON DELETE (pak SET DEFAULT, SET NULL, CASCADE, NO ACTION, RESTRICT)

Dereference

- lze dělat pouze tehdy, je-li definováno umístění objektů typu REF (v SQL:1999 je to jedna tabulka)

```
CREATE TABLE zákazníci OF zákazník_t;
CREATE TABLE účty OF účet_t
            (PRIMARY KEY č_účtu,
             klient WITH OPTIONS SCOPE zákazníci
            );
```

alokace

Pz.: připomíná referenční integritu

```
SELECT u.klient -> jméno
FROM účty u
WHERE u.klient->adresa.město = "Suchdol“ AND u.zůstatek > 100000;
```

dereference, cesta

Reference a dereference

- dereference cestou a/nebo funkcí DEREF

srovnej

```
SELECT u.otevřen, u.klient
FROM účty u;
```

a

```
SELECT u.otevřen, DEREF(u.klient)
FROM účty u;
```

DEREF vrací n-tici

Reference a dereference

- výhody používání REF:
  - sdílení objektů
    - nejsou zbytečně kopírována data
    - změna se provádí na jednom místě
- odkaz na metodu:

```
SELECT u.klient() -> jméno
FROM účty u
WHERE u.klient() -> mzda() > 10000;
```

Pz.: metody bez parametrů nevyžadují ()

Za SQL:1999, 2003

```
CREATE TABLE zaměstnanci
    (id INTEGER PRIMARY KEY,
    jméno VARCHAR(30),
    adresa ROW(      uliceCHAR(30),
                     číslo_d CHAR(6),
                     město CHAR(20),
                     PSČ CHAR(5)),
    projekty INTEGER SET,
    děti osoba LIST,
    odměny MONEY MULTISET
```

kolekce

je v SQL:2003

Multimnožiny

nt1 MULTISET EXCEPT [DISTINCT] *nt2*	*nt1* - *nt2*
nt1 MULTISET INTERSECT [DISTINCT] *nt2*	*nt1* ∩ *nt2*
nt1 MULTISET UNION [DISTINCT] *nt2*	*nt1* ∪ *nt2*
CARDINALITY(*nt*)	| *nt* |
nt IS [NOT] EMPTY	
nt IS [NOT] A SET	
SET(*nt*)	odstraň duplicity z *nt*
nt1 = *nt2*	rovnost multimnožin
nt1 IN (*nt2*, *nt3*, ...)	být v seznamu multimnožin
nt1 [NOT] SUBMULTISET OF *nt2*	porovnání multimnožin
r [NOT] MEMBER OF *nt*	*r* ∈ *nt*?
CAST(COLLECT(*col*))	hnízděná tabulka založená na *col*
POWERMULTISET(*nt*)	množina všech neprázdných podmnožin *nt*
POWERMULTISET_BY_CARDINALITY(*nt*,*c*)	množina všech neprázdných podmnožin *nt* s kardinalitou *c*

Pz.:

- SQL:2003: MULTISET bez omezení kardinality
- ARRAY bez uvedení maximální kardinality – je implementačně daná

O-R v komerčních produktech

- INFORMIX: kolekce - set, multiset, list (bez omezení délky)
- Oracle od verze 8i (r. 1999):
  - místo ADT -- typ objektů
  - notace: CREATE TYPE … AS OBJECT(…);
  - kolekce
    - VARRAY (ekvivalentní ARRAY z SQL:1999), avšak neumožňuje DELETE pro daný prvek pole
    - NESTED TABLE (neuspořádaná neohraničená kolekce prvků)

    Pz.: víceúrovňové hnizdění, např. v Oracle 11g

CREATE TYPE Kde_všude AS VARRAY(4) OF Adresa

O-R v komerčních produktech

– viditelnost id

```
SELECT REF(o) INTO reftoosoba
FROM osoby AS o
WHERE o.jméno = ‘Novák, J.’
```

O-R v komerčních produktech

```
CREATE TYPE Auta AS TABLE OF Auto_t
CREATE TABLE FIRMY (
    vozový_park Auta
    …)
NESTED TABLE vozový_park STORE AS vozy;
```

sleduj polohu středníku

Pz.: lze zadat, kde mají být „podtabulky“ Auta uloženy

```
SELECT *
FROM FIRMY AS f, f.vozový_park AS vp
WHERE ‘Buick’ IN (SELECT vp.značka FROM vp);
```

O-R v komerčních produktech

Dotazy na hnízděnou tabulku:

- pomocí THE
- lze s ní zacházet jako s jinými relacemi

```
SELECT vp.SPZ
FROM THE (
    SELECT vozový_park FROM FIRMY
    WHERE jméno_f= ‘Komix’)
) vp
WHERE vp.ZNAČKA=‘Buick’;
```

D.: Najdi SPZ všech Buicků firmy Komix.

O-R v komerčních produktech

Metody v ORACLE

- Specifikace v CREATE TYPE pomocí MEMBER FUNCTION, MEMBER PROCEDURE
- Tělo v příkazu CREATE TYPE BODY

Přístup:

```
SELECT u.klient.jméno
FROM účty u
WHERE u.klient.mzda > 10000;
```

Problémy s OO v SQL

- tabulky jsou jediné pojmenované entity
- typ REF aplikovatelný pouze na objekty dané řádkem
- UDT je prvním krokem k OO
  - umožnit perzistenci, musí být objekt v tabulce
  - individuální instanci nelze přiřadit jméno
  - nelze použít dotazy na všechny instance ADT

Návrh OR DB: Transformace E-R → OR

- 1. Fáze: typy
  - typy entit → strukturované typy
  - složené atributy → pojmenované typy řádků, nepojmenované typy řádků v strukturovaném typu, také strukturovaný typ je možný
  - vícehodnotové atributy → pole typovaných hodnot (odhad max je někde důležitý)
  - odvozené atributy → přidej metodu do definice strukturovaného typu

odstraněno v SQL:2003
pomocí SET i ARRAY

Návrh OR DB: Transformace E-R → OR

- typy vztahů – dvousměrně nebo jednosměrně

  N:1 → pomocí REF + pole typovaných hodnot (jestliže dvousměrně)

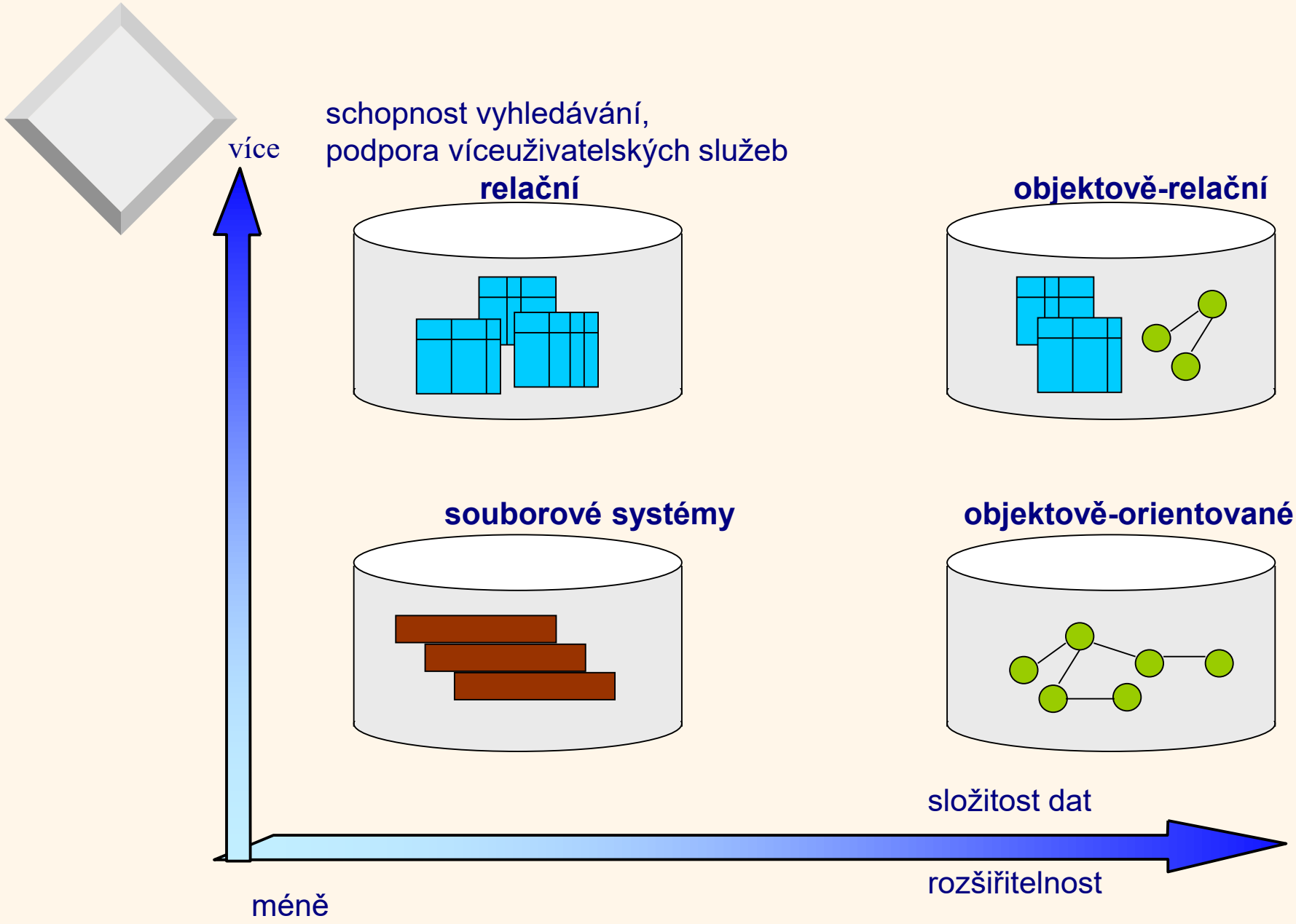
  M:N → pomocí jednoho nebo dvou polí obsahujících typované hodnoty (jestliže jedno nebo dvousměrně).

- ISA hierarchie → hierarchie typů

- 2. fáze: typované tabulky

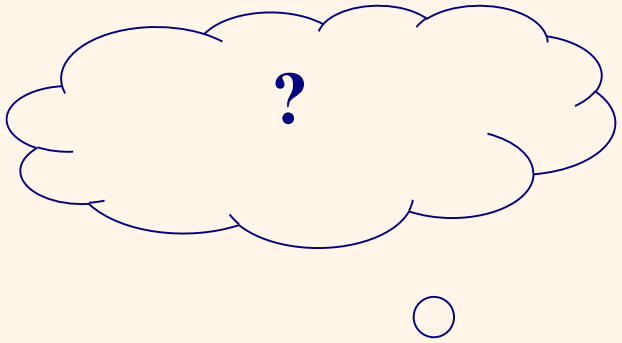
Závěr

- současné implementace:
  - výtky OOSŘBD - málo databázové
  - výtky ORSŘBD - málo objektové
- chybí vývojové prostředky, nové metodologie
- největší problém a současně výhoda: univerzálnost
- vývoj jde dál: XML DB, NoSQL DB, webové, cloudové, NewSQL, …, obecněji: nerelační, distribuované, open-source a horizontálně škálované



Svět databázových technologií koncem 1. tisíciletí

Závěr



Technologie	70. léta	80. léta	90. léta	2000-10	2010+
výzkum	relační	OO,OR	XML	NoSQL	NewSQL
komerce	hierarchické síťové	relační	OO,OR	XML	NoSQL
zděděné		hierarchické síťové	relační	OO,OR	XML

Poučení z historie