

PV005 – Služby počítačových sítí: Data Warehouses

Jaroslav Bayer¹

Fakulta informatiky Masarykova univerzita

26. 11. 2015

¹ CVT FI MU, B310, email: xbayer@fi.muni.cz

Obsah přednášky

- 1 Normalizovaná vs. Denormalizovaná databáze
- 2 Data Warehouse: základní charakteristika
- 3 Data Warehouse: návrh
- 4 Data Warehouse: architektura
- 5 Data Back-End
- 6 Shrnutí

Normální formy

Relační datový model – Edgar Frank Codd¹, 1969

- superklíč
- kandidátský klíč
- primární klíč

¹ *A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks*, 1970 

Normální formy

- 1NF
 - atributy obsahují pouze atomické hodnoty (nevyskytují se opakující se skupiny atributů)
- 2NF
 - 1NF + žádný neklíčový atribut není závislý na vlastní podmnožině nějakého KK (všechny neklíčové atributy jsou závislé na každém celém KK)
- 3NF
 - 2NF + všechny neklíčové atributy přímo (netranzitivně) závisí na každém KK (každý atribut tranzitivně závisící na klíči je klíčový atribut) (každý atribut je funkčně závislý na klíči a pouze na klíči) (všechny neklíčové atributy jsou vzájemně nezávislé)

Normální formy

- BCNF²
 - pro každou závislost $X \rightarrow Y$ platí, že buď $Y \subseteq X$ nebo X je SK
 - (každá netriviální závislost $X \rightarrow Y \Rightarrow X$ je nadmnožinou nějakého klíče nebo klíč)
 - BCNF \Rightarrow 3NF (obráceně nikoli!)
- 4NF
 - 3NF + odstraněny podmíněné funkční závislosti (složený KK nesmí být tvořen z nezávislých dat)
- 5NF
 - project-join normal form, relace nelze již bezztrátově rozložit
- 6 NF
 - nesplňuje žádnou netriviální „join dependency“
- EKNF³, DKNF⁴, ...

²Boyce-Codd Normal Form

³Elementary Key Normal Form

⁴Domain-key Normal Form

On-Line Transaction Processing (OLTP)

- silně normalizované databáze
- hlavním cílem je snížení redundance dat
- optimalizováno na
 - velké množství malých transakcí
 - transakce přenášející DB z konzistentního stavu do konzistentního stavu
 - kombinace čtení/zápis
 - snadné modifikace ve víceuživatelských prostředích
 - snižování redundance v datech
 - zajištění datové integrity
- prakticky nejrozšířenější přístup v relačním modelu
- tzv. *operační/produkční databáze*

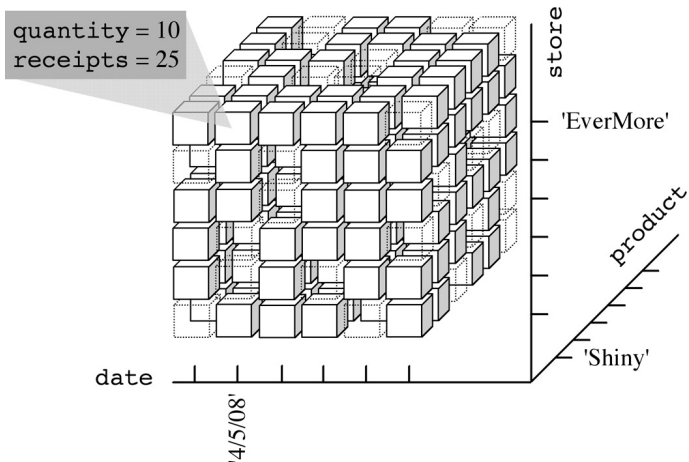
Denormalizace

- normalizované DB nevhodné pro analytické zpracování dat
 - dotazy často vyžadují přístup do velkého množství tabulek
 - zbytečně časově náročné *join* operace
- denormalizace
 - doplnění *redundantních dat*
 - předpočítání *agregovaných, seskupených* či *sumarizovaných dat*
 - odlišná DB schémata
 - *optimalizace pro čtení*
- materializovaný pohled (materialized view)
- schéma hvězdy (star) nebo vločky (snowflake)
- OLAP kostka
- ...

On-Line Analytical Processing (OLAP)

- mj. technologie ukládání dat v DB
- zaměřeno na
 - ukládání velkých objemů dat pro budoucí zpracování
 - podporu analytického zpracování dat
 - efektivní zpracování multi-dimenzionálních dotazů
 - čtení (read-mostly DB)
 - ukládání dat ve snadno pochopitelném formátu
 - ukládání historie dat
 - vedení, analytici, specialisté mimo IT oblasti apod.
- data většinou nahrávána periodicky
- málo uživatelů
- orientováno na subjekt
- pouze operace *insert* a *select*
- MultiDimensional eXpressions (MDX)
 - dotazovací jazyk pro OLAP dbs
 - možný překlad do SQL

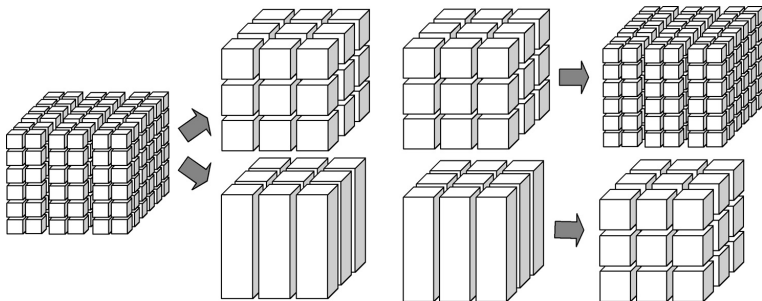
OLAP kostka



Zdroj: Data Warehouse Design: Modern Principles and Methodologies, ISBN: 9780070677524

OLAP kostka, operace

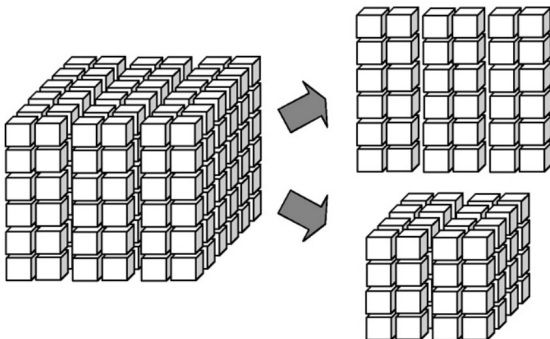
- roll-up x drill-down



Zdroj: Data Warehouse Design: Modern Principles and Methodologies, ISBN: 9780070677524

OLAP kostka, operace

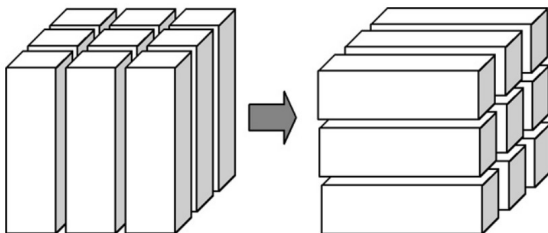
- slice x dice



Zdroj: Data Warehouse Design: Modern Principles and Methodologies, ISBN: 9780070677524

OLAP kostka, operace

- pivoting



Zdroj: Data Warehouse Design: Modern Principles and Methodologies, ISBN: 9780070677524

Data Warehouse: základní charakteristika

1 Normalizovaná vs. Denormalizovaná databáze

2 Data Warehouse: základní charakteristika

3 Data Warehouse: návrh

4 Data Warehouse: architektura

5 Data Back-End

6 Shrnutí

Data Warehouse: definice

- Data Warehouse (datový sklad) je:
 - kolekce dat pro podporu rozhodování s následujícími vlastnostmi:
 - orientovaný na subjekt,
 - integrovaný,
 - časově proměnný,
 - avšak stálý (konzistentní).
- definice dle Williama H. Inmona⁵
- data Warehousing je
 - kolekce metod, technik, nástrojů a přístupů k zajištění podpory pro *knowledge workers* při analýzách dat, které dopomohou k lepším rozhodnutím a zkvalitnění informačních zdrojů.

⁵The father of the data warehouse

DW: orientace na subjekt

- orientace na subjekty, kterými se podnik/organizace zabývá
 - zákazník, dodavatel, produkt
 - student, učitel, předmět
- zaměřuje se zejména na data vhodná pro strategická rozhodnutí
- jasné a čitelné oddělení funkčních celků
- vyšší paměťová náročnost
- DB pro OLTP se oproti tomu orientuje na transakce
 - faktura, vklad, půjčka, prodej
 - zápis, hodnocení, změna kreditace
 - funkčně orientovaná

DW: orientace na subjekt

- orientace na subjekty, kterými se podnik/organizace zabývá
 - zákazník, dodavatel, produkt
 - student, učitel, předmět
- zaměřuje se zejména na data vhodná pro strategická rozhodnutí
- jasné a čitelné oddělení funkčních celků
- vyšší paměťová náročnost
- DB pro OLTP se oproti tomu orientuje na transakce
 - faktura, vklad, půjčka, prodej
 - zápis, hodnocení, změna kreditace
 - funkčně orientovaná

DW: integrovanost

- integrace a sjednocení dat
 - více zdrojů dat (produkčních systémů⁶)
 - sjednocení názvů, měřítek, jednotek, kódování, . . .
 - integrace dat do jednotné logické podoby

⁶též *operačních* či *transakčních systémů*

DW: časová proměnlivost

- data většinou nahrávána periodicky po větších dávkách
 - avšak existují i on-line aktualizované datové sklady
- data po vložení zafixována jako časový snímek produkční DB
- součástí datových záznamů jsou časové známky
- historie dat

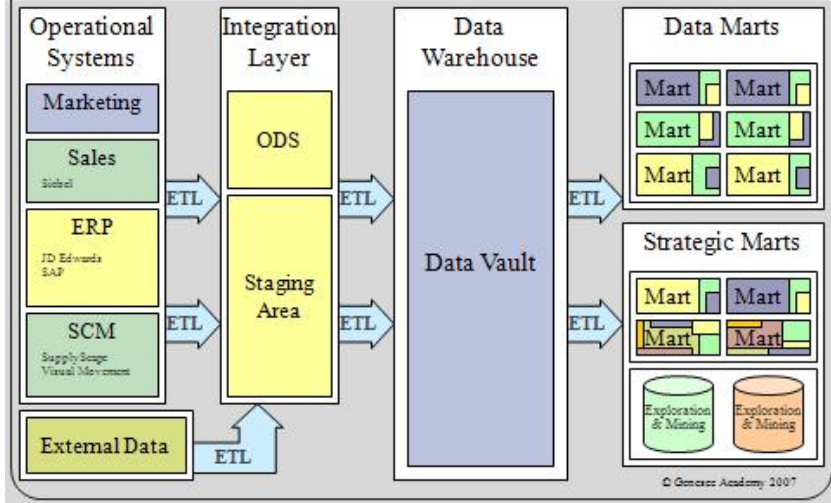
DW: stálost (konzistence)

- uživatelé data zásadně nemění
 - pokládají zejména dotazy (select)
- data se po vložení prakticky nemění
 - až na výjimky v podobě chyb v datech či HW poruch
 - po expiraci mohou být data vymazána

Data Warehouse: návrh

- 1 Normalizovaná vs. Denormalizovaná databáze
- 2 Data Warehouse: základní charakteristika
- 3 Data Warehouse: návrh**
- 4 Data Warehouse: architektura
- 5 Data Back-End
- 6 Shrnutí

Data Warehouse



Zdroj: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/Data_warehouse_Overview.JPG



DW: Staging Area a ODS

● (Data) Staging Area

- mezilehlé datové úložiště
- časově nestálé (data se po nahrání do DW mohou smazat)
- sběr dat z více zdrojů
- hledání rozdílů mezi aktuálními daty a daty v DW
- předvýpočty agregovaných hodnot
- čištění dat (data cleansing)
 - detekce a oprava porušených či nesprávných záznamů
 - nezaměňovat s pouhou validací dat

● Operational Data Store (ODS)

- sklad provozních dat
- DB navržena pro integraci dat z různých zdrojů
- data uložena s nejvyšší granularitou (podrobná, atomická data)
- data dostupná produkčnímu systému i DW
- data omezena na aktuální stav (nebo stav jemu blízký)
- sjednocená předmětově orientovaná data, nestálá

DW: Staging Area a ODS

- (Data) Staging Area
 - mezilehlé datové úložiště
 - časově nestálé (data se po nahrání do DW mohou smazat)
 - sběr dat z více zdrojů
 - hledání rozdílů mezi aktuálními daty a daty v DW
 - předvýpočty agregovaných hodnot
 - čištění dat (data cleansing)
 - detekce a oprava porušených či nesprávných záznamů
 - nezaměňovat s pouhou validací dat
- Operational Data Store (ODS)
 - sklad provozních dat
 - DB navržena pro integraci dat z různých zdrojů
 - data uložena s nejvyšší granularitou (podrobná, atomická data)
 - data dostupná produkčnímu systému i DW
 - data omezena na aktuální stav (nebo stav jemu blízký)
 - sjednocená předmětově orientovaná data, nestálá

DW: ETL

- Extract, Transform, Load (ETL)
 - Extract
 - získání dat z různých (a často nekompatibilních) zdrojů
 - analýza dat, kontrola souladu se vzory dat, . . .
 - Transform
 - transformace dat ze struktury zdroje do struktury cíle
 - výběr sloupců, změna kódování, spojení tabulek, agregace, disagregace, pivoting, validace dat, . . .
 - Load
 - nahrání dat do cíle, např. DW
 - trigger a ověření konzistence dat přes integritní omezení

DW: Data Marts

- Data Mart (DM, datová tržiště)
 - logická podčást DW
 - obsahuje podmnožinu dat z DW
 - zaměřen na konkrétní uživatele
 - přístupová vrstva pro získávání dat z DW
 - DM může mít vlastní HW, SW i data a DB
 - snížení doby přístupu
 - lepší definice uživatelů, bezpečnost

DW: Data Vault

- speciálně navržená DB
- Data Vault Modelling
 - databázová modelovací metoda
 - vyhovuje potřebám integrace i ukládání historie dat
 - podporuje sledování původu dat (data tracking)
 - zkracuje čas potřebný pro naplnění (loading time)
 - reaguje dobře na změny
 - splňuje požadavek 100 % dat po 100 % času
- může nahradit ODS
- (detaily později)

Data Warehouse: architektura

1 Normalizovaná vs. Denormalizovaná databáze

2 Data Warehouse: základní charakteristika

3 Data Warehouse: návrh

4 **Data Warehouse: architektura**

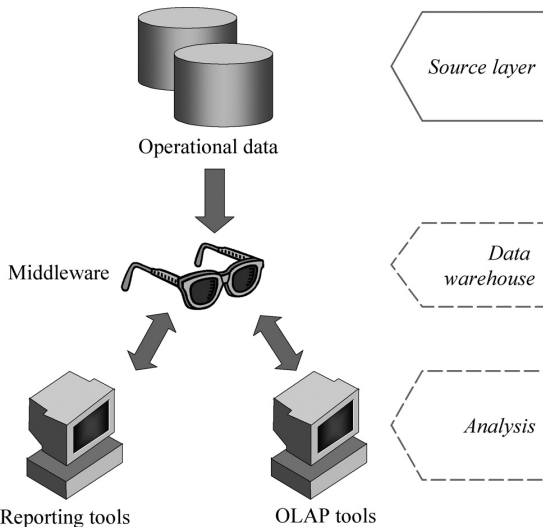
- **Structure-Oriented Classification**
- Design Methodologies
- Data Loading Approaches

5 Data Back-End

- Database Management System
- DB schemas
- Data Vault Modelling

6 Shrnutí

DW: jednovrstvá architektura

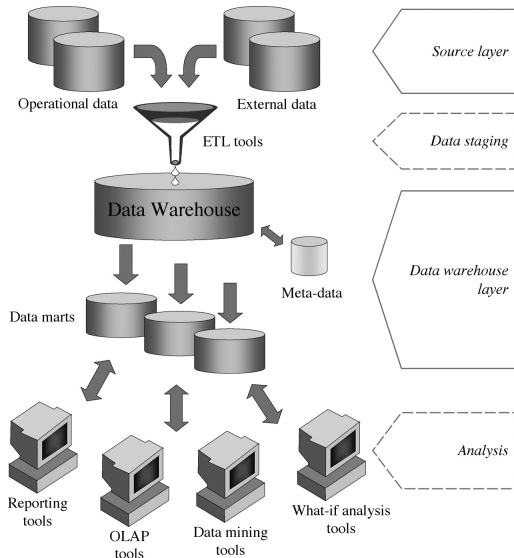


Zdroj: Data Warehouse Design: Modern Principles and Methodologies, ISBN: 9780070677524

DW: jednovrstvá architektura

- minimalizuje množství uložených dat
- vlastní DW je *virtuální*
- DW implementován jako multidimenzionální pohledy (views) do operační DB
- neodděluje analytické a transakční zpracování dat
 - analytické dotazy zatěžují operační DB
 - potenciální nedostatek výkonu
- neudrží více dat než zdroj
- nejjednodušší, málo nasazovaný přístup

DW: dvouvrstvá architektura



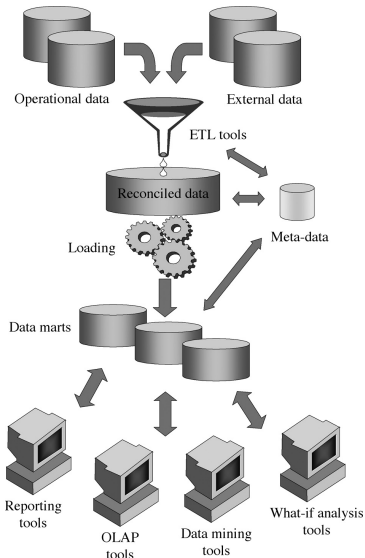
Zdroj: Data Warehouse Design: Modern Principles and Methodologies, ISBN: 9780070677524



DW: dvouvrstvá architektura

- odděluje analytické a transakční zpracování dat
- podpora integrace dat z více zdrojů, ETL
- DW existuje fyzicky
 - alternativní modelovací metody
- rozdělení na DM
- meta-data
- ukládání historie
- . . .

DW: třívrstvá architektura



Zdroj: Data Warehouse Design: Modern Principles and Methodologies, ISBN: 9780070677524



DW: třívrstvá architektura

- dvouvrstvá architektura doplněna o tzv. Reconciled Data Layer (RDL, vrstva pro sladění dat) nebo ODS
- DW pak není plněn přímo ze zdrojů, ale z RDL/ODS
- odděluje problémy extrakce a integrace dat od plnění DW
- nová vrstva přidává další datovou redundanci do systému

DW: hybridní přístup

- na pomezí jedno a vícevrstvé architektury
- agregovaná či sumarizovaná data uložena fyzicky v DW
 - vhodné pro multidimenzionální dotazy
- detailní data uložena pouze ve zdrojové DB
 - v případě potřeby dostupné DW
- snižuje datovou redundanci a nároky na úložiště v DW

DW: meta-data

Forma abstrakce popisující strukturu a obsah DW

- administrativní meta-data
 - zdroj originálních dat
 - pravidla transformace
 - podpora automatizace
 - formáty dat a měrné jednotky
 - architektura a datová struktura back-end DW
 - pravidla přístupu a oprávnění, . . .
- uživatelská meta-data
 - obsah DW, předdefinované dotazy
 - def. hierarchie dimenzí
 - kvalita dat a historie plnění DW, . . .
- statistická a optimalizační meta-data, . . .

Standardizace

- Meta Data Coalition a Object Management Group

Design Methodologies

1 Normalizovaná vs. Denormalizovaná databáze

2 Data Warehouse: základní charakteristika

3 Data Warehouse: návrh

4 Data Warehouse: architektura

- Structure-Oriented Classification

- **Design Methodologies**

- Data Loading Approaches

5 Data Back-End

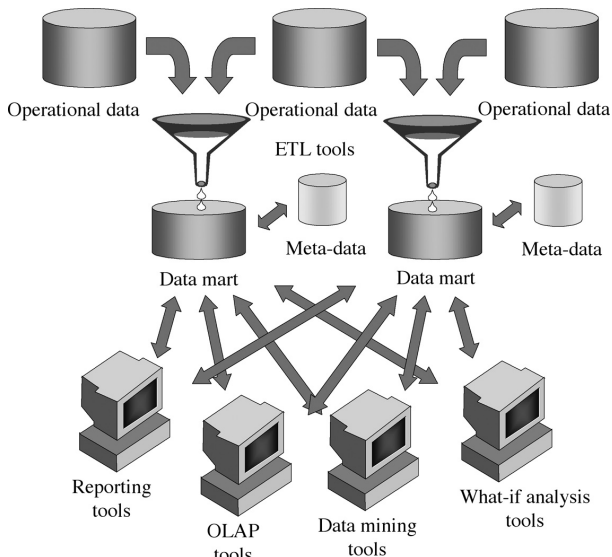
- Database Management System

- DB schemas

- Data Vault Modelling

6 Shrnutí

DW: nezávislá datová tržiště



Zdroj: Data Warehouse Design: Modern Principles and Methodologies, ISBN: 9780070677524

DW: nezávislá datová tržiště

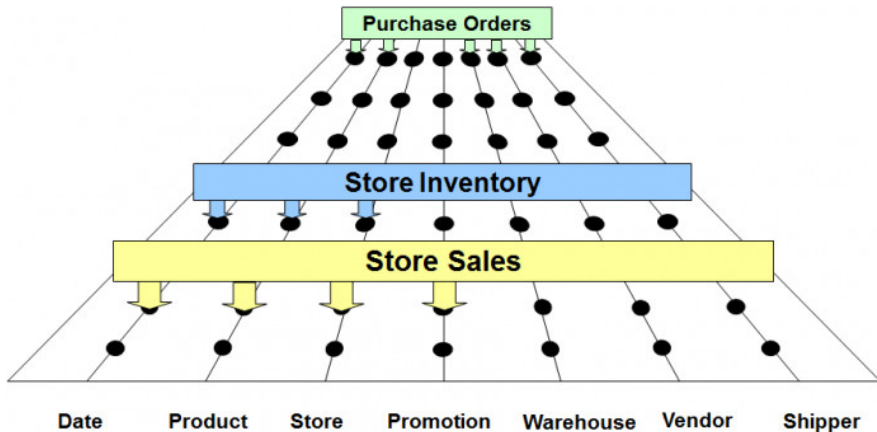
- Independent Data Marts
- datová tržiště vznikají nezávisle
- analytické nástroje je používají dle potřeby
- komplikuje integraci dat
- vhodné pouze v případě nedostatku zdrojů
 - limitující funkcionalita

DW: architektura sběrnice

- Bus Architecture
- návrh zespodu nahoru (bottom-up design)
- algoritmus pro detekci tzv. Conformed Dimensions v DM
- sestavení sběrnice z těchto dimenzí
- nezávislé, avšak homogenní DM tak vytvoří koherentní DW
- výhody
 - použitelné s prvním DM
 - iterativní přístup
- nevýhodou jsou problémy s granularitou při rozšiřování
- propagátorem metody je Ralph Kimball⁷

⁷<http://www.kimballgroup.com>

DW: architektura sběrnice



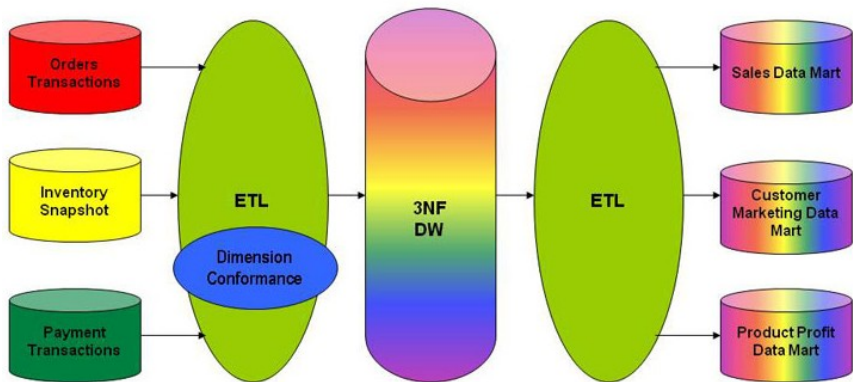
Zdroj: Kimball Group, Enterprise Data Warehouse Bus Architecture
[http://www.kimballgroup.com/wp-content/uploads/2013/08/
Data-Warehouse-Bus-Architecture-e1376687624708.png](http://www.kimballgroup.com/wp-content/uploads/2013/08/Data-Warehouse-Bus-Architecture-e1376687624708.png)

DW: návrh shora dolů

- top-down design
- centralizovaný přístup
- detailní data v DW uložena normalizovaně (do jisté míry)
- DM v multidimenzionální formě jsou plněny z centrálního repozitáře
- výhody
 - produkuje vysoce konzistentní DM
 - po dokončení odolné vůči změnám v business procesech
- nevýhodou je značná časová náročnost do dokončení
 - DW není příliš využitelný před dokončením
- propagátorem metody je William H. Inmon⁸

⁸<http://www.inmoncif.com/>

DW: Hub-and-Spoke Architecture

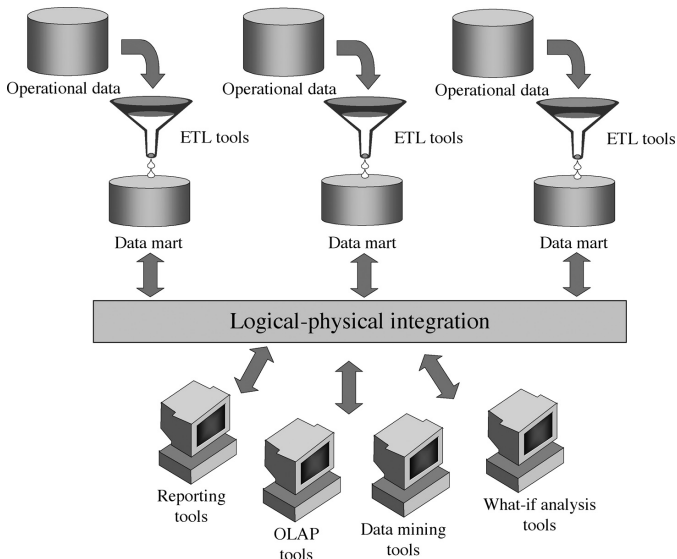


Zdroj: http://i.cmpnet.com/intelligententerprise/images/0803/Hub_Spoke.jpg

DW: Hub-and-Spoke Architecture

- atomická data ukládána normalizovaně v Reconciled Data Layer (RDL)
- agregovaná a sumarizovaná data ukládána do DM v multidimenzionální formě
- podobné předchozímu návrhu
 - avšak detailní a agregovaná data nemusí být fyzicky uložena v jednom repozitáři
 - uživatelé většinou pracují s DM
 - k RDL přistupují pouze výjimečně pro detailní data
- Data Vault Modelling odpovídá této architektuře

DW: sjednocující architektura



Zdroj: Data Warehouse Design: Modern Principles and Methodologies, ISBN: 9780070677524

DW: sjednocující architektura

- Federated Architecture
- integruje již existující DW či DM
 - vytvoření jednotného rozhraní pro přístup ke všem datům

Data Warehouse: architektura

1 Normalizovaná vs. Denormalizovaná databáze

2 Data Warehouse: základní charakteristika

3 Data Warehouse: návrh

4 Data Warehouse: architektura

- Structure-Oriented Classification
- Design Methodologies
- **Data Loading Approaches**

5 Data Back-End

- Database Management System
- DB schemas
- Data Vault Modelling

6 Shrnutí

Data Loading Approaches (přístupy nahrávání dat)

- žádná data
 - použitelné pouze u jednovrstvého DW
 - zcela aktuální data
- off-line
 - data aktualizována v pravidelných intervalech, např. hodiny, dny, týdny, . . .
 - DW nemá vždy aktuální data
- on-line
 - DW aktualizován s každou transakcí
 - zcela aktuální data
- on-line z více zdrojů
 - jako předchozí bod, ale z více zdrojů

Data Back-End

1 Normalizovaná vs. Denormalizovaná databáze

2 Data Warehouse: základní charakteristika

3 Data Warehouse: návrh

4 Data Warehouse: architektura

- Structure-Oriented Classification
- Design Methodologies
- Data Loading Approaches

5 Data Back-End

- **Database Management System**
- DB schemas
- Data Vault Modelling

6 Shrnutí

Databázové systémy

- relační model
 - data uložena v relacích (tabulkách) v podobě n-tic (řádků/záznamů)
 - tabulky definovány schématem relace
 - nejrozšířenější DBMS
 - ROLAP
 - implementace multidimenzionální funkcionality na relační DB
- multidimenzionální databáze
 - data ukládána v hyperkostkách
 - protiklad užívání tabulek v relačních db
 - dříve nepříjemná omezení
 - MOLAP

Databázové systémy (2)

- grafové databáze
 - data definována i uložena pomocí grafové struktury
 - založeno na teorii grafů
 - oproti relačním DB někdy rychlejší, lépe škálují
 - vhodné pro dotazy podobné grafovým operacím, např. hledání cesty
- síťový model
 - flexibilní způsob ukládání vztahů mezi objekty
 - uzel může mít více rodičů i potomků – zobecněný graf
- hierarchické databáze
 - data organizována ve stromových strukturách
 - registry MS Windows
- triplestore
 - vhodné pro ukládání trojic
- . . .

Data Back-End

1 Normalizovaná vs. Denormalizovaná databáze

2 Data Warehouse: základní charakteristika

3 Data Warehouse: návrh

4 Data Warehouse: architektura

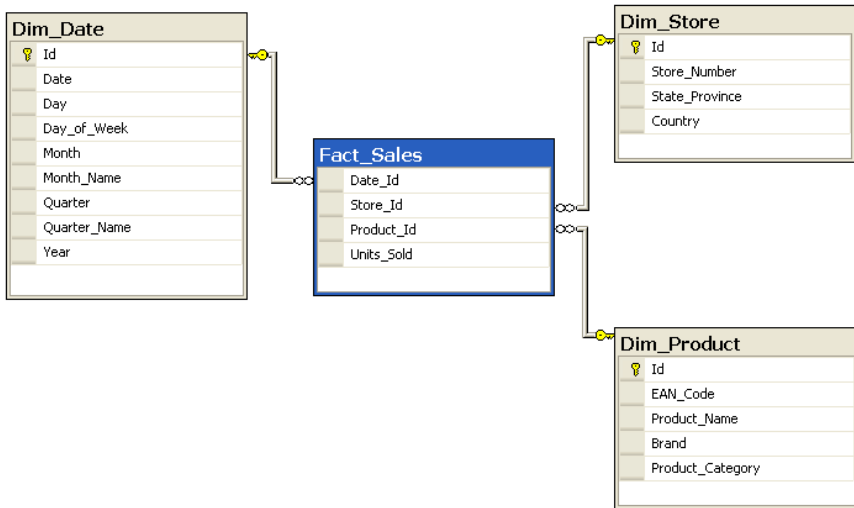
- Structure-Oriented Classification
- Design Methodologies
- Data Loading Approaches

5 Data Back-End

- Database Management System
- **DB schemas**
- Data Vault Modelling

6 Shrnutí

Schéma hvězdy

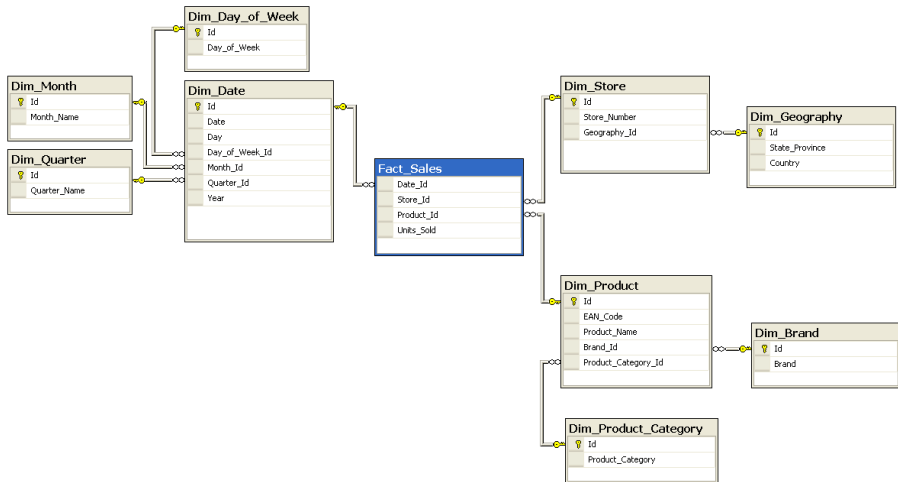


Zdroj: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/f/fe/Star-schema-example.png>

Schéma hvězdy

- Star Schema
- dovoluje relační DB simulovat multidimenzionální DB
- nejjednodušší schéma DW
- *faktová tabulka* uprostřed spojuje *dimenzní tabulky* okolo
- faktové tabulky
 - nesou (zejména) číselné údaje – fakta
 - zabírají nejvíce místa
- dimenzní tabulky
 - nesou atributy faktů – jejich popis, kontext
 - související atributy v jedné tabulce
 - minimalizace počtu dimenzních tabulek
 - mají velké množství sloupců (atributů)

Schéma sněhové vločky



Zdroj: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Snowflake-schema-example.png>

Schéma sněhové vločky

- Snowflake schema
- opět v centru faktové tabulky a okolo dimenzí
- avšak dimenze jsou normalizované (do určité míry)
- dimenzní tabulky rozloženy procesem normalizace do několika propojených tabulek
- efektivní zejména
 - pro díravé (sparse) dimenze
 - má-li dimenze velké množství atributů

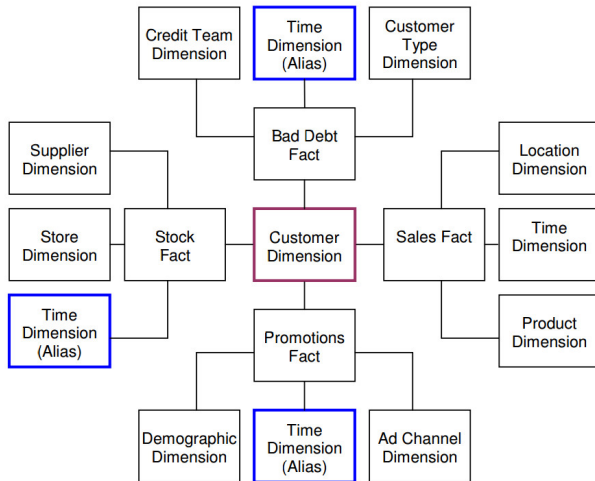
Hvězda vs. vložka

- obě optimalizují čas/rychlost získání dat (operace čtení)
- hvězda vhodná pro nástroje, které odhalují DB schema uživatelům
 - snadno pochopitelná, přirozená spojení
- vložka vhodná pro sofistikované nástroje, které oddělují data od uživatelů

Reverzní hvězda

- Reverse Star Schema
- optimalizace na získání velkého množství popisných dat
- návrh převrací některá pravidla hvězdy naruby
 - k centrální tabulce se připojují faktové tabulky
 - více centrálních tabulek
 - rozdílné kardinality
 - vhodné pro business dotazy na více faktů naráz
 - row level security (omezení na sdílené dimenzi)
 - ...

Reverzní hvězda



Zdroj: http://www.pcthompson.co.uk/documents/The_Reverse_Star_Schema_v2.1.pdf

Data Back-End

1 Normalizovaná vs. Denormalizovaná databáze

2 Data Warehouse: základní charakteristika

3 Data Warehouse: návrh

4 Data Warehouse: architektura

- Structure-Oriented Classification
- Design Methodologies
- Data Loading Approaches

5 Data Back-End

- Database Management System
- DB schemas
- **Data Vault Modelling**

6 Shrnutí

DV: přehled

- modelovací metoda
- ukládání historie dat
- integrace dat z více zdrojů
- datový audit, původ dat (data tracking)
- uchovávání chybných hodnot
- paralelní nahrávání dat
- 100 % dat 100 % času
- může nahradit ODS
- fakta vs. pravda
- navržen Danem Linstedtem⁹

⁹<http://danlinstedt.com/>

DV: komponenty

- Hubs
 - primární klíče (business klíče)
 - tyto se téměř nemění, např. učo
- Links
 - integrace transakcí a vztahů mezi Hubs
- Satellites
 - kontext Hubs a Links
- Point-in-Time Tables, Bridge, pomocné tabulky, . . .

Shrnutí

- 1 Normalizovaná vs. Denormalizovaná databáze
- 2 Data Warehouse: základní charakteristika
- 3 Data Warehouse: návrh
- 4 Data Warehouse: architektura
- 5 Data Back-End
- 6 Shrnutí**

Shrnutí

- Operační/Transakční DB
 - ukládá data s ohledem na bezpečné a efektivní zpracování transakcí v konkurenčním mnohouživatelském prostředí
 - zaměřuje se zejména na aktuální data
 - čtení a zápis
 - velké množství uživatelů
- Data Warehouse
 - ukládá data s ohledem na efektivitu zpracování složitých dotazů
 - zejména operace *select* a *insert*
 - využívá multidimenzionální funkcionality
 - usnadňuje udržování historie data
 - snaha o čištění dat
 - analytické zpracování nezatěžuje transakční DB
 - podpora pro analytické nástroje
 - OLAP, reportování, DM nástroje, . . .
 - data tracking
 - správa chybných dat