

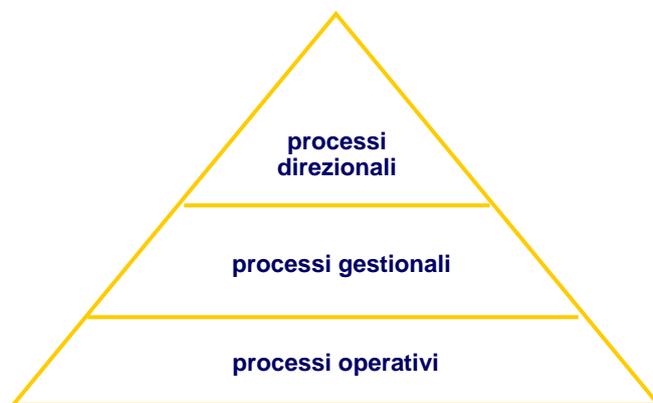
# Data Warehousing

Luca Cabibbo, Riccardo Torlone, Paolo Atzeni  
17 maggio 2005

## Sommario

- ➔ Introduzione
  - Basi di dati integrate, sì, ma ...
  - OLTP e OLAP
- Data warehousing
  - Data warehouse e data warehousing
  - Dati multidimensionali
- Progettazione di data warehouse

## Processi



17 maggio 2005

Data Warehousing

3

## Processi, dati e decisioni

- Processi operativi
  - dati dipartimentali e dettagliati
  - decisioni strutturate, con regole precise
- Processi gestionali
  - dati settoriali, parzialmente aggregati
  - decisioni semistrutturate: regole più intervento creativo/responsabile
- Processi direzionali
  - dati integrati e fortemente aggregati
  - decisioni non strutturate

17 maggio 2005

Data Warehousing

4

## Processi presso una banca

- Processi operativi
  - gestione di un movimento su un conto corrente bancario, presso sportello tradizionale o automatico
- Processi gestionali
  - concessione di un fido
  - revisione delle condizioni su un conto corrente
- Processi direzionali
  - verifica dell'andamento dei servizi di carta di credito
  - lancio di una campagna promozionale
  - stipula di accordi commerciali

17 maggio 2005

Data Warehousing

5

## Processi presso un'azienda telefonica

- Processi operativi
  - stipula di contratti ordinari
  - instradamento delle telefonate
  - memorizzazione di dati contabili sulle telefonate (chiamante, chiamato, giorno, ora, durata, instradamento,..)
- Processi gestionali
  - stipula di contratti speciali
  - installazione di infrastrutture
- Processi direzionali
  - scelta dei parametri che fissano il costo delle telefonate
  - definizione di contratti diversificati
  - pianificazione del potenziamento delle infrastrutture

17 maggio 2005

Data Warehousing

6

## Caratteristiche dei processi dei vari tipi

- Processi operativi
  - operano sui dati dipartimentali e dettagliati
  - le operazioni sono strutturate, basate su regole perfettamente definite
- Processi gestionali
  - operano su dati settoriali e parzialmente aggregati
  - le operazioni sono semi-strutturate, basate su regole note, ma in cui è spesso necessario un intervento umano “creativo”
- Processi direzionali
  - operano su dati integrati e fortemente aggregati
  - le operazioni sono non strutturate, non esistono criteri precisi, e la capacità personale è essenziale

17 maggio 2005

Data Warehousing

7

## Sistemi informatici: una classificazione

- **Transaction processing systems:**
  - per i processi operativi
- **Management information systems:**
  - settoriali, per i processi gestionali
- **Decision support systems:**
  - fortemente integrati, di supporto ai processi direzionali

17 maggio 2005

Data Warehousing

8

## Sistemi di supporto alle decisioni

- I sistemi di supporto alle decisioni (DSS) costituiscono la tecnologia che supporta la dirigenza aziendale nel prendere decisioni tattico-strategiche in modo efficace e veloce, mediante particolari tipologie di elaborazione (per esempio OLAP)
- Ma su quali dati?
  - quelli accumulati per i processi operativi e gestionali

17 maggio 2005

Data Warehousing

9

## OLTP

- Tradizionale elaborazione di transazioni, che realizzano i processi operativi dell'azienda-ente
  - Operazioni predefinite, brevi e relativamente semplici
  - Ogni operazione coinvolge "pochi" dati
  - Dati di dettaglio, aggiornati
  - Le proprietà "**acide**" (atomicità, correttezza, isolamento, durabilità) delle transazioni sono essenziali

17 maggio 2005

Data Warehousing

10

## OLAP

- Elaborazione di operazioni per il supporto alle decisioni
  - Operazioni complesse e casuali
  - Ogni operazione può coinvolgere molti dati
  - Dati aggregati, storici, anche non attualissimi
  - Le proprietà “acide” non sono rilevanti, perché le operazioni sono di sola lettura

17 maggio 2005

Data Warehousing

11

## Tipi di elaborazione

- Nei Transaction Processing Systems:
  - On-Line Transaction Processing
- nei management information systems
  - On-Line Transaction Processing + applicazioni evolute (“intelligenti”)
- nei Decision Support Systems:
  - On-Line Analytical Processing

17 maggio 2005

Data Warehousing

12

## OLTP e OLAP

	OLTP	OLAP
<b>Utente</b>	impiegato	dirigente
<b>Funzione</b>	operazioni giornaliere	supporto alle decisioni
<b>Progettazione</b>	orientata all'applicazione	orientata ai dati
<b>Dati</b>	correnti, aggiornati, dettagliati, relazionali, omogenei	storici, aggregati, multidimensionali, eterogenei
<b>Uso</b>	ripetitivo	casuale
<b>Accesso</b>	read-write, indicizzato	read, sequenziale
<b>Unità di lavoro</b>	transazione breve	interrogazione complessa
<b>Record acc.</b>	decine	milioni
<b>N. utenti</b>	migliaia	centinaia
<b>Dimensione</b>	100MB - 1GB	100GB - 1TB
<b>Metrica</b>	throughput	tempo di risposta

17 maggio 2005

Data Warehousing

13

## Evoluzione dei DSS

- Anni '60 — rapporti batch
  - difficile trovare e analizzare dati
  - ogni richiesta richiede un nuovo programma
- Anni '70 — DSS basato su terminale
  - accesso ai dati operazionali
- Anni '80 — strumenti d'automazione d'ufficio e di analisi
  - fogli elettronici, interfacce grafiche
- Anni '90 — data warehousing
  - strumenti di OLAP

17 maggio 2005

Data Warehousing

14

## OLTP e OLAP

- I requisiti sono quindi contrastanti
- Le applicazioni dei due tipi possono danneggiarsi a vicenda

17 maggio 2005

Data Warehousing

15

## Base di dati

- “Collezione di dati **persistente e condivisa**, gestita in modo **efficace, efficiente e affidabile** (da un **DBMS**)”
- il concetto di base di dati nasce per rispondere alle esigenze di “gestione di una risorsa pregiata”, condivisa da più applicazioni

17 maggio 2005

Data Warehousing

16

## Basi di dati: "le magnifiche sorti e progressive"

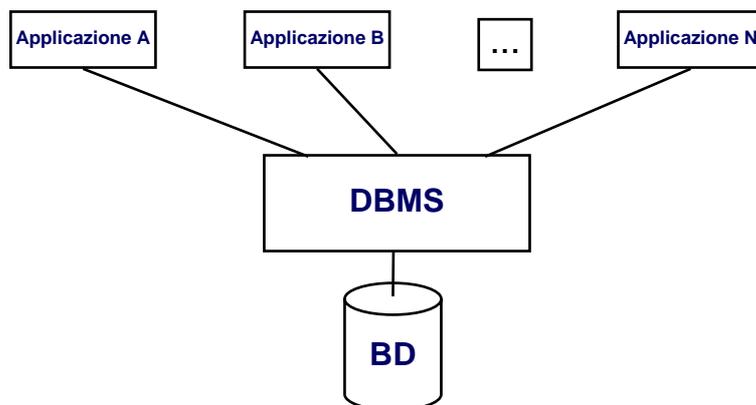
- "ogni organizzazione ha **una** base di dati, che organizza tutti i dati di interesse in forma integrata e non ridondante"
- "ciascuna applicazione ha accesso a tutti i dati di proprio interesse, in tempo reale e senza duplicazione, riorganizzati secondo le proprie necessità"
- "bla bla bla ..."

17 maggio 2005

Data Warehousing

17

## La base di dati "ideale"



17 maggio 2005

Data Warehousing

18

## L'obiettivo ideale è sensato e praticabile?

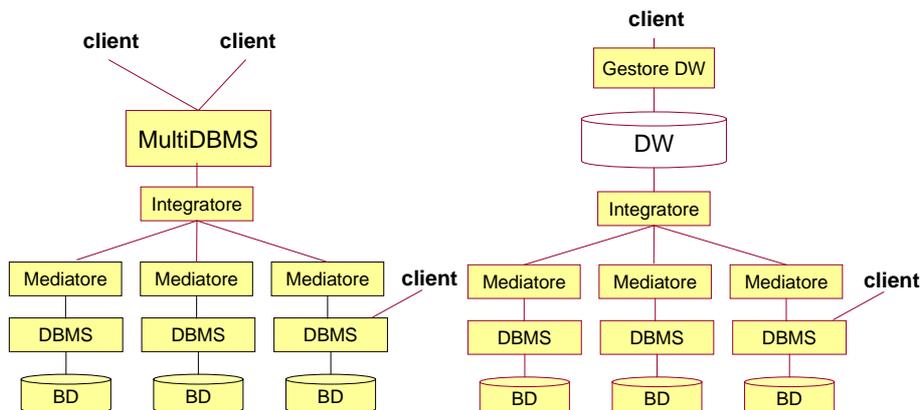
- La realtà è in continua evoluzione, non esiste uno "stato stazionario" (se non nell'iperuranio):
  - cambiano le esigenze
  - cambiano le strutture
  - le realizzazioni richiedono tempo
- Il coordinamento forte fra i vari settori può risultare controproducente
- Ogni organizzazione ha di solito diverse basi di dati **distribuite, eterogenee, autonome**

17 maggio 2005

Data Warehousing

19

## Multi-database e Data Warehouse (due approcci all'integrazione)



17 maggio 2005

Data Warehousing

20

## Sommario

- Introduzione
  - Basi di dati integrate, sì, ma ...
  - OLTP e OLAP
- ⇒ Data warehousing
  - Data warehouse e data warehousing
  - Dati multidimensionali
- Progettazione di data warehouse

17 maggio 2005

Data Warehousing

21

## Data warehouse

Una base di dati

- utilizzata principalmente per il supporto alle decisioni direzionali
- integrata — aziendale e non dipartimentale
- orientata ai dati — non alle applicazioni
- con dati storici — con un ampio orizzonte temporale, e indicazione (di solito) di elementi di tempo
- con dati aggregati (di solito) — per effettuare stime e valutazioni
- fuori linea — i dati sono aggiornati periodicamente
- separata dalle basi di dati operazionali



17 maggio 2005

Data Warehousing

22

## ... integrata ...

- I dati di interesse provengono da tutte le sorgenti informative —  
ciascun dato proviene da una o più di esse
- Il data warehouse rappresenta i dati in modo univoco —  
riconciliando le eterogeneità dalle diverse rappresentazioni
  - nomi
  - struttura
  - codifica
  - rappresentazione multipla



17 maggio 2005

Data Warehousing

23

## ... orientata ai dati ...

- Le basi di dati operazionali sono costruite a supporto dei singoli  
processi operativi o applicazioni
  - produzione
  - vendita
- Il data warehouse è costruito attorno alle principali entità del  
patrimonio informativo aziendale
  - prodotto
  - cliente



17 maggio 2005

Data Warehousing

24

## ... dati storici ...

- Le basi di dati operazionali mantengono il valore corrente delle informazioni
  - L'orizzonte temporale di interesse è dell'ordine dei pochi mesi
- Nel data warehouse è di interesse l'evoluzione storica delle informazioni
  - L'orizzonte temporale di interesse è dell'ordine degli anni



## ... dati aggregati ...

- Nelle attività di analisi dei dati per il supporto alle decisioni
  - non interessa “chi” ma “quanti”
  - non interessa un dato ma
    - la somma,
    - la media,
    - il minimo e il massimo, ...di un insieme di dati.
- Le operazioni di aggregazione sono quindi fondamentali nel warehousing e nella costruzione/mantenimento di un data warehouse.



## ... fuori linea ...

- In una base di dati operativa, i dati vengono
  - acceduti
  - inseriti
  - modificati
  - cancellatipochi record alla volta
- Nel data warehouse, abbiamo
  - operazioni di accesso e interrogazione — “diurne”
  - operazioni di caricamento e aggiornamento dei dati — “notturne”che riguardano milioni di record



17 maggio 2005

Data Warehousing

27

## ... una base di dati separata ...

- Un data warehouse viene mantenuto separatamente dalle basi di dati operazionali perché
  - non esiste un'unica base di dati operativa che contiene tutti i dati di interesse
  - la base di dati deve essere integrata
  - non è tecnicamente possibile fare l'integrazione in linea
  - i dati di interesse sarebbero comunque diversi
    - devono essere mantenuti dati storici
    - devono essere mantenuti dati aggregati
  - l'analisi dei dati richiede per i dati organizzazioni speciali e metodi di accesso specifici
  - degrado generale delle prestazioni senza la separazione



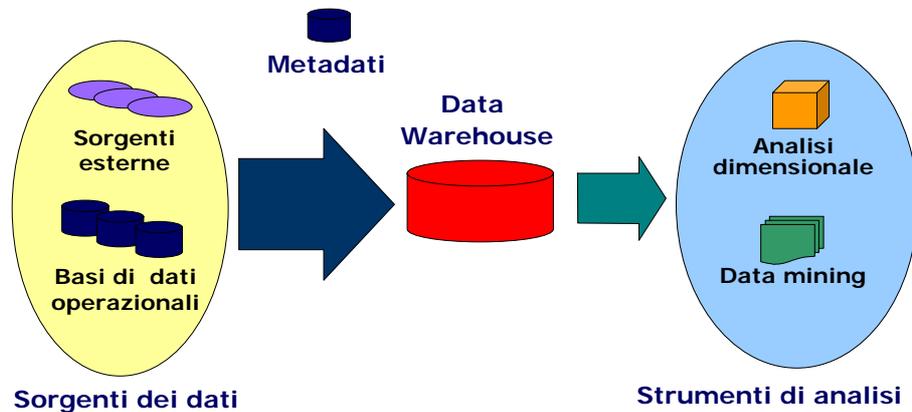
17 maggio 2005

Data Warehousing

28

## Architettura per il data warehousing

### Monitoraggio & Amministrazione



17 maggio 2005

Data Warehousing

29

## Esigenze di analisi e integrazione

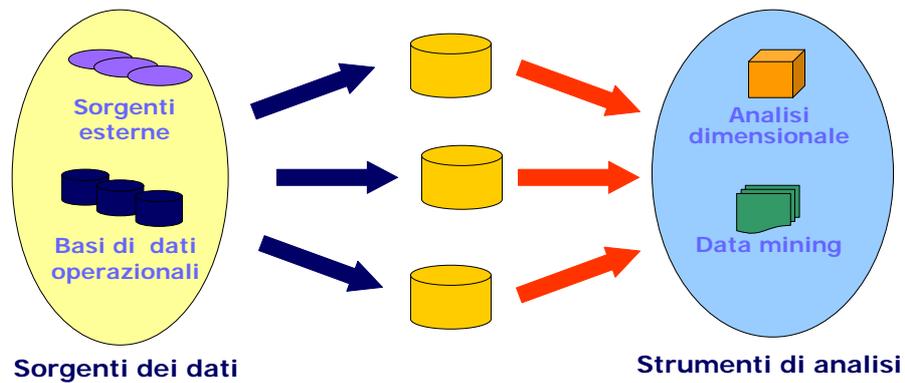
- Molto spesso:
  - l'analisi è mirata a specifici processi della azienda o ente
  - un vero e proprio DW integrato
    - non interessa
    - non "viene in mente"
    - non si riesce a fare (per urgenza, mancanza di risorse, o mancanza di "competenza e responsabilità")
  - può essere utile o necessario concentrarsi (almeno temporaneamente) su un suo sottoinsieme

17 maggio 2005

Data Warehousing

30

## Architettura "realistica"



17 maggio 2005

Data Warehousing

31

## Data mart

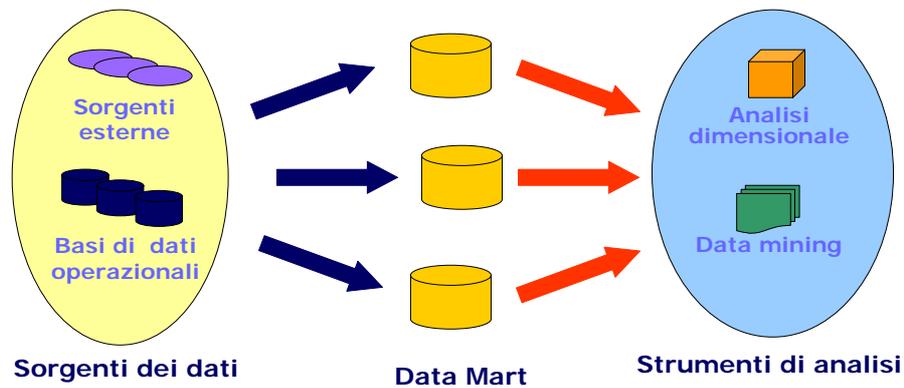
- Un sottoinsieme logico dell'intero data warehouse
  - un data mart è la restrizione del data warehouse a un singolo processo
  - un data warehouse è l'unione di tutti i suoi data mart

17 maggio 2005

Data Warehousing

32

## Variante dell'architettura



17 maggio 2005

Data Warehousing

33

## Data mart e DW

- Pro e contro dei data mart
  - un data mart rappresenta un progetto solitamente fattibile
    - la realizzazione diretta di un data warehouse completo non è invece solitamente fattibile
  - tuttavia, la realizzazione di un insieme di data mart non porta necessariamente alla realizzazione del data warehouse

17 maggio 2005

Data Warehousing

34

## Top-down o bottom-up?

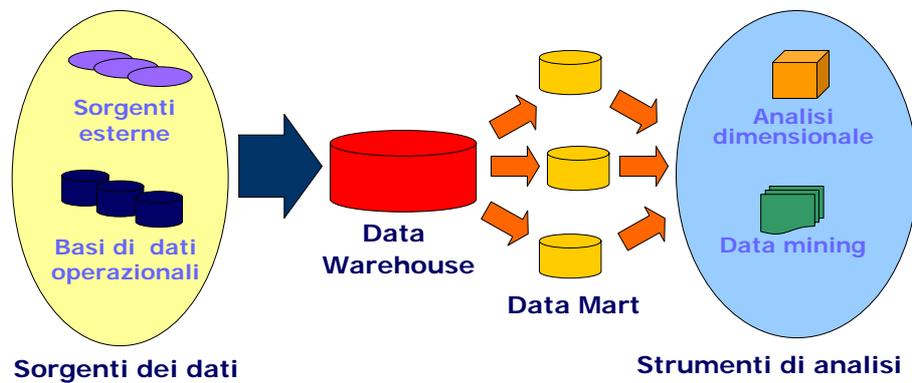
- Prima il data warehouse o prima i data mart?

17 maggio 2005

Data Warehousing

35

## DW e DM

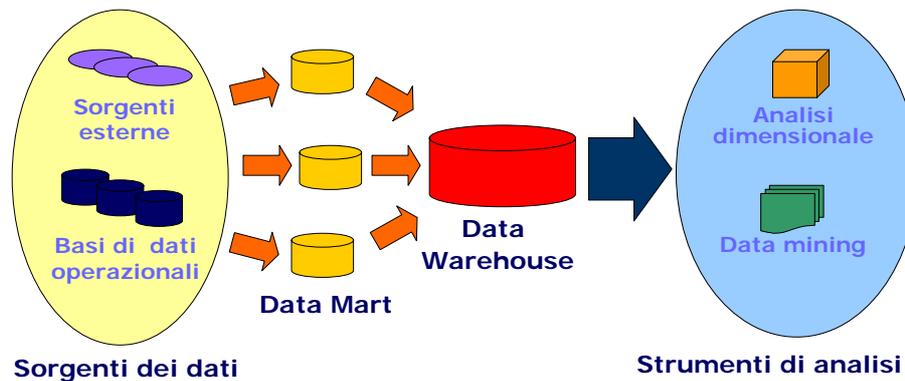


17 maggio 2005

Data Warehousing

36

## DW e DM



17 maggio 2005

Data Warehousing

37

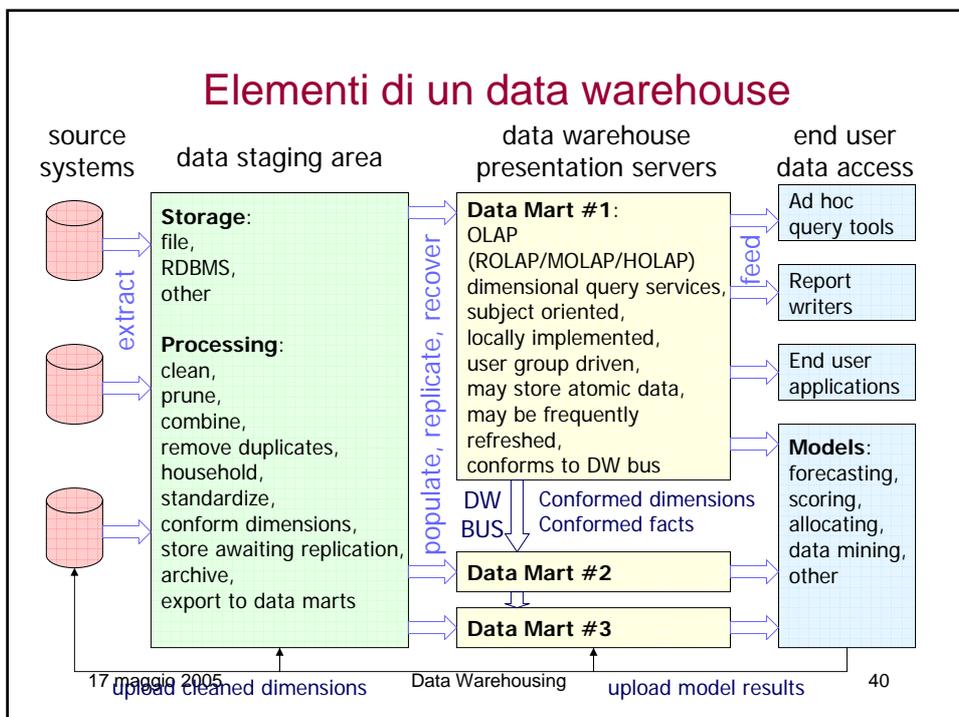
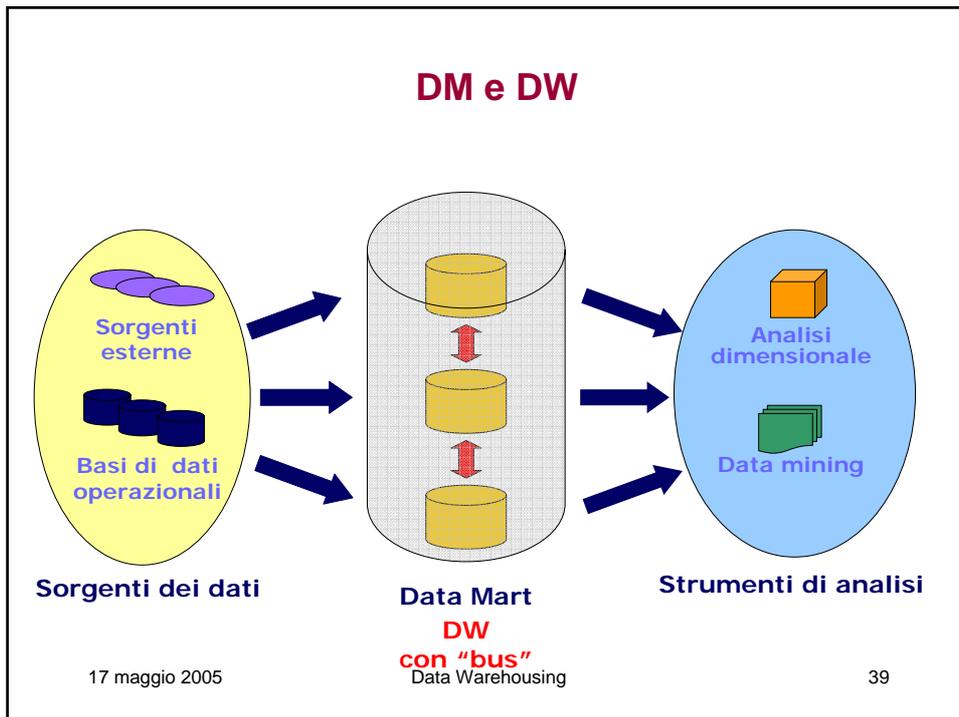
## Top-down o bottom-up?

- Prima il data warehouse o prima i data mart?
- Non c'è risposta, o meglio: nessuno dei due!
- Infatti:
  - l'approccio è spesso incrementale
- Ma
  - è necessario coordinare i data mart:
    - dimensioni conformi e "DW bus"

17 maggio 2005

Data Warehousing

38



## Sorgenti informative

- i sistemi operazionali dell'organizzazione
  - sono sistemi transazionali (OLTP) orientati alla gestione dei processi operazionali
  - non mantengono dati storici
  - ogni sistema gestisce uno o più soggetti (ad esempio, prodotti o clienti)
    - nell'ambito di un processo
    - ma non in modo conforme nell'ambito dell'organizzazione
  - sono sistemi "legacy"
- sorgenti esterne
  - ad esempio, dati forniti da società specializzate di analisi

17 maggio 2005

Data Warehousing

41

## Area di preparazione dei dati

- L'**area di preparazione** dei dati (**data staging**) è usata per il transito dei dati dalle sorgenti informative al data warehouse
  - comprende ogni cosa tra le sorgenti informative e i server di presentazione
    - aree di memorizzazione dei dati estratti dalle sorgenti informative e preparati per il caricamento nel data warehouse
    - processi per la preparazione di tali dati
      - pulizia, trasformazione, combinazione, rimozione di duplicati, archiviazione, preparazione per l'uso nel data warehouse
  - richiede un insieme complesso di attività semplici
  - è distribuita su più calcolatori e ambienti eterogenei
  - gestisce i dati prevalentemente con formati di varia natura (spesso semplici file)

17 maggio 2005

Data Warehousing

42

## Server di presentazione

- Un **server di presentazione** è un sistema in cui i dati del data warehouse sono organizzati e memorizzati per essere interrogati direttamente da utenti finali, report writer e altre applicazioni
  - i dati sono rappresentati in forma **multidimensionale**
    - (secondo i concetti di fatto e dimensione, vediamo fra poco)
  - tecnologie che possono essere adottate
    - RDBMS: ROLAP
    - tecnologia OLAP esplicita: MOLAP
      - i concetti di fatto e dimensione sono espliciti

17 maggio 2005

Data Warehousing

43

## Visualizzazione dei dati

- I dati vengono infine visualizzati in veste grafica, in maniera da essere facilmente comprensibili.
- Si fa uso di:
  - tabelle
  - istogrammi
  - grafici
  - torte
  - superfici 3D
  - bolle
  - area in pila
  - forme varie
  - ...

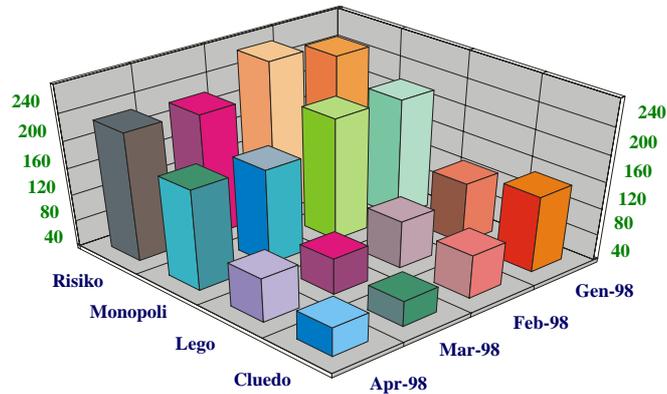
17 maggio 2005

Data Warehousing

44

## Visualizzazione finale di un'analisi

### *Vendite mensili giocattoli a Roma*



17 maggio 2005

Data Warehousing

45

## Modello "logico" per DW

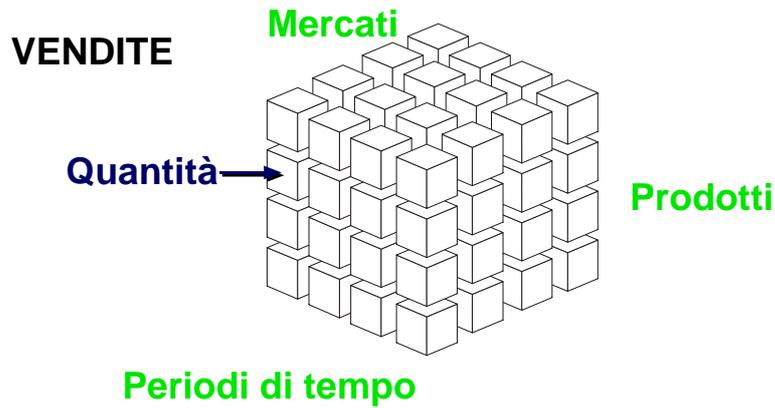
- L'analisi dei dati avviene rappresentando i dati in forma **multidimensionale**
- Concetti rilevanti:
  - fatto — un concetto sul quale centrare l'analisi
  - misura — una proprietà atomica di un fatto da analizzare
  - dimensione — descrive una prospettiva lungo la quale effettuare l'analisi
- Esempi di fatti/misure/dimensioni
  - vendita / quantità venduta, incasso / prodotto, tempo
  - telefonata / costo, durata / chiamante, chiamato, tempo

17 maggio 2005

Data Warehousing

46

## Rappresentazione multidimensionale dei dati



17 maggio 2005

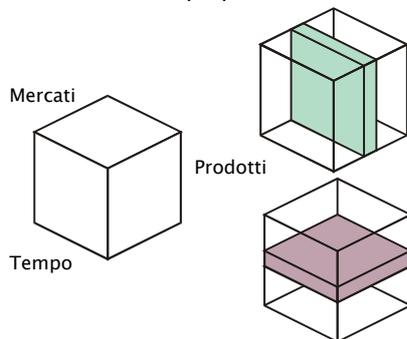
Data Warehousing

47

## Viste su dati multidimensionali

Il manager regionale esamina la vendita dei prodotti in tutti i periodi relativamente ai propri mercati

Il manager finanziario esamina la vendita dei prodotti in tutti i mercati relativamente al periodo corrente e quello precedente



Il manager di prodotto esamina la vendita di un prodotto in tutti i periodi e in tutti i mercati

Il manager strategico si concentra su una categoria di prodotti, una area e un orizzonte temporale

17 maggio 2005

Data Warehousing

48

## Operazioni su dati multidimensionali

- **Roll up (o drill up)**— aggrega i dati
  - volume di vendita totale dello scorso anno per categoria di prodotto e regione
- **Drill down** — disaggrega i dati
  - per una particolare categoria di prodotto e regione, mostra le vendite giornaliere dettagliate per ciascun negozio
- **Slice & dice** — seleziona e proietta
- **(Pivot** — re-orienta il cubo)

17 maggio 2005

Data Warehousing

49

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
Pisa	12	2	10	3	6	5
Firenze 1	21	4	10	4	6	7
Firenze 2	4	4	4	6	6	3
Roma 1	15	5	8	3	5	20
Roma 2	12	4	7	5	2	4
Roma 3	23	4	9	10	5	5
Latina	3	3	5	1	2	4

17 maggio 2005

Data Warehousing

50

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
Pisa	12	2	10	3	6	5
Firenze 1	21	4	10	4	6	7
Firenze 2	4	4	4	6	6	3
Roma 1	15	5	8	3	5	20
Roma 2	12	4	7	5	2	4
Roma 3	23	4	9	10	5	5
Latina	3	3	5	1	2	4

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
	90	26	53	32	32	48

17 maggio 2005

Data Warehousing

51

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
Pisa	12	2	10	3	6	5
Firenze 1	21	4	10	4	6	7
Firenze 2	4	4	4	6	6	3
Roma 1	15	5	8	3	5	20
Roma 2	12	4	7	5	2	4
Roma 3	23	4	9	10	5	5
Latina	3	3	5	1	2	4

Pisa	38
Firenze 1	52
Firenze 2	27
Roma 1	56
Roma 2	34
Roma 3	56
Latina	18

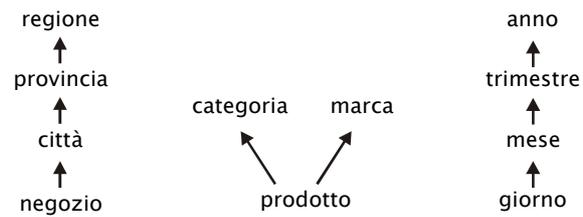
17 maggio 2005

Data Warehousing

52

## Dimensioni e gerarchie di livelli

- Ciascuna dimensione è organizzata in una gerarchia che rappresenta i possibili livelli di aggregazione per i dati
  - negozio, città, provincia, regione
  - prodotto, categoria, marca
  - giorno, mese, trimestre, anno



17 maggio 2005

Data Warehousing

53

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
Pisa	12	2	10	3	6	5
Firenze 1	21	4	10	4	6	7
Firenze 2	4	4	4	6	6	3
Roma 1	15	5	8	3	5	20
Roma 2	12	4	7	5	2	4
Roma 3	23	4	9	10	5	5
Latina	3	3	5	1	2	4

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
Pisa	12	2	10	3	6	5
Firenze	25	8	14	10	12	10
Roma	50	13	24	18	12	29
Latina	3	3	5	1	2	4

17 maggio 2005

Data Warehousing

54

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
Pisa	12	2	10	3	6	5
Firenze 1	21	4	10	4	6	7
Firenze 2	4	4	4	6	6	3
Roma 1	15	5	8	3	5	20
Roma 2	12	4	7	5	2	4
Roma 3	23	4	9	10	5	5
Latina	3	3	5	1	2	4

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
Toscana	37	10	24	13	18	15
Lazio	53	16	29	19	14	33

17 maggio 2005

Data Warehousing

55

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
Pisa	12	2	10	3	6	5
Firenze 1	21	4	10	4	6	7
Firenze 2	4	4	4	6	6	3
Roma 1	15	5	8	3	5	20
Roma 2	12	4	7	5	2	4
Roma 3	23	4	9	10	5	5
Latina	3	3	5	1	2	4

	I trim	II trim
Pisa	24	14
Firenze 1	35	17
Firenze 2	12	15
Roma 1	28	28
Roma 2	23	11
Roma 3	36	20
Latina	11	7

17 maggio 2005

Data Warehousing

56

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
Pisa	12	2	10	3	6	5
Firenze 1	21	4	10	4	6	7
Firenze 2	4	4	4	6	6	3
Roma 1	15	5	8	3	5	20
Roma 2	12	4	7	5	2	4
Roma 3	23	4	9	10	5	5
Latina	3	3	5	1	2	4

	I trim	II trim
Pisa	24	14
Firenze 1	35	17
Firenze 2	12	15
Roma 1	28	28
Roma 2	23	11
Roma 3	36	20
Latina	11	7

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
Pisa	12	2	10	3	6	5
Firenze	25	8	14	10	12	10
Roma	50	13	24	18	12	29
Latina	3	3	5	1	2	4

	I trim	II trim
Pisa	24	14
Firenze	47	32
Roma	87	59
Latina	11	7

17 maggio 2005

Data Warehousing

57

## Implementazione per dati multidimensionali

- MOLAP
  - M=multidimensional
- ROLAP
  - R=relational

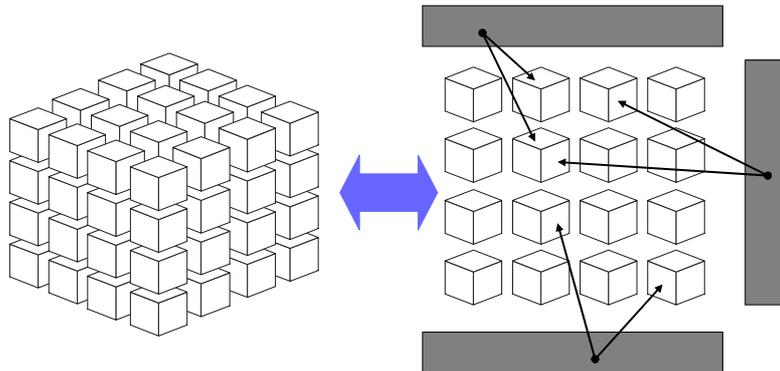
17 maggio 2005

Data Warehousing

58

## Implementazione MOLAP

- I dati sono memorizzati direttamente in un formato dimensionale (proprietario). Le gerarchie sui livelli sono codificate in indici di accesso alle matrici



17 maggio 2005

Data Warehousing

59

## Implementazione ROLAP: schemi dimensionali

- Uno **schema dimensionale (schema a stella)** è composto da
  - una tabella principale, chiamata **tabella fatti**
    - la tabella fatti memorizza i fatti misurabili di un processo
      - i fatti più comuni hanno misure numeriche e additive
  - due o più tabelle ausiliarie, chiamate **tabelle dimensione**
    - una tabella dimensione rappresenta una prospettiva, un aspetto rispetto a cui è interessante analizzare i fatti
      - memorizza i membri che caratterizzano la grana dei fatti, nonché gli attributi usati dalle interrogazioni per vincolare e raggruppare i fatti
      - gli attributi sono solitamente testuali, discreti e descrittivi

17 maggio 2005

Data Warehousing

60

## Schema dimensionale: dimensioni semplici

CodN	Nome
PI	Pisa
FI1	Firenze 1
FI2	Firenze 2
RM1	Roma 1
RM2	Roma 2
RM3	Roma 3
LT	Latina

Negozi	Mese	Vendite
PI	Gen	12
PI	Feb	2
PI	Mar	10
PI	Apr	3
PI	Mag	6
PI	Giu	5
FI1	Gen	21
FI1	Feb	4
FI1	Mar	10
FI1	Apr	4
FI1	Mag	6
FI1	Giu	7
...	...	...

CodM	Mese
Gen	gennaio
Feb	febbraio
Mar	marzo
Apr	aprile
Mag	maggio
Giu	giugno

17 maggio 2005

Data Warehousing

61

## Schema dimensionale: dimensioni con livelli

CodN	...	Città	Regione	...
PI	...	Pisa	Toscana	...
FI1	...	Firenze	Toscana	...
FI2	...	Firenze	Toscana	...
RM1	...	Roma	Lazio	...
RM2	...	Roma	Lazio	...
RM3	...	Roma	Lazio	...
LT	...	Latina	Lazio	...

Negozi	Mese	Vendite
PI	Gen	12
PI	Feb	2
PI	Mar	10
PI	Apr	3
PI	Mag	6
PI	Giu	5
FI1	Gen	21
FI1	Feb	4
FI1	Mar	10
FI1	Apr	4
FI1	Mag	6
FI1	Giu	7
...	...	...

CodM	Mese	Trimestre
Gen	gennaio	I trim
Feb	febbraio	I trim
Mar	marzo	I trim
Apr	aprile	II trim
Mag	maggio	II trim
Giu	giugno	II trim

17 maggio 2005

Data Warehousing

62

## Approccio dimensionale

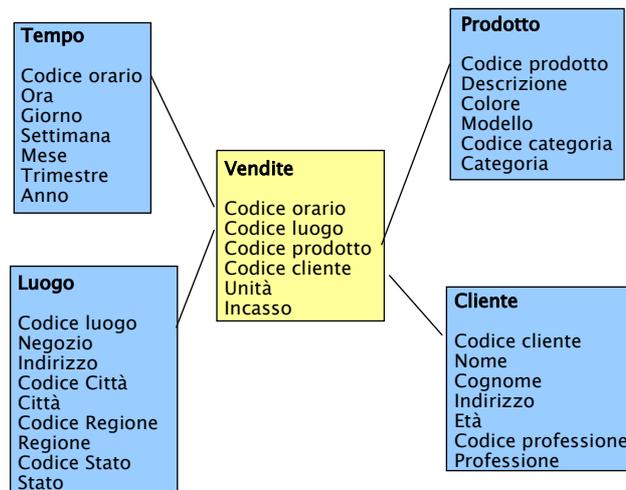
- lo schema di un data warehouse è un insieme di schemi dimensionali
  - ogni data mart è un insieme di schemi dimensionali
  - tutti i data mart vengono costruiti usando il “DW bus”
    - dimensioni conformi
      - ogni dimensione ha lo stesso significato in ciascuno schema dimensionale e data mart
    - fatti conformi
      - anche i fatti hanno interpretazione uniforme

17 maggio 2005

Data Warehousing

63

## Uno schema dimensionale

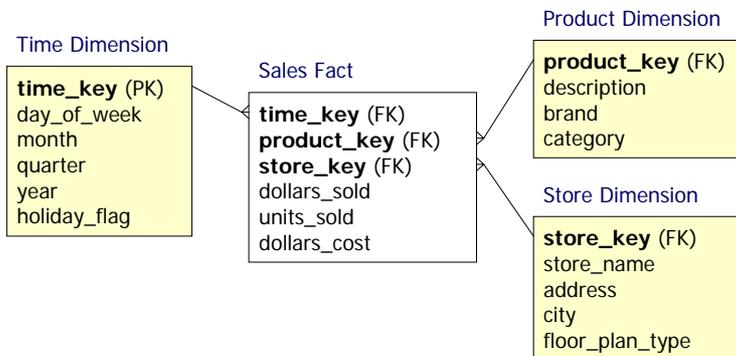


17 maggio 2005

Data Warehousing

64

## Un altro schema dimensionale



- i dati delle vendite di prodotti in un certo numero di negozi nel corso del tempo
  - memorizza i totali giornalieri delle vendite dei prodotti per negozio

17 maggio 2005

Data Warehousing

65

## Caratteristiche di uno schema dimensionale

- Una tabella **dimensione** memorizza i membri di una dimensione
  - la chiave primaria è semplice
  - gli altri campi memorizzano gli attributi della dimensione
    - gli attributi sono solitamente testuali, discreti e descrittivi
- La tabella **fatti** memorizza le misure (fatti) di un processo
  - la chiave è composta da riferimenti alle chiavi di tabelle dimensione
  - gli altri campi rappresentano le misure
    - I fatti (le misure) sono solitamente numerici, continui e additivi
- Vediamo in dettaglio

17 maggio 2005

Data Warehousing

66

## Tablelle dimensione

- Memorizza i membri di una dimensione rispetto alla quale è interessante analizzare un processo (e le relative descrizioni)
  - ciascun record di una tabella dimensione descrive esattamente un elemento della rispettiva dimensione
    - un record di Time Dimension descrive un giorno (nell'ambito dell'intervallo temporale di interesse)
    - un record di Product Dimension descrive un prodotto in vendita nei negozi
  - i campi (non chiave) memorizzano gli attributi dei membri
    - gli attributi sono le proprietà dei membri, che sono solitamente testuali, discrete e descrittive

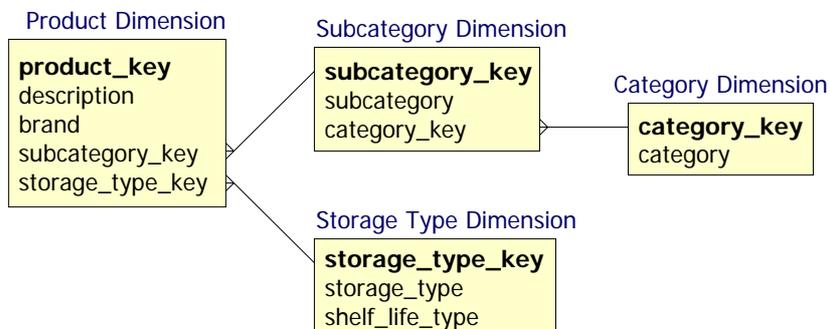
17 maggio 2005

Data Warehousing

67

## Snowflaking

- Per snowflaking di una dimensione si intende una rappresentazione "più normalizzata" di una tabella dimensione, che evidenzia "gerarchie di attributi"



17 maggio 2005

Data Warehousing

68

## Occupazione di memoria

- Stima dell'occupazione di memoria della base di dati dimensionale di esempio
  - Tempo: 2 anni di 365 giorni, ovvero 730 giorni
  - Negozi: 300
  - Prodotti: 30.000
  - Fatti relativi alle vendite
    - ipotizziamo un livello di sparsità del 10% delle vendite giornaliere dei prodotti nei negozi
      - ovvero, che ogni negozio vende giornalmente 3.000 diversi prodotti
    - $730 \times 300 \times 3000 = 630.000.000$  record

17 maggio 2005

Data Warehousing

69

## Snowflaking: conviene?

- Lo snowflaking è solitamente svantaggioso
  - inutile per l'occupazione di memoria
    - ad esempio, supponiamo che la dimensione prodotto contenga 30.000 record, di circa 2.000 byte ciascuno
      - occupando quindi 60MB di memoria
    - la tabella fatti contiene invece 630.000.000 record, di circa 10 byte ciascuno
      - occupando quindi 6.3GB di memoria
    - le tabelle fatti sono sempre molto più grandi delle tabelle dimensione associate
      - anche riducendo l'occupazione di memoria della dimensione prodotto del 100%, l'occupazione di memoria complessiva è ridotta di meno dell'1%
  - può peggiorare decisamente le prestazioni

17 maggio 2005

Data Warehousing

70

## Tabella fatti

- memorizza le misure numeriche di un processo
  - ogni record della tabella fatti memorizza una ennupla di misure (fatti) relativa a una combinazione dei membri, presa all'intersezione di tutte le dimensioni
- Nell'esempio
  - il processo (i fatti) è la vendita di prodotti nei negozi
  - le misure (i fatti) sono
    - l'incasso in dollari (dollars\_sold)
    - la quantità venduta (units\_sold)
    - le spese sostenute a fronte della vendita (dollars\_cost)
  - la grana è il totale per prodotto, negozio e giorno

17 maggio 2005

Data Warehousing

71

## Tabella fatti, 2

- I campi della tabella fatti sono partizionati in due insiemi
  - chiave (composta)
    - sono riferimenti alle chiavi primarie delle tabelle dimensione
    - stabiliscono la grana della tabella fatti
  - altri campi: misure
    - spesso chiamati fatti
    - solitamente valori numerici in un dominio continuo e additivi
- Una tabella fatti memorizza una funzione (in senso matematico) dalle dimensioni ai fatti
  - ovvero, una funzione che associa a ciascun fatto un valore per ciascuna possibile combinazione dei membri delle dimensioni

17 maggio 2005

Data Warehousing

72

## Additività dei fatti

- Un fatto è **additivo** se ha senso sommarlo rispetto a ogni possibile combinazione delle dimensioni da cui dipende
  - l'incasso in dollari è additivo perché ha senso calcolare la somma degli incassi per un certo intervallo di tempo, insieme di prodotti e insieme di negozi
    - ad esempio, in un mese, per una categoria di prodotti e per i negozi in un'area geografica
  - l'additività è una proprietà importante, perché le applicazioni del data warehouse devono solitamente combinare i fatti descritti da molti record di una tabella fatti
    - il modo più comune di combinare un insieme di fatti è di sommarli (se questo ha senso)
    - è possibile anche l'uso di altre operazioni

17 maggio 2005

Data Warehousing

73

## Semi additività e non additività

- I fatti possono essere anche
  - semi additivi
    - se ha senso sommarli solo rispetto ad alcune dimensioni
      - ad esempio, il numero di pezzi in deposito di un prodotto è sommabile rispetto alle categorie di prodotto e ai magazzini, ma non rispetto al tempo
  - non additivi
    - se non ha senso sommarli
  - può avere senso combinare fatti anche non completamente additivi mediante funzioni diverse dalla somma (ad esempio, medie pesate)

17 maggio 2005

Data Warehousing

74

## Tabelle fatti senza fatti

- In tutti i casi studiati finora, le tabelle fatti avevano la seguente struttura
  - due o più chiavi esterne, riferimenti alle chiavi delle dimensioni
  - uno o più fatti
    - i fatti rappresentano misure numeriche prese all'intersezioni delle dimensioni
- Alcuni processi interessanti sono caratterizzati da “fatti” che (apparentemente) non hanno proprietà misurabili
  - processi con fatti non misurabili possono essere rappresentati da schemi dimensionali basati su **tabelle fatti senza fatti (factless fact tables)**
  - ci sono due varianti interessanti di tabelle fatti senza fatti

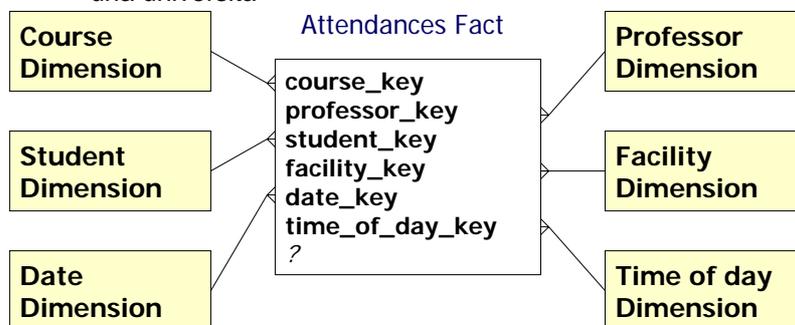
17 maggio 2005

Data Warehousing

75

## Eventi

- In diverse situazioni bisogna memorizzare un grande numero di eventi, che si verificano all'intersezione di un certo numero di dimensioni
  - ad esempio, la presenza giornaliera di studenti nei corsi di una università



17 maggio 2005

Data Warehousing

76

## Rappresentazione di eventi

- Un insieme di eventi (senza fatti) può essere rappresentato da una tabella fatti senza fatti e da un insieme delle dimensioni di interesse
  - analisi
    - quali sono stati i corsi più frequentati?
    - quali sono state le aule più utilizzate?
    - qual è stata l'occupazione media delle aule in funzione dell'ora del giorno?
- Molte di queste analisi richiedono di contare il numero di occorrenze distinte di uno certo insieme di attributi rispetto a in un insieme di eventi
  - non possono essere sempre calcolate solo con la funzione COUNT di SQL
  - è spesso necessario scrivere COUNT(DISTINCT ...)

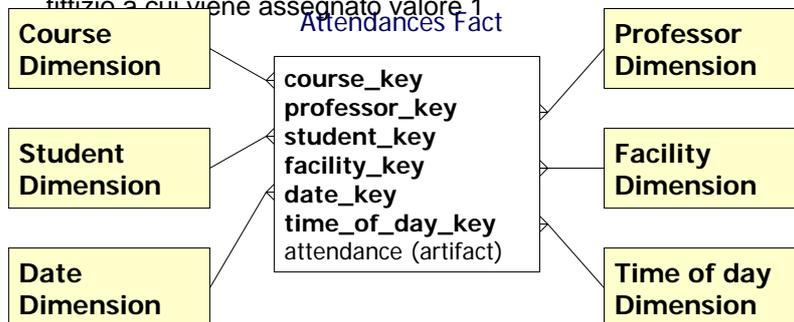
17 maggio 2005

Data Warehousing

77

## Rappresentazione di eventi

- Le interrogazioni delle tabella fatti senza fatti possono essere semplificate introducendo nella tabella fatti un fatto numerico fittizio a cui viene assegnato valore 1



- in questo caso, è possibile scrivere interrogazioni corrette usando la funzione COUNT o SUM

- le interrogazioni risultano più comprensibili

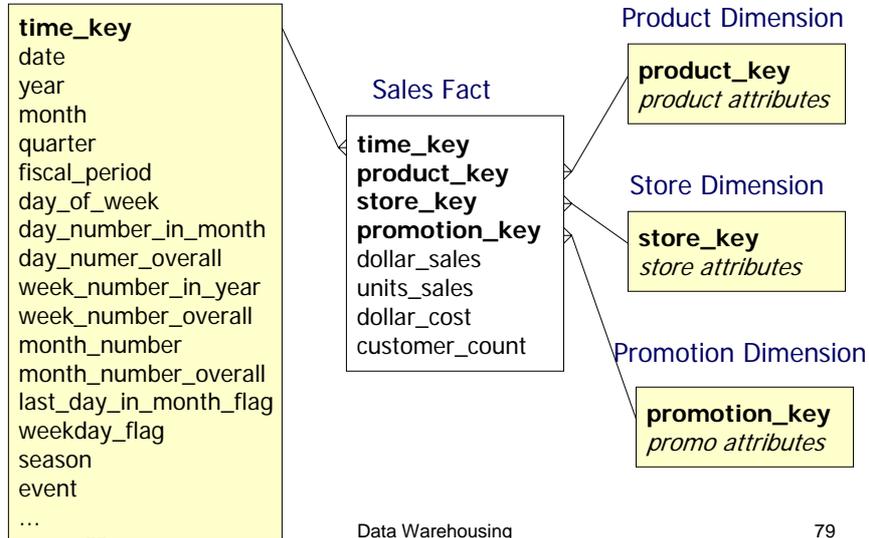
17 maggio 2005

Data Warehousing

78

## Un'altra esigenza per tabelle senza fatti

Time Dimension



## Tabelle di copertura

- Un'altra applicazione delle tabelle fatti senza fatti riguarda la rappresentazione di eventi che non sono accaduti
  - nel processo delle vendite, lo schema dimensionale proposto non permette di effettuare la seguente analisi
    - quali prodotti in promozione non sono stati venduti?
  - è possibile usare una tabella di copertura per rappresentare i prodotti in promozione nei vari giorni e negozi
    - all'evento "essere in promozione" potrebbe non essere associato nessun particolare fatto misurabile
    - i prodotti in promozione non venduti possono essere calcolati per differenza insiemistica

## Tablelle di copertura

- In questo caso, la tabella di copertura delle promozioni è densa (rispetto ai prodotti in promozione)
  - deve però memorizzare solo i prodotti in promozione
    - e non i prodotti che non sono in promozione
  - anche in questo caso, può essere opportuno introdurre un fatto fittizio **existence**, di valore costante 1
  - se le promozioni sono settimanali, la grana della dimensione tempo può essere la settimana anziché il giorno

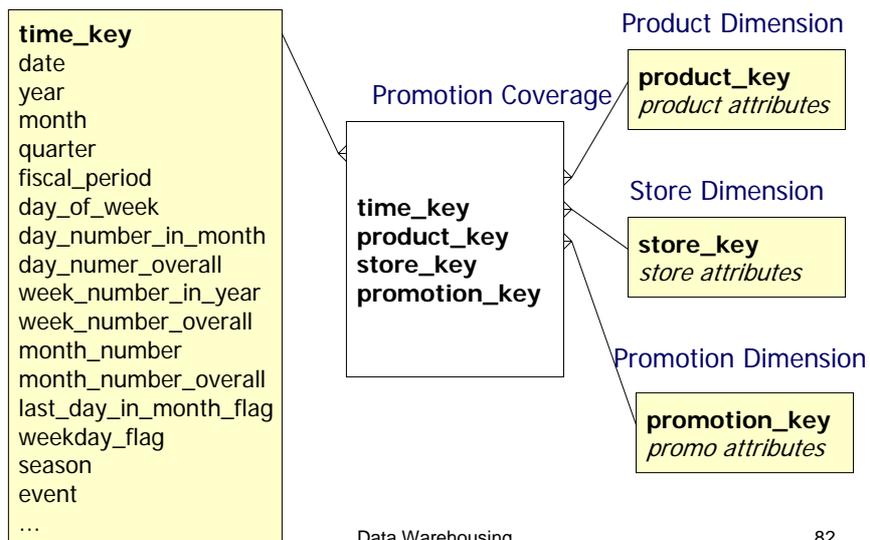
17 maggio 2005

Data Warehousing

81

## Una tabella di copertura senza fatti

Time Dimension



Data Warehousing

82

## Dimensioni primarie e secondarie

### Time Dimension

**time\_key**  
date  
year  
month  
quarter  
fiscal\_period  
day\_of\_week  
day\_number\_in\_month  
day\_number\_overall  
week\_number\_in\_year  
week\_number\_overall  
month\_number  
month\_number\_overall  
last\_day\_in\_month\_flag  
weekday\_flag  
season  
event  
...

### Sales Fact

**time\_key**  
**product\_key**  
**store\_key**  
**promotion\_key**  
dollar\_sales  
units\_sales  
dollar\_cost  
customer\_count

### Product Dimension

**product\_key**  
*product attributes*

### Store Dimension

**store\_key**  
*store attributes*

### Promotion Dimension

**promotion\_key**  
*promo attributes*

Data Warehousing

83

## Dimensioni primarie e secondarie

- Fissati il processo (vendite giornaliere dei prodotti) e la grana (unità di vendita per negozio per promozione per giorno) bisogna scegliere le dimensioni
  - in questo caso, la scelta delle dimensioni primarie tempo, prodotto e negozio è immediata
    - tempo, prodotto e negozio sono **dimensioni primarie** nel senso che le misure relative ai movimenti giornalieri dei prodotti dipendono funzionalmente dal tempo, dal prodotto e dal negozio
  - un'altra dimensione è la dimensione promozione
    - ogni membro della dimensione promozione rappresenta una combinazione delle promozioni che si applica alle vendite di una unità di vendita in un giorno in un negozio

17 maggio 2005

Data Warehousing

84

## Dimensioni supplementari

- Promozione è una **dimensione supplementare**, nel senso che per ogni possibile combinazione delle dimensioni primarie è univoca la scelta del valore per questa dimensione
  - ovvero, la promozione dipende funzionalmente dalla data, dal prodotto e dal negozio
- Se una dimensione supplementare non fosse conforme alla grana della tabella fatti (richiedendo maggior dettaglio nei dati) allora la scelta della grana dovrebbe essere corretta (e la dimensione potrebbe essere primaria)
  - promozione sarebbe una dimensione primaria se ogni membro della dimensione rappresentasse una combinazione delle promozioni che è stata effettivamente applicata a una vendita

17 maggio 2005

Data Warehousing

85

## Chiavi nei DW

- Negli schemi dimensionali, si preferiscono di solito chiavi semplici (numeriche) e “locali” (progressive), per vari motivi
  - sono piccole (e evitano le chiavi composte)
  - permettono di gestire casi speciali (ad esempio, la “non appartenenza” ad una categoria)
  - evitano problemi dovuti al riuso (esempio, le matricole dei laureati, oppure le fatture che ricominciano da 1 ogni anno)
  - evitano i cambi di tipo (esempio, le targhe auto) o i problemi dovuti alle fusioni aziendali

17 maggio 2005

Data Warehousing

86

## Discussione

- Per il data warehouse, la modellazione dimensionale presenta dei vantaggi rispetto alla modellazione tradizionale (ER-BCNF) adottata nei sistemi operazionali
  - gli schemi dimensionali hanno una forma standardizzata e prevedibile
    - è facilmente comprensibile e rende possibile la navigazione dei dati
    - semplifica la scrittura delle applicazioni
    - ha una strategia di esecuzione efficiente
  - gli schemi dimensionali hanno una struttura simmetrica rispetto alle dimensioni
    - la progettazione può essere effettuata in modo indipendente per ciascuna dimensione
    - le interfacce utente e le strategie di esecuzione sono simmetriche

17 maggio 2005

Data Warehousing

87

## Vantaggi della modellazione dimensionale

- gli schemi dimensionali sono facilmente estendibili
  - rispetto all'introduzione di nuovi fatti
  - rispetto all'introduzione di nuovi attributi per le dimensioni
  - rispetto all'introduzione di nuove dimensioni "supplementari"
    - se ogni record della tabella fatti dipende già funzionalmente dai membri della nuova dimensione
- si presta alla gestione e materializzazione di dati aggregati
- sono state già sviluppate numerose tecniche per la descrizione di tipologie fondamentali di fatti e dimensioni:
  - una sorta di "pattern" noti e documentati

17 maggio 2005

Data Warehousing

88

## Dall'ER al dimensionale

- Individuare sottoschemi relativi a singoli processi
- Individuare
  - le entità coinvolte in diverse relationship 1:n con cardinalità massima 1
  - le relationship molti a molti con attributi non chiave numerici e additivi (o "da contare"):
    - i fatti
- Denormalizzare le catene correlate ai fatti
  - dimensioni
    - se una dimensione compare più volte, dovrà essere conforme

17 maggio 2005

Data Warehousing

89

## Attributi e interrogazioni

- Gli attributi delle tabelle dimensione sono il principale strumento per l'interrogazione del data warehouse
  - gli attributi delle dimensioni vengono usati per
    - selezionare un sottoinsieme dei dati di interesse
      - vincolando il valore di uno o più attributi
      - ad esempio, le vendite nel corso dell'anno 2000
    - raggruppare i dati di interesse
      - usando gli attributi come intestazioni della tabella risultato
      - ad esempio, per mostrare le vendite per ciascuna categoria di prodotto in ciascun mese

17 maggio 2005

Data Warehousing

90

## Attributi e interrogazioni

- Dati restituiti dall'interrogazione
  - somma degli incassi in dollari e delle quantità vendute
  - per ciascuna categoria di prodotto in ciascun mese
  - nel corso dell'anno 2000

(product) category	(time) month	(sum of) dollars_sold	(sum of) units_sold
Drinks	gennaio 2000	21.509,05	23.293
Drinks	febbraio 2000	19.486,93	22.216
Drinks	marzo 2000	21.986,43	23.532
Food	gennaio 2000	86.937,77	55.135
Supplies	gennaio 2000	21.554,17	13.541

17 maggio 2005 Data Warehousing 91

## Formato delle interrogazioni

- Le interrogazioni assumono solitamente il seguente formato standard

```
select p.category, t.month,  
       sum(f.dollars_sold), sum (f.items_sold)  
from sales_fact f, product p, time t  
where f.product_key = p.product_key  
      and f.time_key = t.time_key  
      and t.year = 2000  
group by p.category, t.month
```

## Formato delle interrogazioni

- Le interrogazioni assumono solitamente il seguente formato standard

```

select p.category, t.month,
       sum(f.dollars_sold), sum (f.items_sold)
from sales_fact f, product p, time t
where f.product_key = p.product_key
      and f.time_key = t.time_key
      and t.year = 2000
group by p.category, t.month
  
```

attributi di raggruppamento  
 fatti di interesse, aggregati  
 tabella fatti e tabelle dimensione di interesse  
 condizioni di join imposte dallo schema dimensionale  
 condizioni di selezione

17 maggio 2005

Data Warehousing

93

## Formato delle interrogazioni

- Le interrogazioni assumono solitamente il seguente formato standard

```

select p.category, t.month,
       sum(f.dollars_sold), sum (f.items_sold)
from sales_fact f join product p
  on f.product_key = p.product_key
   join time t on f.time_key = t.time_key
where t.year = 2000
group by p.category, t.month
  
```

attributi di raggruppamento  
 fatti di interesse, aggregati  
 join tra fatti e dimensioni di interesse  
 condizioni di selezione

17 maggio 2005

Data Warehousing

94

## Drill down

- L'operazione di drill down aggiunge dettaglio ai dati restituiti da una interrogazione
  - il drill down avviene aggiungendo un nuovo attributo nell'intestazione di una interrogazione
  - diminuisce la grana dell'aggregazione

(product) category	(time) month	(sum of) dollars_sold	(sum of) units_sold
-----------------------	-----------------	--------------------------	------------------------



drill down

(product) category	(time) month	(store) city	(sum of) dollars_sold	(sum of) units_sold
-----------------------	-----------------	-----------------	--------------------------	------------------------

17 maggio 2005

Data Warehousing

95

## Drill up (roll up)

- L'operazione di drill up riduce il dettaglio dei dati restituiti da una interrogazione
  - il drill up avviene rimuovendo un attributo dall'intestazione di una interrogazione
  - aumenta la grana dell'aggregazione

(product) category	(time) month	(sum of) dollars_sold	(sum of) units_sold
-----------------------	-----------------	--------------------------	------------------------



drill up

(product) category	(sum of) dollars_sold	(sum of) units_sold
-----------------------	--------------------------	------------------------

17 maggio 2005

Data Warehousing

96

- Introduzione
    - Basi di dati integrate, sì, ma ...
    - OLTP e OLAP
  - Data warehousing
    - Data warehouse e data warehousing
    - Dati multidimensionali
- ⇒ Progettazione di data warehouse

17 maggio 2005

Data Warehousing

97

## Ciclo di vita dimensionale

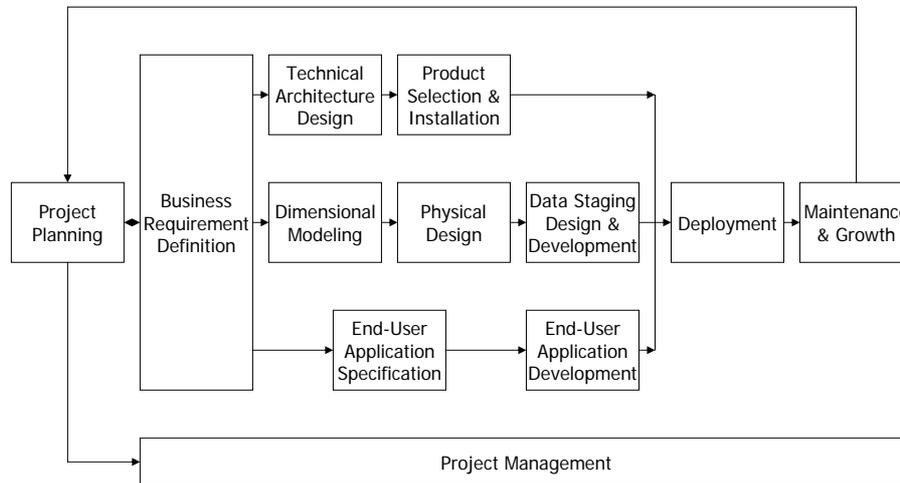
- **Il ciclo di vita dimensionale (Business Dimensional Lifecycle)** è una metodologia completa di progettazione e realizzazione di data warehouse (Kimball et al.)
  - fornisce il contesto di riferimento per la progettazione e realizzazione di data warehouse dimensionali
  - mediante un insieme di attività e di relazioni tra attività

17 maggio 2005

Data Warehousing

98

## Ciclo di vita dimensionale



17 maggio 2005

Data Warehousing

99

## Fasi nel ciclo di vita dimensionale

- pianificazione del progetto
- gestione del progetto
- raccolta e analisi dei requisiti
- progettazione del data warehouse
  - progettazione dei dati
    - progettazione dimensionale, progettazione fisica, progetto della preparazione dei dati
  - progettazione tecnologica
    - progettazione dell'architettura tecnica, selezione e installazione dei prodotti
  - progettazione delle applicazioni
    - specifica delle applicazioni, sviluppo delle applicazioni
- installazione e avviamento
- manutenzione e crescita

17 maggio 2005

Data Warehousing

100

## Progettazione di uno schema dimensionale

- Una metodologia per la progettazione di uno schema dimensionale
  - uno schema dimensionale è composto da una singola tabella fatti e da un insieme di tabelle dimensione
- Bisogna tenere però presente che
  - un data mart è composto da più schemi dimensionali
  - il data warehouse dimensionale è composto da più data mart
    - Vediamo poi la progettazione di un data warehouse dimensionale completo, secondo l'architettura a bus

17 maggio 2005

Data Warehousing

101

## Progettazione di uno schema dimensionale

- La progettazione di uno schema dimensionale richiede lo svolgimento (in sequenza) dei seguenti quattro passi
  - scelta del **processo** (business process) da modellare
  - scelta della **grana** del processo
  - scelta delle **dimensioni** da cui dipende ciascun record della tabella fatti
  - scelta dei **fatti** misurabili che popoleranno ogni record della tabella fatti
- Queste scelte devono essere guidate
  - dai requisiti
  - dalle sorgenti informative disponibili

17 maggio 2005

Data Warehousing

102

## Progettazione di uno schema dimensionale

- Scelta del **processo** (business process) da modellare
  - per processo si intende un processo operativo, supportato da uno o più sistemi operazionali i cui dati possono essere utilizzati per popolare lo schema dimensionale
    - ad esempio, ordini, fatturazione, consegne, magazzino, vendite, ...
- Scelta della **grana** del processo
  - per grana si intende il livello di dettaglio atomico che deve essere rappresentato nella tabella fatti per il processo
    - livelli tipici per la grana sono le transazioni individuali, l'istantanea (snapshot) giornaliera individuale, l'istantanea mensile individuale, ...

17 maggio 2005

Data Warehousing

103

## Progettazione di uno schema dimensionale

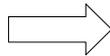
- Scelta delle **dimensioni** da cui dipende ciascun record della tabella fatti
  - una dimensione è un insieme di membri, di cui bisogna descrivere tutti gli attributi (solitamente testuali, discreti e descrittivi) necessari nelle selezioni e nei raggruppamenti
    - esempi di dimensioni sono il tempo, il prodotto, il cliente, la promozione, il magazzino, il tipo di transazione, lo stato, ...
- Scelta dei **fatti** misurabili che popoleranno ogni record della tabella fatti
  - i fatti sono misure (solitamente numeriche, continue e additive) del processo selezionato
    - esempi di fatti sono la quantità venduta, l'incasso della vendita in dollari, ...

17 maggio 2005

Data Warehousing

104

## Studio di caso



17 maggio 2005

Data Warehousing

105

## Progettazione di un DW dimensionale

- La progettazione dimensionale è la progettazione logica dei dati del data warehouse, basata sull'architettura a bus
  - progettazione dei data mart
  - progettazione di un insieme di dimensioni conformi
  - progettazione degli schemi dimensionali
  - analisi delle sorgenti informative
    - comprensione delle sorgenti informative disponibili e delle loro qualità
    - progettazione preliminare del mapping dei dati dalle sorgenti informative al data warehouse
  - piano preliminare delle aggregazioni
- Lo schema logico del data warehouse è la pietra angolare della progettazione dell'intero data warehouse

17 maggio 2005

Data Warehousing

106

## Progettazione dei data mart

- Un data warehouse dimensionale viene progettato come un insieme coerente di data mart ognuno dei quali è
  - un sottoinsieme logico dell'intero data warehouse
    - è la restrizione del data warehouse a un singolo processo dell'organizzazione, o a un insieme di attività correlate
  - una collezione di fatti correlati che devono essere analizzati insieme
    - un insieme di schemi dimensionali correlati
- Un insieme di data mart è "coerente" se è organizzato secondo una architettura a bus basata su dimensioni conformi e fatti conformi
  - ovvero, su dimensioni e fatti con significato uniforme in tutto il data warehouse

17 maggio 2005

Data Warehousing

107

## Selezione dei data mart

- La progettazione dimensionale di un data warehouse inizia con la selezione ed elencazione dei data mart
  - il criterio principale è
    - un data mart deve rappresentare una collezione di fatti correlati che devono essere analizzati insieme
  - inizialmente, ciascun data mart dovrebbe avere origine in un singolo processo dell'organizzazione e in una singola sorgente informativa
    - successivamente, sarà possibile identificare data mart relativi a più processi e/o con dati derivanti da più sorgenti informative
  - i data mart possono essere (parzialmente) sovrapposti
  - in una grande organizzazione ha (secondo gli esperti) da 10 a 30 data mart

17 maggio 2005

Data Warehousing

108

## Esempio — una grande compagnia telefonica

- Data mart a sorgente singola
  - fatturazione clienti (residenziali e commerciali)
  - gestione ordini
  - gestione dei malfunzionamenti
  - pubblicità sulle pagine gialle
  - servizio clienti e informazioni sulle fatture
  - offerte promozionali e comunicazioni ai clienti
  - dettaglio delle chiamate dal punto di vista della fatturazione
  - dettaglio delle chiamate dal punto di vista del carico della rete telefonica
  - inventario clienti
  - inventario della rete telefonica
  - ...

17 maggio 2005

Data Warehousing

109

## Selezione dei data mart

- La realizzazione di un data warehouse deve iniziare da un data mart con le seguenti caratteristiche
  - essere significativo
    - ovvero, permettere analisi significative
  - essere semplice da realizzare
    - in particolare, essere a sorgente singola
- Successivamente, possono essere realizzati altri data mart, più complessi
  - ad esempio, a sorgente multipla
    - come il data mart della profittabilità dei clienti

17 maggio 2005

Data Warehousing

110

## Progettazione delle dimensioni

- Scelti i data mart di interesse, si procede selezionando e elencando le dimensioni di interesse
  - bisogna progettare un insieme di dimensioni da usare in modo conforme (o conformato) in tutti i data mart del data warehouse
  - si può iniziare identificando le dimensioni di interesse per ciascun data mart

17 maggio 2005

Data Warehousing

111

## Dimensione conforme

- Una dimensione che ha lo stesso significato in tutti i data mart (e cioè con tutte la tabelle di fatti con cui va in join)
- Di solito, è quindi sempre la stessa
- Dimensioni molto usate (ad esempio quella temporale) diventano standard aziendali

17 maggio 2005

Data Warehousing

112

## Esempio — una grande compagnia telefonica

- Dimensioni per il data mart della fatturazione clienti
  - tempo (data di fatturazione)
  - cliente (residenziale o commerciale)
  - servizio
  - tariffa (compresa promozione)
  - fornitore di servizi locali
- Dimensioni per il data mart del dettaglio delle chiamate dal punto di vista della fatturazione
  - chiamante
  - chiamato
  - fornitore di servizi non locali

17 maggio 2005

Data Warehousing

113

## La matrice dell'architettura a bus

- I data mart e le dimensioni possono essere utilmente correlati in una matrice che descrive l'architettura a bus del data warehouse
  - ciascuna riga della matrice rappresenta un data mart
  - ciascuna colonna della matrice rappresenta una dimensione
  - ciascun elemento della matrice, all'intersezione di un data mart e una dimensione, viene marcato se la dimensione è di interesse per il data mart
- La definizione della matrice che descrive l'architettura a bus del data warehouse è una "pietra miliare" fondamentale nella progettazione dell'intero data warehouse
  - è il luogo dove viene fissato l'insieme delle dimensioni conformi del data warehouse

17 maggio 2005

Data Warehousing

114



## Convenzioni nella progettazione

- Alcune indicazioni stilistiche (e non) da adottare nella progettazione
  - i nomi (etichette) per data mart, dimensioni, attributi e fatti devono essere scelti attentamente nel dominio applicativo del data warehouse
    - devono essere nomi accettabili per gli utenti finali
  - ogni attributo vive in una sola dimensione, un fatto può essere ripetuto in più tabelle fatti
  - se una dimensione deve essere ripetuta, probabilmente indica ruoli diversi della stessa dimensione e, quindi, dimensioni diverse
    - ad esempio, data del servizio e data di scadenza della fattura

17 maggio 2005

Data Warehousing

117

## Convenzioni nella progettazione

- i campi significativi delle sorgenti informative corrispondono a uno o più campi del data warehouse
  - ad esempio, un campo prodotto può essere rappresentato dal codice del prodotto, descrizione sintetica, descrizione completa
- ogni fatto dovrebbe essere associato a una modalità di aggregazione di default
  - ad esempio, somma, minimo, massimo, ultimo valore, semi additivo, algoritmo speciale, non additivo, ...
- è opportuno evidenziare nelle dimensioni le eventuali gerarchie di aggregazione significative per l'utente

17 maggio 2005

Data Warehousing

118

## **Data-driven vs requirements-driven DW design**

- Un DW va progettato con riferimento alle esigenze aziendali, altrimenti le probabilità di fallimento sono molto alte
- Dal punto di vista tecnico, possiamo anche concentrarci solo sui dati, ma sapendo che abbiamo una prospettiva limitata

17 maggio 2005

Data Warehousing

119

## **Analisi delle sorgenti informative**

- Progettato lo schema logico del data warehouse, bisogna
  - descrivere le sorgenti informative a disposizione
    - ovvero, le sorgenti informative individuate nella fase di raccolta e analisi dei requisiti
  - progettare la trasformazione dei dati dalle sorgenti informative al data warehouse

17 maggio 2005

Data Warehousing

120

## Descrizione delle sorgenti informative

- Alcune caratteristiche delle sorgenti informative
  - nome della sorgente informativa
  - responsabile
  - responsabile tecnico
  - piattaforma hardware e software
  - ubicazione
  - breve descrizione
- Queste caratteristiche non sono sufficienti per la selezione delle sorgenti informative

17 maggio 2005

Data Warehousing

121

## Selezione delle sorgenti informative

- Il criterio principale per la selezione delle sorgenti informative da cui estrarre i dati per il data warehouse è relativo all'accuratezza dei dati
  - uno stesso dato può attraversare più sistemi, per essere elaborato in più modi
    - il transito dei dati da un sistema all'altro avviene insieme a delle trasformazioni, che arricchiscono o sintetizzano i dati originari
  - in generale, la qualità di un dato può diminuire allontanandosi dal sistema in cui è stato immesso o generato
    - è quindi opportuno catturare i dati quando vengono generati (possibilmente, dopo che sono stati puliti)

17 maggio 2005

Data Warehousing

122

## Reverse engineering delle sorgenti informative

- Le sorgenti informative selezionate per l'estrazione devono essere comprese in dettaglio
  - è opportuno l'uso di modelli formali per descrivere la struttura dei dati
    - schema logico dei dati
    - schema concettuale dei dati
    - glossario dei dati
  - gli schemi concettuali, se non sono disponibili, possono essere ottenuti mediante una attività di reverse engineering dei dati
    - orientata appunto alla comprensione e descrizione concettuale delle sorgenti informative

17 maggio 2005

Data Warehousing

123

## Progettazione della trasformazione dei dati

- Per ciascun elemento (record e campo) del data warehouse bisogna progettare la trasformazione necessaria a calcolare l'elemento dalle sorgenti informative
  - descrivendo per ciascun dato
    - il ruolo nel data warehouse
    - la sorgente (o le sorgenti) da cui viene estratto
    - le trasformazioni necessarie

17 maggio 2005

Data Warehousing

124

## Piano delle aggregazioni

- Ogni data warehouse contiene dati pre-aggregati
  - la disponibilità di dati pre-aggregati è lo strumento singolo più efficace nel controllo delle prestazioni delle attività di interrogazione del data warehouse
  - i dati aggregati devono essere rappresentati in tabelle fatti apposite, separate dalle tabelle fatti da cui sono calcolati
    - usando anche tabelle dimensione aggregate, contratte e conformate
  - i dati effettivamente aggregati possono cambiare nel corso del tempo
    - le aggregazioni deve essere gestite mediante un “navigatore” e metadati opportuni
  - un piano preliminare delle aggregazioni è comunque utile, ad esempio nella stima dell’occupazione di memoria

17 maggio 2005

Data Warehousing

125

## Discussione

- Come in tutte le attività di progetto, le fasi di una metodologia non vengono mai eseguite in una sequenza perfetta
  - spesso, lo svolgimento di una fase richiede la correzione di scelte fatte nei passi precedenti
    - ad esempio, se la scelta delle dimensioni portasse a una grana diversa per uno schema dimensionale, o se fosse impossibile estrarre dei dati dalle sorgenti informative
  - in alcuni casi, può essere opportuno avviare una fase anche se la fase immediatamente precedente non è stata conclusa
    - ad esempio, iniziare la progettazione di alcuni data mart anche quando la selezione dei data mart non è stata completata

17 maggio 2005

Data Warehousing

126

## Processi in un data warehouse

- I processi di base in un data warehouse comprendono
  - processi nell'area di preparazione dei dati (attività "notturne")
    - estrazione, trasformazione, caricamento e indicizzazione, controllo di qualità
    - aggiornamento del data warehouse
  - processi utente (attività "diurne")
    - interrogazione
  - processi di amministrazione
    - gestione della sicurezza
    - auditing
    - backup e recovery
    - gestione del feedback

17 maggio 2005

Data Warehousing

127

## Estrazione

- L'**estrazione** è il primo passo nel transito dei dati dalle sorgenti informative al data warehouse
  - più precisamente, l'attività di estrazione riguarda
    - la comprensione e la lettura delle sorgenti informative
    - la copiatura nell'area di preparazione dei dati delle porzioni di sorgenti informative che sono necessarie al popolamento del data warehouse

17 maggio 2005

Data Warehousing

128

## Trasformazione

- I dati estratti dalle sorgenti informative, prima di essere caricati nel data warehouse, sono sottoposti a diverse **trasformazioni**
  - pulizia
    - per risolvere errori, conflitti, incompletezze
    - per riportare i dati in un formato standard
  - eliminazione di campi non significativi
  - combinazione
    - per identificare e correlare i dati associati alla rappresentazione di uno stesso oggetto in più sorgenti informative
  - creazione di chiavi
    - le chiavi usate nel data warehouse sono diverse da quelle usate nelle sorgenti informative
  - creazione di aggregati

17 maggio 2005

Data Warehousing

129

## Caricamento e controllo di qualità

- Dopo il processo di trasformazione, i dati sono organizzati per essere caricati direttamente nel data warehouse
  - il caricamento consiste nella concatenazione (e/o aggiornamento) di un insieme di record per ciascuna tabella (fatti o dimensione) del data warehouse
    - durante il caricamento il data warehouse non è solitamente disponibile per l'accesso e l'interrogazione
  - il caricamento dei dati nel data warehouse viene seguito da una verifica della correttezza delle operazioni di preparazione e caricamento, mediante un'analisi di qualità dei dati
    - se il controllo di qualità ha successo, il nuovo data warehouse è pronto per l'accesso e l'interrogazione

17 maggio 2005

Data Warehousing

130

## Aggiornamento del data warehouse

- I dati del data warehouse devono essere aggiornati, anche frequentemente
  - aggiornamenti ordinari e periodici
    - caricamento incrementale di nuovi dati nel data warehouse
  - aggiornamenti straordinari
    - correzione di dati (record e/o schemi)
    - sono aggiornamenti orientati al miglioramento della qualità complessiva dei dati

17 maggio 2005

Data Warehousing

131

## Interrogazione del data warehouse

- L'interrogazione (o analisi) è l'attività prevalente nel data warehouse
  - il data warehouse è stato creato per essere interrogato
  - il data warehouse deve essere ottimizzato per l'esecuzione di interrogazioni complesse
    - ad esempio, mediante la gestione (trasparente) di dati aggregati
  - l'interrogazione avviene mediante diversi strumenti

17 maggio 2005

Data Warehousing

132

## Processi di amministrazione

- Auditing
  - sull'origine dei dati (ad esempio, per certificarne la qualità)
  - sull'uso del data warehouse (per l'ottimizzazione del data warehouse)
- Gestione della sicurezza
- Backup e recovery
- Gestione del feedback
  - il transito principale dei dati va dalle sorgenti informative al data warehouse e dal data warehouse agli strumenti di analisi
    - dati "puliti" e risultati di analisi significativi possono transitare nella direzione opposta

17 maggio 2005

Data Warehousing

133

## Studi di caso

- Le tecniche di modellazione dimensionale possono essere mediate mediante un certo numero di esempi (studi di caso)
  - ciascuno studio di caso è relativo a un esempio concreto
  - ciascuno studio di caso introduce una o più tecniche di modellazione dimensionale
  - si tratta di una sorta di "pattern"

17 maggio 2005

Data Warehousing

134

## Studi di caso

- **Vendite**
- Inventario
- Catena del valore

17 maggio 2005

Data Warehousing

135

## Il processo delle vendite

- Si consideri il seguente caso di studio, relativo al processo delle vendite in una catena di negozi alimentari (grocery store)
  - lavoriamo nella direzione di una grande catena di alimentari (negli Stati Uniti)
  - la catena comprende 500 grandi negozi di alimentari, distribuiti in tre stati
  - ogni negozio è un supermercato con diversi reparti (department)
    - ad esempio, drogheria, surgelati, latticini, carne, frutta e verdura, pane, pasta, fiori, liquori, ...

17 maggio 2005

Data Warehousing

136

## Il processo delle vendite (2)

- ogni negozio ha circa 60.000 prodotti individuali nei suoi scaffali
  - i prodotti individuali sono chiamati **unità di vendita (SKU, stock keeping unit)**
    - ad esempio, una SKU è la lattina di Diet Coke
  - ogni variante di confezionamento dei prodotti costituisce una diversa SKU
    - ad esempio, la confezione da 6 lattine di Diet Coke è una SKU diversa dalla lattina di Diet Coke
- circa 40.000 delle SKU vengono da fornitori esterni, e su di esse è stampato un codice a barre chiamato **codice universale del prodotto (UPC, universal product code)**
  - la grana degli UPC è la stessa delle SKU

17 maggio 2005

Data Warehousing

137

## Il processo delle vendite (3)

- le altre 20.000 SKU corrispondono a prodotti come frutta e carne, che non sono confezionati o che sono confezionati localmente, e non hanno UPC
  - anche a questi prodotti è associato un numero (codice) SKU
    - questo codice viene assegnato localmente, ed è condiviso da tutti i negozi della catena

17 maggio 2005

Data Warehousing

138

## Il processo delle vendite (4)

- Dove vengono raccolti i dati della catena di negozi alimentari?
  - per i dati relativi alle vendite, sicuramente in ciascuna cassa, mediante dei sistemi **POS** (point of sale)
  - per quanti riguarda gli acquisti
    - alcuni negozi usano un sistema di codici a barre anche alla consegna delle merci
    - altri negozi non registrano le merci consegnate
      - ma vengono raccolte le bolle e le fatture
  - l'inventario è spesso realizzato girando tra gli scaffali e guardando quali prodotti sono assenti

17 maggio 2005

Data Warehousing

139

## Il processo delle vendite (5)

- La direzione della catena si occupa della logistica delle ordinazioni, della disposizione delle merci sugli scaffali, della vendita dei prodotti e della massimizzazione del profitto
  - sorgenti del profitto
    - fissare per i prodotti il prezzo più alto possibile
    - ridurre i costi di acquisizione dei prodotti e le spese generali
    - attrarre quanti più clienti è possibile
  - le scelte sotto il controllo della direzione della catena di negozi riguardano
    - i prezzi dei prodotti
    - le promozioni

17 maggio 2005

Data Warehousing

140

## Il processo delle vendite (6)

- le promozioni comprendono
  - riduzioni temporanee di prezzo (TPR)
  - pubblicità (su diversi media)
  - esposizione sugli scaffali
  - esposizione alla fine dei corridoi
- Uno degli obiettivi della direzione è la comprensione dell'impatto delle promozioni sulle vendite e, quindi, sui profitti
  - per comprendere l'impatto delle promozioni passate
  - per pianificare e progettare le promozioni future

17 maggio 2005

Data Warehousing

141

## Il data mart delle vendite

- La progettazione di un data warehouse (e di ogni singolo schema dimensionale che lo compone) è basata sulla comprensione del processo e dei dati effettivamente disponibili
- Il data warehouse della catena di negozi alimentari riguarda il processo delle vendite dei prodotti nei negozi
  - viene deciso di costruire il data mart delle vendite giornaliere dei prodotti

17 maggio 2005

Data Warehousing

142

## Scelta della grana

- La grana scelta per il data mart per il processo delle vendite è
  - unità di vendita (SKU) per negozio per promozione per giorno
- La scelta della grana ha influenza
  - sulle dimensioni usate nel data mart
  - sul tipo di analisi che può essere effettuato
  - sull'occupazione di memoria del data mart

17 maggio 2005

Data Warehousing

143

## Altre scelte per la grana

- Scelte alternative per la grana
  - per voce di vendita (transazione individuale)
    - informazioni su ciascuna voce (riga) di ciascuno scontrino di vendita
    - se è nota l'identità del cliente, permette di effettuare interessanti analisi di market basket
    - l'occupazione di memoria del data mart potrebbe essere enorme
  - unità di vendita per negozio per promozione per settimana
    - non permette di distinguere le vendite nei fine settimana da quelle degli altri giorni
  - Prodotto per negozio per promozione
    - Non permette di distinguere l'importanza del confezionamento

17 maggio 2005

Data Warehousing

144

## Alcune possibili analisi

- La scelta di grana fatta (unità di vendita per negozio per promozione per giorno) permette ad esempio di effettuare le seguenti analisi
  - è utile vendere più varianti di confezionamento di uno stesso prodotto?
    - possibile solo se la grana riguarda l'unità di vendita
  - di quali prodotti diminuiscono le vendite a fronte della promozione di un certo altro prodotto?
    - possibile solo se la grana riguarda le promozioni
  - quali sono i dieci prodotti più venduti dai miei concorrenti che invece la catena non vende?
    - sulla base di ulteriori dati forniti da società di analisi specializzate

17 maggio 2005

Data Warehousing

145

## Altre considerazioni sulle SKU

- Nessuna delle analisi proposte è interessata esplicitamente alle singole SKU
  - non è solitamente interessante presentare l'unità di vendita individuale nel risultato dell'analisi
  - tuttavia, in un data warehouse è necessario memorizzare dati a una grana sufficientemente piccola, per permettere alle interrogazioni di selezionare e raggruppare i dati in modo sufficientemente preciso e mirato

17 maggio 2005

Data Warehousing

146

## Scelta delle dimensioni

- Fissati il processo (vendite giornaliere dei prodotti) e la grana (unità di vendita per negozio per promozione per giorno) bisogna scegliere le dimensioni
  - in questo caso, la scelta delle dimensioni primarie tempo, prodotto e negozio è immediata
    - tempo, prodotto e negozio sono **dimensioni primarie** nel senso che le misure relative ai movimenti giornalieri dei prodotti dipendono funzionalmente dal tempo, dal prodotto e dal negozio
  - un'altra dimensione è la dimensione promozione
    - ogni membro della dimensione promozione rappresenta una combinazione delle promozioni che si applica alle vendite di una unità di vendita in un giorno in un negozio

17 maggio 2005

Data Warehousing

147

## Dimensioni supplementari

- Promozione è una **dimensione supplementare**, nel senso che per ogni possibile combinazione delle dimensioni primarie è univoca la scelta del valore per questa dimensione
  - ovvero, la promozione dipende funzionalmente dalla data, dal prodotto e dal negozio
- Se una dimensione supplementare non fosse conforme alla grana della tabella fatti (richiedendo maggior dettaglio nei dati) allora la scelta della grana dovrebbe essere corretta (e la dimensione potrebbe essere primaria)
  - promozione sarebbe una dimensione primaria se ogni membro della dimensione rappresentasse una combinazione delle promozioni che è stata effettivamente applicata a una vendita

17 maggio 2005

Data Warehousing

148

## Scelta delle dimensioni

- Altre ipotetiche dimensioni supplementari (non scelte perché non accessibili dalle sorgenti informative a disposizione)
  - il fornitore che ha fornito il prodotto al negozio
  - il responsabile delle vendite nel negozio nel giorno

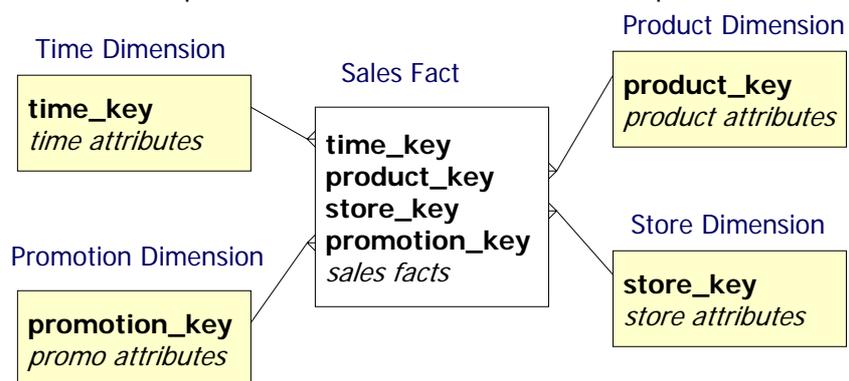
17 maggio 2005

Data Warehousing

149

## Schema dimensionale

- Versione preliminare dello schema dimensionale per le vendite



- la scelta degli attributi delle dimensioni verrà fatta più avanti

17 maggio 2005

Data Warehousing

150

## Scelta dei fatti

- Le misure disponibili relativamente alle vendite giornaliere dei prodotti (per unità di vendita per negozio per promozione per giorno) sono
  - incasso totale in dollari (**dollar\_sales**)
  - numero totale di unità vendute (**units\_sales**)
  - costo totale in dollari (**dollar\_cost**)
    - relativa al prodotto consegnato dal fornitore al negozio
  - numero di clienti (**customer\_count**)
    - che hanno acquistato il prodotto (SKU)
      - calcolato contando il numero di scontrini in cui è presente l'unità di vendita

17 maggio 2005

Data Warehousing

151

## Disponibilità dei fatti

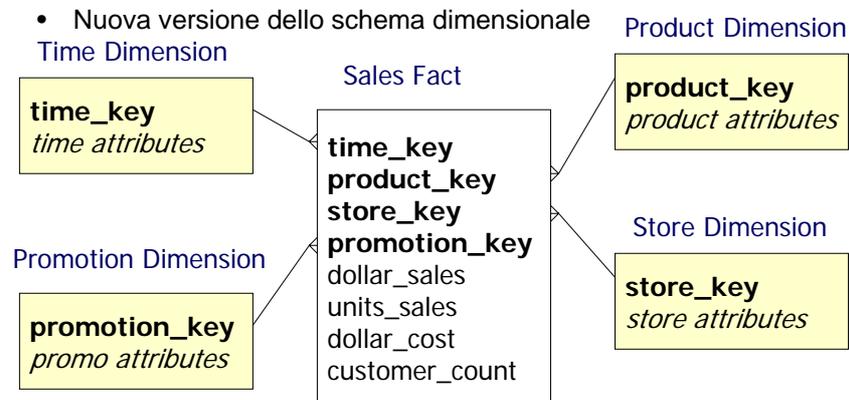
- Le misure relative alle vendite sono ottenute dai POS
  - i POS permettono di esportare tutti i dati relativi agli scontrini emessi giornalmente
  - questi dati possono essere elaborati per fornire le informazioni relative ai fatti scelti alla grana scelta

17 maggio 2005

Data Warehousing

152

## Schema dimensionale



17 maggio 2005

Data Warehousing

153

## Stima della taglia dei dati

- Alcune stime relative alla quantità di dati
  - il numero complessivo di voci nelle transazioni individuali può essere calcolato conoscendo l'incasso complessivo della catena ( $\$4 \cdot 10^9$  per anno) e il costo medio della voce di vendita ( $\$2$ )
    - ci sono  $2 \cdot 10^9$  voci nelle transazioni individuali
  - le voci nelle transazioni individuali giornaliere per negozio sono  $2 \cdot 10^9 / (365 \cdot 500) = 11.000$  circa
  - ogni negozio offre 30.000 SKU, e ne vende giornalmente 3.000
    - il trasferimento dei dati dai negozi al data warehouse deve preferibilmente riguardare dati pre-elaborati

17 maggio 2005

Data Warehousing

154

## Occupazione di memoria della tabella fatti

- Stima dell'occupazione di memoria della tabella fatti
  - ipotesi
    - la chiave delle tabelle dimensione è un intero
      - di 4 byte per tempo, prodotto e promozione
      - di 2 byte per negozio
    - i quattro campi chiave della tabella fatti occupano 14 byte
    - ogni fatto è rappresentato da un intero di 4 byte
  - ogni record della tabella fatti occupa 30 byte
  - la tabella fatti contiene  $500 \cdot 3.000 \cdot 365 = 547.500.000$  record per anno
  - se vengono mantenuti dati storici relativi a due anni, l'occupazione di memoria della tabella fatti è di circa 30GB (di spazio primario)

17 maggio 2005

Data Warehousing

155

## La dimensione tempo

- La dimensione tempo (nel caso in esame) descrive i giorni di un intervallo temporale di interesse
  - i membri della dimensione tempo sono i giorni dell'intervallo di interesse
- La dimensione tempo è presente nella maggior parte degli schemi dimensionali, e praticamente in tutti i data warehouse
  - la realizzazione di una tabella dimensione per il tempo è semplice
    - può essere facilmente pre-calcolata
    - i giorni per dieci anni sono poco più di 3.650

17 maggio 2005

Data Warehousing

156

## La dimensione tempo

- È necessaria una tabella dimensione tempo esplicita? Non potrebbe essere invece usato un campo di tipo data?
  - in alcuni (rari) casi, l'uso di un campo di tipo data è una scelta sufficiente
    - ma non c'è solitamente nessun vantaggio evidente per questa scelta
  - i vantaggi di avere una tabella dimensione tempo esplicita comprendono
    - la possibilità di distinguere tra giorni feriali, festivi e prefestivi, di considerare sia intervalli temporali solari che fiscali, di tenere conto delle stagioni di vendita, di eventi (ad esempio, la finale del Super Bowl) e altro

17 maggio 2005

Data Warehousing

157

## Chiave e attributi della dimensione tempo

- **time\_key** è la chiave, un numero intero
- **date** è la data del giorno (ad esempio, 25 ottobre 2000)
- **year** è l'anno (2000)
- **month** è il mese (ottobre 2000)
- **quarter** è il numero del trimestre (4)
- **fiscal\_period** è il periodo fiscale (4Q-2000)
- **day\_of\_week** è il giorno della settimana ("mercoledì")
  - utile, ad esempio, per confrontare le vendite dei mercoledì rispetto ai venerdì
- **day\_number\_in\_month** è il giorno nel mese (25)
  - per confrontare le vendite negli stessi giorni in mesi diversi

17 maggio 2005

Data Warehousing

158

## Chiave e attributi della dimensione tempo

- **day\_number\_overall** assegna una numerazione consecutiva a tutti i giorni di interesse
  - utile per calcoli aritmetici sulle date
- **week\_number\_in\_year**, **week\_number\_overall**, **month\_number**, **month\_number\_overall** hanno un significato analogo
- **last\_day\_in\_month\_flag** permette di selezionare l'ultimo giorno di ciascun mese
- **holiday\_flag** permette di selezionare i giorni feriali/festivi
- **weekday\_flag** permette di selezionare i giorni lavorativi

17 maggio 2005

Data Warehousing

159

## Chiave e attributi della dimensione tempo

- **season** è la "stagione di vendita"
  - ad esempio, Natale, Pasqua, San Valentino, nessuna stagione, ...
    - è importante scegliere valori "concreti" (come "nessuna stagione") anche per rappresentare valori apparentemente nulli
    - i valori nulli vanno evitati
  - **event**, simile a **season**, è associata a eventi speciali
    - ad esempio, finale del Super Bowl, Hurricane Hugo
  - altri attributi
- La dimensione tempo non comprende eventi promozionali
  - non dipendono solo dal calendario
  - sono gestiti mediante la dimensione promozione

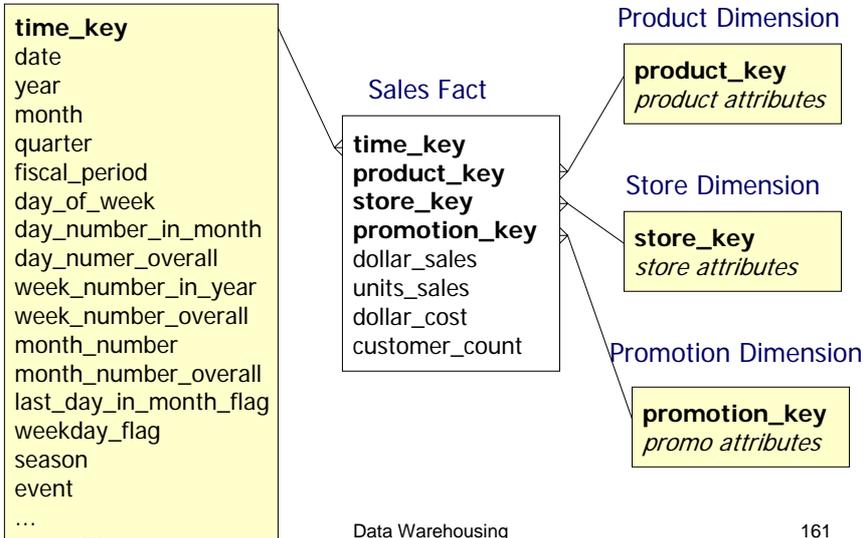
17 maggio 2005

Data Warehousing

160

## La dimensione tempo

### Time Dimension



Data Warehousing

161

## La dimensione prodotto

- La dimensione prodotto descrive le unità di vendita (SKU) della catena di negozi
  - i dati per la dimensione prodotto sono solitamente estratti dal file principale dei prodotti usati per i sistemi POS
    - gestito dalla direzione e trasferito frequentemente dalla direzione ai POS
  - è responsabilità della direzione recepire i nuovi UPC e creare dei nuovi record nel file principale dei prodotti
    - ad ogni nuovo UPC deve essere assegnato un numero di SKU univoco
    - la direzione assegna anche i numeri di SKU per i prodotti “locali”
  - la tabella dimensione per i prodotti deve essere aggiornata in seguito a modifiche nel file dei prodotti

17 maggio 2005

Data Warehousing

162

## Attributi dei prodotti

- Il file principale dei prodotti contiene molti attributi descrittivi per ciascuna SKU
  - ad esempio, la gerarchia delle merci (merchandise hierarchy)
    - le **SKU** si raggruppano (roll up) per dimensioni delle confezioni (**package\_size**)
    - le dimensioni delle confezioni si raggruppano in marche (**brand**)
    - le marche si raggruppano in sotto-categorie (**subcategory**)
    - le sottocategorie si raggruppano in categorie (**category**)
    - le categorie si raggruppano in reparti (**department**)

17 maggio 2005

Data Warehousing

163

## Attributi dei prodotti

- Ad esempio
  - **SKU**: Green 3-pack Brawny Paper Towels, UPC #...
  - **package\_size**: 3-pack
  - **brand**: Brawny
  - **subcategory**: paper towels
  - **category**: paper
  - **department**: grocery

17 maggio 2005

Data Warehousing

164

## Attributi dei prodotti

- Altri attributi non fanno parte della gerarchia delle merci
  - numero di SKU
  - tipo della confezione
  - prodotto dietetico
  - peso (numerico) e unità di misura del peso
  - colore
  - unità per confezione venduta, unità per confezione spedita
  - dimensioni (larghezza, altezza, profondità)
  - molti altri...
    - la dimensione prodotto ha solitamente 50 o più attributi, che possono essere utilmente usati nelle interrogazioni come criteri di selezione e/o di raggruppamento

17 maggio 2005

Data Warehousing

165

## La dimensione negozio

- La dimensione negozio descrive i negozi della catena
  - i dati relativi ai negozi possono provenire da un foglio elettronico e/o da altre sorgenti informative
- La dimensione negozio è una dimensione essenzialmente geografica
  - ogni negozio occupa un punto nello spazio
  - i negozi possono essere raggruppati rispetto a ogni possibile geografia
    - ad esempio (negli Stati Uniti) per zip code, città, contea, stato
    - ma anche per distretto di vendita e regione di vendita (nozioni relative alla struttura organizzativa della catena)

17 maggio 2005

Data Warehousing

166

## Attributi dei negozi

- nome, numero (codice nella catena), indirizzo, telefono, direttore, ...
- attributi geografici
  - zip code, città, contea, stato
  - distretto e regione di vendita
- informazioni su servizi supplementari
  - stampa foto, servizi finanziari, ...
- aree
  - area del negozio (in sqft), area del reparto surgelati, ...
- date
  - data prima apertura, ultima ristrutturazione, ...
    - rappresentati da date o da riferimenti a sinonimi della tabella dimensione tempo

– altri attributi  
17 maggio 2005

Data Warehousing

167

## Nomi degli attributi

- I nomi degli attributi devono essere il più possibile descrittivi e non ambigui
  - ad esempio, negli schemi dimensionali sono solitamente presenti più dimensioni geografiche
    - come negozio, magazzino, cliente
    - ha senso di parlare della città in cui si trova il negozio o il magazzino, della città di residenza e di nascita del cliente
    - tali attributi (anche se in diverse tabelle)
      - non devono semplicemente chiamarsi **city**
      - ma devono chiamarsi **store\_city**, **warehouse\_city**, **customer\_home\_city**, **customer\_born\_city**
  - inoltre, tutti i termini usati negli schemi devono essere opportunamente descritti in un glossario

17 maggio 2005

Data Warehousing

168

## Attributo o fatto?

- Campi come le aree dei negozi sono numerici e additivi (attraverso i negozi)
  - gli attributi sono solitamente descrittivi
- I dati sulle aree dei negozi devono essere rappresentati come fatti?
  - no, perché sono solitamente invarianti nel tempo
    - i fatti interessanti variano al variare delle dimensioni da cui dipendono
  - semmai, potrebbe essere utile introdurre degli ulteriori campi per categorizzare (ovvero, discretizzare) questi valori numerici
    - come piccolo, medio, grande, molto grande, oppure per fasce di aree

17 maggio 2005

Data Warehousing

169

## La dimensione promozione

- La dimensione promozione descrive ogni possibile promozione che si applica alla vendita dei prodotti
  - ad esempio, riduzioni temporanee di prezzi, esposizione alla fine dei corridoi, pubblicità sui giornali, buoni sconto, ...
  - la dimensione promozione non descrive la promozione effettivamente applicata alla vendita
- La dimensione promozione è una dimensione causale (non casuale)
  - descrive fattori che sono la causa di potenziali cambiamenti (nelle abitudini dei clienti)
  - la dimensione promozione è la dimensione potenzialmente più interessante del nostro schema dimensionale

17 maggio 2005

Data Warehousing

170

## Effetti delle promozioni

- Alcuni possibili effetti delle promozioni
  - aumenti della vendita dei prodotti in promozione
    - misurabili solo se sono noti i livelli base di vendita (senza la promozione)
      - i livelli base di vendita possono essere stimati dalle vendite precedenti e sulla base di modelli matematici sofisticati
  - diminuzione della vendita al termine della promozione
  - riduzione della vendita di altri prodotti
  - aumento complessivo della vendita, considerando il periodo della promozione e periodi immediatamente precedenti e/o successivi
  - profittabilità della promozione
    - tiene conto dei diversi aspetti

17 maggio 2005

Data Warehousing

171

## Promozioni

- Le diverse modalità di promozione possono essere applicate contemporaneamente
  - ad esempio, riduzione temporanea del prezzo, pubblicità sui giornali e esposizione alla fine dei corridoi
  - ogni record della tabella dimensione delle promozioni descrive una possibile combinazione delle modalità di promozione
    - anche se in un anno ci possono essere 1.000 pubblicità sui giornali, 1.000 riduzioni temporanee dei prezzi e 200 esposizioni alla fine dei corridoi, le combinazioni effettive sono solitamente limitate (ad esempio, 5.000)

17 maggio 2005

Data Warehousing

172

## Promozioni

- ciascuna particolare promozione può essere applicata diversamente nei diversi negozi
  - ad esempio, in alcuni negozi può essere impossibile effettuare le esposizioni alla fine dei corridoi
  - in questo caso, la promozione è rappresentata da due record
    - riduzione, pubblicità e esposizione
    - riduzione e pubblicità

17 maggio 2005

Data Warehousing

173

## Attributi delle promozioni

- nome della promozione
- tipo della riduzione di prezzo
  - ad esempio, buono sconto, temporanea, nessuno
- tipo della pubblicità
  - ad esempio, giornale, radio, giornale e radio, posta
- media della pubblicità
- tipo dell'esposizione
- tipo del buono sconto
- costo della promozione
- date di inizio e fine della promozione
- altri attributi

17 maggio 2005

Data Warehousing

174

## Una dimensione o più dimensioni?

- Le promozioni sono basate su quattro meccanismi causali
  - riduzione di prezzo, pubblicità, esposizione, buoni sconto
- La promozione è una sola dimensione
  - o deve essere rappresentata da quattro diverse dimensioni?
  - la decomposizione in quattro dimensioni è possibile
    - dipende dai requisiti e dalle esigenze di analisi dell'utente finale
    - se l'utente pensa separatamente (indipendentemente) a questi quattro meccanismi, allora è forse opportuno definire quattro diverse dimensioni

17 maggio 2005

Data Warehousing

175

## Tabelle fatti senza fatti

- Lo schema dimensionale che è stato costruito è in grado di rispondere a molte interrogazioni
  - tuttavia, non è in grado di calcolare i prodotti in promozione che non sono stati venduti
    - più avanti sarà studiata una tecnica (tabelle fatti senza fatti) per poter gestire anche questo tipo di informazioni

17 maggio 2005

Data Warehousing

176

## Additività dei fatti

- Lo schema dimensionale della catena di negozi memorizza i seguenti fatti relativi alle vendite
  - incasso totale in dollari (`dollar_sales`), numero totale di unità vendute (`units_sales`), costo totale in dollari (`dollar_cost`), numero di clienti (`customer_count`)
    - i primi tre fatti sono additivi rispetto a tutte le dimensioni

17 maggio 2005

Data Warehousing

177

## Fatti calcolati e additività

- Il profitto lordo (per unità di vendita, giorno e negozio) può essere calcolato sottraendo il costo totale dall'incasso totale
  - anche questo fatto, calcolato, è additivo rispetto a tutte le dimensioni
- Il margine lordo è calcolato dividendo il profitto lordo per l'incasso totale
  - per ogni possibile aggregazione, il margine lordo può essere calcolato prima sommando tutti gli incassi e i costi e poi dividendo
    - alcuni fatti non additivi (calcolati da fatti additivi) possono essere aggregati ricordandosi di distribuire correttamente le operazioni

17 maggio 2005

Data Warehousing

178

## Fatti non additivi

- Il numero di clienti è un fatto semi-additivo
  - non è additivo rispetto alla dimensione prodotto
    - se un prodotto A è stato acquistato da 20 clienti e un prodotto B da 30 clienti, quanti clienti hanno comprato A o B?
  - tuttavia, è additivo rispetto alle altre dimensioni
- I conteggi sono solitamente fatti semi-additivi
  - possono essere sommati correttamente restringendo le chiavi nelle dimensioni in cui non sono additivi a valori singoli

17 maggio 2005

Data Warehousing

179

## Fatti non additivi

- Se la promozione indicasse la combinazione di promozioni effettivamente applicata alla vendita, allora il numero di clienti non sarebbe completamente additivo rispetto alle promozioni
  - perché un cliente potrebbe comprare, in una stessa transazione, una unità di vendita con un buono sconto e la stessa unità di vendita senza buono sconto
    - se questa situazione è considerata infrequente, può essere trascurata
    - se invece è frequente e vuole essere analizzata, la dimensione “buono sconto” deve essere scorporata dalla dimensione promozione

17 maggio 2005

Data Warehousing

180



17 maggio 2005

Data Warehousing

181

## Studi di caso

- Vendite
- **Inventario**
- Catena del valore

17 maggio 2005

Data Warehousing

182

## Modelli di inventario

- Vengono ora studiati i possibili schemi dimensionali che possono essere adottati nel caso di una catena di magazzini di cui si vogliono analizzare i livelli di inventario dei prodotti
  - nel caso della catena di negozi alimentari sono stati rappresentati flussi di prodotti
    - sono stati misurati i prodotti effettivamente venduti
    - i flussi sono solitamente additivi (perché una volta “usciti” non possono essere contati nuovamente)
  - nel caso dei magazzini è interessante rappresentare i livelli di inventario dei prodotti
    - sono possibili diversi modelli di rappresentazione dei livelli di inventario

17 maggio 2005

Data Warehousing

183

## Livelli di inventario e additività

- I livelli di inventario rappresentano delle istantanee (snapshot) di livelli
  - ad esempio, la disponibilità di un prodotto nel magazzino
  - hanno natura simile a saldi e bilanci economici, e a misure di intensità come la temperatura
- Caratteristiche dei livelli di inventario
  - non sono additivi rispetto al tempo
    - ma sono additivi rispetto ad altre dimensioni
  - guardando solo ai livelli di inventario in due istanti di tempo non è possibile determinare l'effettivo flusso tra i due istanti

17 maggio 2005

Data Warehousing

184

## Livelli di inventario e semi additività

- I livelli di inventario possono essere aggregati (nel tempo) rispetto ad alcune operazioni diverse dalla somma
  - ad esempio, media e massimo
  - le medie però devono essere effettuate rispetto ai periodi di tempo
    - la funzione aggregativa AVG di SQL potrebbe aggregare in modo non corretto
    - ad esempio, il livello totale giornaliero medio di un prodotto in un'area geografica che contiene 4 magazzini in una settimana (ovvero, la media giornaliera del livello totale del prodotto nei magazzini) può essere calcolata
      - prima sommando i  $4 \cdot 7 = 28$  dati
      - e poi dividendo per 7 (e non per 28)

17 maggio 2005

Data Warehousing

185

## Modelli di inventario

- Esistono tre diversi modelli di inventario
  - modello ad **istantanee (inventory snapshot)**
    - i livelli di inventario sono misurati periodicamente (ad esempio, giornalmente)
      - un record per prodotto, magazzino, unità di tempo
  - modello per **stato delle consegne (delivery status)**
    - viene gestito lo stato di ciascuna consegna di prodotto derivante da un ordine
      - un record per prodotto, magazzino, ordine
      - il record viene aggiornato a fronte di consegne in ingresso e uscita del prodotto dal magazzino
    - possibile solo se prodotti identici relativi a ordini diversi sono distinguibili

17 maggio 2005

Data Warehousing

186

## Modelli di inventario

- modello a **transazioni (transaction)**
  - vengono misurate tutte le modifiche dei livelli
    - un record per prodotto, magazzino, transazione
- Ciascuno dei tre modelli supporta diverse modalità di analisi
  - in pratica, il data mart di un processo di inventario può utilizzare contemporaneamente anche due o tutti e tre i modelli di inventario, mediante uno schema dimensionale per ciascun modello utilizzato

17 maggio 2005

Data Warehousing

187

## Il modello inventory snapshot

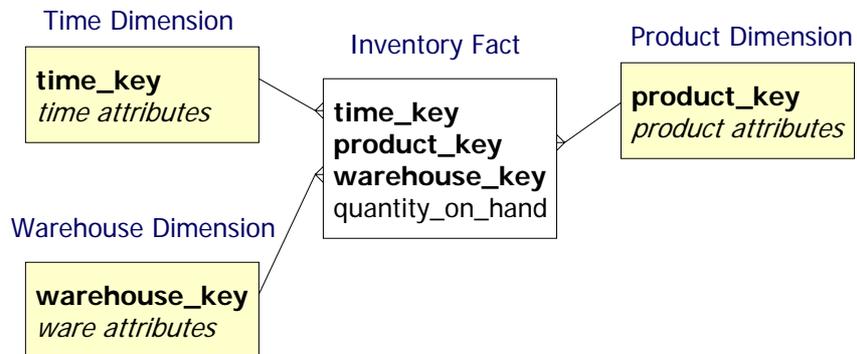
- Il modello di inventario ad istantanee prevede solitamente tre dimensioni primarie
  - tempo, prodotto e magazzino
    - in casi più generali, i magazzini sono associati ai negozi e/o ai clienti, e bisogna rappresentare anche tali dimensioni
    - inoltre, gli inventari non sono correlati con le promozioni (né è solitamente possibile farlo)
    - una possibile ulteriore dimensione è il fornitore
      - se è possibile distinguere tra prodotti identici consegnati da fornitori diversi
- Prevede inoltre solo un singolo fatto misurabile
  - la quantità disponibile (quantity\_on\_hand)

17 maggio 2005

Data Warehousing

188

## Schema dimensionale per inventory snapshot



17 maggio 2005

Data Warehousing

189

## Un possibile uso di inventory snapshot

- Se ci sono molti prodotti e magazzini e i livelli di inventario sono misurati frequentemente (giornalmente) è possibile applicare questo modello a dei casi concreti interessanti
  - ad esempio, i magazzini possono essere dei negozi, e il livello di inventario può essere il livello del prodotto sullo scaffale (alla chiusura)

17 maggio 2005

Data Warehousing

190

## Caratteristiche di inventory snapshot

- Rispetto al data mart delle vendite, il data mart dell'inventario ad istantanee è **denso** (non è sparso)
  - per ogni giorno, magazzino e prodotto c'è un fatto (record) da misurare
  - nel caso di una catena di negozi con 100.000 prodotti in 2.000 negozi ci sono  $100.000 \cdot 2.000 \cdot 365 = 73.000.000.000$  record per anno
    - con un record di 14 byte richiede oltre 1TB di spazio primario (per ciascun anno accumulato)
  - spesso è necessario un compromesso
    - ad esempio, dati giornalieri per l'ultimo mese, settimanali per gli undici mesi precedenti, mensili per eventuali anni precedenti
      - per avere tre anni di dati storici bisogna memorizzare circa 100 snapshot anziché 1.100

17 maggio 2005

Data Warehousing

191

## Limiti di inventory snapshot

- Il modello di inventario ad istantanee è basato sulla sequenza temporale di livelli di inventario dei prodotti individuali
  - non permette di calcolare alcune metriche di processo interessanti, come
    - velocità di rotazione
    - giorni di approvvigionamento
    - margine lordo di ritorno sull'inventario (**GMROI**)
  - GMROI è una metrica standard adottata dagli analisti degli inventari per giudicare la qualità dell'investimento in giacenze di prodotti
    - è una misura combinata della velocità di rotazione e del margine lordo sulle vendite

17 maggio 2005

Data Warehousing

192

## Advanced inventory snapshot

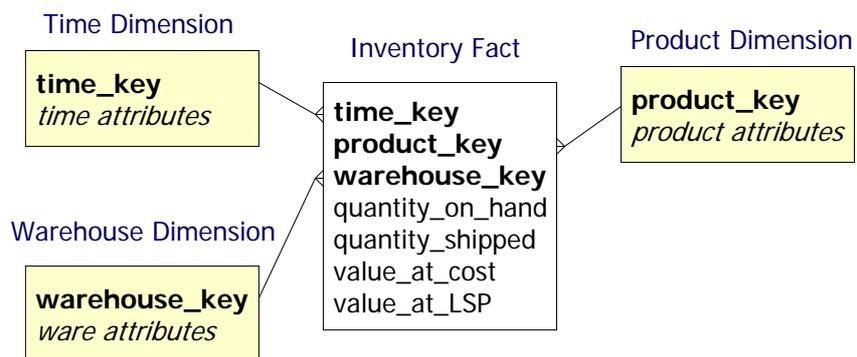
- Una variante dell'inventario ad istantanee (che permette di calcolare le misure descritte precedentemente) è il modello di **inventario ad istantanee avanzato (advanced inventory snapshot)**
  - che si ottiene rappresentando anche i seguenti fatti
    - quantità spedita (**quantity\_shipped**) o consumata o venduta
    - valore del costo (**value\_at\_cost**) (per unità di prodotto)
    - valore della vendita (**value\_at\_LSP**) (all'ultimo prezzo di vendita)

17 maggio 2005

Data Warehousing

193

## Advanced inventory snapshot



17 maggio 2005

Data Warehousing

194

## Analisi con advanced inventory snapshot

- numero di rotazioni giornaliere
  - $\text{quantity\_shipped} / \text{quantity\_on\_hand}$
- numero medio di rotazioni giornaliere
  - somma di  $\text{quantity\_shipped} /$  media giornaliera di  $\text{quantity\_on\_hand}$
- numero medio di giorni di approvvigionamento
  - valore finale di  $\text{quantity\_on\_hand} /$  media di  $\text{quantity\_shipped}$
- profitto lordo (per unità di prodotto)
  - $\text{value\_at\_LSP} - \text{value\_at\_cost}$
- GMROI
  - (somma di  $\text{quantity\_shipped}$ ) \* ( $\text{value\_at\_LSP} - \text{value\_at\_cost}$ ) diviso (media giornaliera di  $\text{quantity\_on\_hand}$ ) \* ( $\text{value\_at\_LSP}$ )

17 maggio 2005

Data Warehousing

195

## Additività

- Malgrado la quantità disponibile sia semi additiva, la quantità spedita, il valore del costo e il valore della vendita sono fatti additivi
  - il GMROI non è additivo
    - il GMROI è una misura che deve essere calcolata, mentre non è utile memorizzarla (materializzarla) nella tabella fatti
  - il profitto lordo può essere definito come attributo calcolato mediante la definizione di una vista sulla tabella fatti
    - i calcoli intra-record possono essere calcolati in modo molto efficiente

17 maggio 2005

Data Warehousing

196

## Il modello delivery status

- Nel modello di inventario per stato delle consegne viene memorizzato un record per ciascun ordine di prodotto di un magazzino
  - ogni record nella tabella fatti corrisponde a una voce su un ordine di acquisto
  - questo modello è utile quando ciascuna consegna è relativa a una quantità grande di un prodotto, che viene via via consumata dal magazzino
    - in questo caso, ha senso mantenere traccia di una serie eventi di ben definiti, dalla consegna all'esaurimento della merce
    - non è appropriato se i prodotti arrivano con un flusso continuo e in diverse consegne (prima di esaurirsi)

17 maggio 2005

Data Warehousing

197

## Attività nel magazzino

- Un magazzino che viene rappresentato con il modello per stato delle consegne, le merci attraversano tipicamente le seguenti fasi
  - sequenza normale di fasi (in ordine)
    - ricezione, ispezione, collocamento nel magazzino, autorizzazione alla vendita, ritiro dal magazzino, imballaggio, consegna
  - fasi eccezionali
    - ispezione fallita, restituzione al fornitore, danneggiamento, perdita, restituzione dal cliente, restituzione al magazzino, cancellazione, rimborso
- La tabella fatti deve memorizzare informazioni aggiornate sullo stato dei prodotti

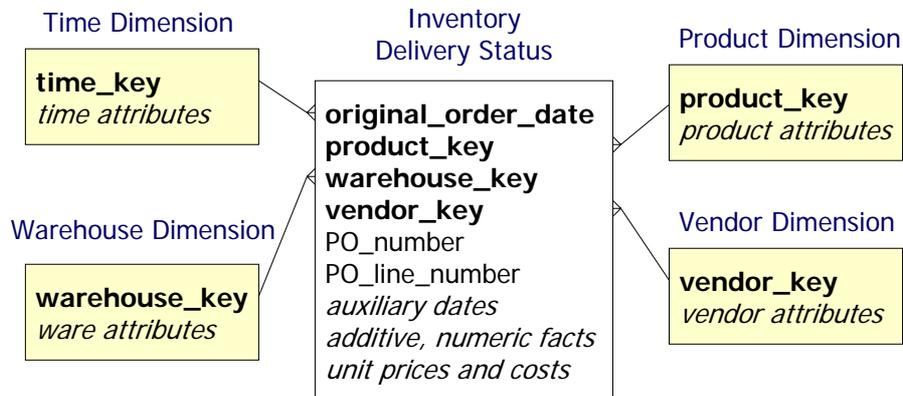
17 maggio 2005

Data Warehousing

198

potrebbe essere anche aggiornata più volte nello stesso giorno

## Schema dimensionale per delivery status



17 maggio 2005

Data Warehousing

199

## Dimensioni degeneri

- I campi numero dell'ordine di acquisto (**PO\_number**) e numero di linea nell'ordine di acquisto (**PO\_line\_number**) formano, insieme, una dimensione
  - tuttavia, lo schema dimensionale non contiene nessuna "dimensione voce di ordine"
    - una dimensione la cui chiave è presente nella tabella fatti ma non è rappresentata da una tabella dimensione è chiamata una **dimensione degenera**

17 maggio 2005

Data Warehousing

200

## Dimensioni degeneri

- Il numero dell'ordine di acquisto sarebbe la chiave in una tabella degli ordini
  - che memorizza informazioni complessive circa i singoli ordini, come il venditore, la data dell'ordine e il magazzino di destinazione
  - queste informazioni sono già rappresentate nello schema dimensionale da altre dimensioni e/o fatti
- È utile rappresentare dei dati come dimensioni degeneri
  - quando la loro grana corrisponde a quella della tabella fatti
  - e la loro utilità si limita al poter raggruppare direttamente i fatti
    - ad esempio, per ordine d'acquisto

17 maggio 2005

Data Warehousing

201

## Campi data ausiliari

- Se una tabella fatti viene usata per rappresentare la traccia dello stato di una entità, allora solitamente contiene molti campi data
  - per memorizzare gli istanti in cui avvengono cambiamenti di stato interessanti
  - c'è solitamente una data primaria
    - la data dell'ordine (**original\_order\_date**)
  - altre date (ad esempio, della prima e dell'ultima consegna) sono usate per differenza per misurare la durata delle attività nel magazzino
    - dalla differenza di due date si ottiene un numero (di giorni) di cui può essere calcolata la media rispetto a tutte le dimensioni
    - queste differenze sono misure calcolate che possono essere definite da una vista

17 maggio 2005

Data Warehousing

202

## Campi data ausiliari

- Campi data ausiliari (oltre a **original\_order\_date**)
  - **first\_received\_date**
  - **last\_received\_date**
  - **first\_inspect\_date**
  - **first\_auth\_to\_sell\_date**
  - **first\_shipment\_date**
  - **last\_shipment\_date**
  - **last\_return\_date**

17 maggio 2005

Data Warehousing

203

## Fatti

- Fatti (numerici e additivi) nella tabella fatti
  - **qty\_received**
  - **qty\_inspected**
  - **qty\_returned\_to\_vend**
  - **qty\_placed\_in\_inv**
  - **qty\_auth\_to\_sell**
  - **qty\_picked**
  - **qty\_boxed**
  - **qty\_shipped**
  - **qty\_returned\_by\_cust**
  - **qty\_returned\_to\_inv**
  - **qty\_damaged**
  - **qty\_lost**
  - **qty\_written\_off**

17 maggio 2005

Data Warehousing

204

## Prezzi e costi unitari

- I rimanenti quattro fatti sono relativi a prezzi e costi per unità di prodotto
  - **unit\_cost, orig\_selling\_price, last\_selling\_price, avg\_selling\_price**
- Prezzi e costi unitari non sono additivi
  - tuttavia, è conveniente memorizzare questi 4 dati come dati unitari, perché è possibile combinarli con i 13 fatti numerici in ogni modo
    - sarebbero altrimenti necessari 52 campi
  - i totali di interesse possono essere definiti come fatti calcolati mediante una vista
- In generale, fatti non additivi possono essere preferiti a fatti additivi se questi fatti additivi possono poi essere calcolati mediante calcoli intra-record

17 maggio 2005

Data Warehousing

205

## Il modello transaction

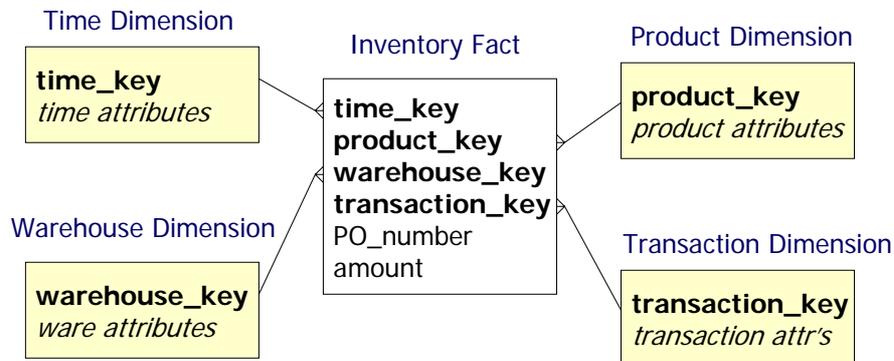
- Nel modello di inventario per transazioni viene memorizzato un record per ciascuna transazione che modifica lo stato dell'inventario
  - ogni record nella tabella fatti corrisponde a una transazione in un magazzino
  - le transazioni possibili comprendono
    - ricezione (della voce di un linea d'ordine), collocamento per l'ispezione, rilascio da ispezione, collocamento nel magazzino, autorizzazione alla vendita, imballaggio, consegna, ...
    - ispezione fallita (con ragione), restituzione al fornitore (con ragione), danneggiamento, perdita, restituzione dal cliente (con ragione), ...
  - ciascuna transazione è relativa a una certa quantità di prodotto

17 maggio 2005

Data Warehousing

206

## Schema dimensionale per transaction



17 maggio 2005

Data Warehousing

207

## Schema dimensionale per transaction

- La dimensione transazione ha un record per ciascun possibile tipo di transazione (con ogni possibile "ragione", per le transazioni con ragione)
  - il numero di tipologie di transazioni possibili (con ragioni) è comunque piccolo (centinaia)
- Il singolo fatto quantità (**amount**) è tipico delle tabelle fatti con grana delle transazioni individuali
  - lo scopo di ogni transazione è tipicamente quello di muovere una quantità di qualcosa
  - in generale, le tabelle fatti con questa grana
    - hanno un singolo fatto, quantità
    - il contesto della transazione è rappresentato da dimensioni (e non da fatti)
    - possono essere presenti dimensioni degeneri

17 maggio 2005

Data Warehousing

208

## Uso del modello transaction

- Nel modello di inventario per transazioni viene rappresentato il massimo livello di dettaglio possibile per un inventario
  - è però difficile da usare direttamente per fini di analisi
    - ad esempio, per conoscere i livelli di inventario in una certa data è necessario conoscere i livelli di inventario in una data iniziale ed elaborare tutti i record relativi a transazioni dalla data iniziale alla data di interesse
  - per questo motivo, il modello per transazioni è spesso accompagnato da una rappresentazione dell'inventario basata su qualche modello ad istantanea
    - il data mart dell'inventario è in questo caso composto da più schemi dimensionali

17 maggio 2005

Data Warehousing

209

## Studi di caso

- Vendite
- Inventario
- **Catena del valore**

17 maggio 2005

Data Warehousing

210

## Catena del valore

- Sono stati finora studiati separatamente alcuni processi che possono essere inquadrati in un contesto più ampio
  - il processo che segue il progresso del prodotto
    - dalla produzione alla vendita
    - attraverso delle fasi intermedie che formano la **catena del valore** del prodotto
  - è importante comprendere come le diverse fasi intermedie contribuiscano individualmente al valore complessivo del prodotto
- Due tipologie di catene del valore
  - dal lato della domanda
    - dal magazzino alla vendita
  - dal lato della produzione
    - dal materiale grezzo al magazzino

17 maggio 2005

Data Warehousing

211

## Catena del valore della domanda

- Uno scenario tipico legato alla domanda dei prodotti è rappresentato da sei schemi dimensionali, ordinati dal punto in cui il prodotto ha origine al punto in cui viene venduto all'utente finale
  - magazzino dei prodotti finiti (inventario)
  - spedizione al centro di distribuzione (flusso)
  - magazzino del centro di distribuzione (inventario)
  - spedizione ai negozi di vendita (flusso)
  - magazzino dei negozi di vendita (inventario)
  - vendita al dettaglio (flusso)
- Il prodotto si muove sequenzialmente attraverso la sua catena del valore, attraverso fasi che sono alternativamente di inventario e di flusso

17 maggio 2005

Data Warehousing

212

## Dimensionalità delle fasi nella domanda

- Magazzino dei prodotti finiti (inventario)
  - tempo, prodotto (SKU), magazzino
- Spedizione al centro di distribuzione (flusso)
  - tempo, prodotto (SKU), magazzino, centro di distribuzione, contratto (o accordo commerciale o promozione), modalità di consegna (compreso il vettore)
- Magazzino del centro di distribuzione (inventario)
  - tempo, prodotto (SKU), centro di distribuzione

17 maggio 2005

Data Warehousing

213

## Dimensionalità delle fasi nella domanda

- Spedizione ai negozi di vendita (flusso)
  - tempo, prodotto (SKU), centro di distribuzione, negozio, contratto (o accordo commerciale o promozione), modalità di consegna (compreso il vettore)
- Magazzino dei negozi di vendita (inventario)
  - tempo, prodotto (SKU), negozio
- Vendita al dettaglio (flusso)
  - tempo, prodotto (SKU), negozio, promozione, cliente (se disponibile)

17 maggio 2005

Data Warehousing

214

## Drill across

- Gli schemi dimensionali condividono alcune dimensioni
  - ad esempio, la dimensione tempo è presente in tutti gli schemi, la dimensione negozio è presente negli ultimi tre schemi
- Se dimensioni che hanno lo stesso nome in più schemi dimensionali hanno anche lo stesso significato (intensionale ed estensionale) allora ha senso effettuare interrogazioni trasversali (**drill across**) tra i diversi schemi
  - che hanno lo scopo di comprendere il valore aggiunto da ciascuna fase nella catena del valore
    - ad esempio, per confrontare le vendite medie giornaliere dei prodotti con i livelli medi in inventario
  - i diversi schemi dimensionali formano un data mart

17 maggio 2005

Data Warehousing

215

## Dimensioni conformi

- Una **dimensione conforme** (o conformata, **conformed dimension**) è una dimensione che ha esattamente lo stesso significato in più schemi dimensionali
  - rispetto a ogni possibile tabella fatti con cui può essere correlata mediante una operazione di join
  - ad esempio, una dimensione è conforme se può essere rappresentata da tabelle identiche in schemi dimensionali diversi
- Un insieme di schemi dimensionali forma un data mart (e un insieme di data mart forma un data warehouse) se è stato costruito attorno a un insieme coerente e coordinato di dimensioni conformi
  - in questo caso, infatti, i dati dei diversi schemi dimensionali e data mart possono essere correlati in modo utile

17 maggio 2005

Data Warehousing

216

## Dimensioni con dettaglio ridotto

- Si consideri la seguente situazione
  - il magazzino dei prodotti finiti conosce alcune informazioni circa i prodotti (ad esempio, il lotto di produzione) che non sono note (o non possono essere raccolte) nella vendita nei negozi
  - in questo caso, la dimensione prodotto nel magazzino dei prodotti finiti può essere diversa da quella della vendita nei negozi
    - in particolare, può essere basata su una grana più fine
  - possono esistere diverse versioni della stessa dimensione
    - purché opportunamente costruite mediante operazioni di aggregazione (e, quindi, conformate)

17 maggio 2005

Data Warehousing

217

## Dimensioni con dettaglio ridotto

- Se sono presenti diverse versioni di una dimensione, a diversi livelli di dettaglio
  - sono possibili operazioni di drill across basate solo su attributi che esistono in tutte le versioni della dimensione (e hanno lo stesso significato)
    - “basate” significa che gli attributi usati per le selezioni e i raggruppamenti sono presenti in tutte le versioni interessate della dimensione
  - evidentemente, infatti, non è possibile fare analisi per il processo di vendita al livello di dettaglio del lotto di produzione
    - una interrogazione di questo tipo potrebbe essere “compilabile” ma fornire un risultato non corretto

17 maggio 2005

Data Warehousing

218

## Dimensioni derivate

- La possibilità di costruire tabelle fatti derivate mediante aggregazioni è fondamentale nelle applicazioni di data warehousing
  - nel caso di dimensioni con dettaglio ridotto, può essere utile costruire dimensioni conformate come tabelle derivate mediante aggregazioni
    - le dimensioni derivate devono contenere solo gli attributi significativi alla grana usata per l'aggregazione

17 maggio 2005

Data Warehousing

219

## Catena del valore della produzione

- Il processo di produzione riguarda l'acquisizione di parti (e materie grezze) e il loro montaggio in prodotti finiti
  - la catena del valore della produzione è profondamente diversa da quella della domanda
    - sia per quanto riguarda le analisi di interesse
    - sia per quanto riguarda i dati
  - ad esempio, la nozione di prodotto non esiste in tutte le fasi
  - inoltre, esiste una relazione multi-a-molti tra parti e prodotti, che non è solitamente possibile rappresentare in modo diretto

17 maggio 2005

Data Warehousing

220

## **Schemi dimensionali nella produzione**

- Ordinazione materiali
  - tempo, ingrediente (o parte), fornitore, accordo commerciale (o contratto)
- Consegna materiali
  - tempo, ingrediente (o parte), fornitore, stabilimento, modalità di consegna (compreso il vettore), accordo commerciale (o contratto)
- Magazzino materiali
  - tempo, ingrediente (o parte), stabilimento
- Monitoraggio dei processi produttivi
  - tempo, ingrediente (o parte), processo, stabilimento

17 maggio 2005

Data Warehousing

221

## **Schemi dimensionali nella produzione**

- Montaggio (bill of materials)
  - tempo, ingrediente (o parte), prodotto (SKU)
- Inventario prodotti finiti
  - tempo, prodotto (SKU), magazzino
- Programmazione della produzione
  - tempo, prodotto (SKU)

17 maggio 2005

Data Warehousing

222