Data Warehousing

Paolo Atzeni

(con materiale di Luca Cabibbo e Riccardo Torlone)

7 maggio 2012

Sommario

- Introduzione
  - Basi di dati integrate, sì, ma …
  - OLTP e OLAP
- Data warehouse e data warehousing
- Dati multidimensionali
- Progettazione di data warehouse
- Studi di caso

Base di dati

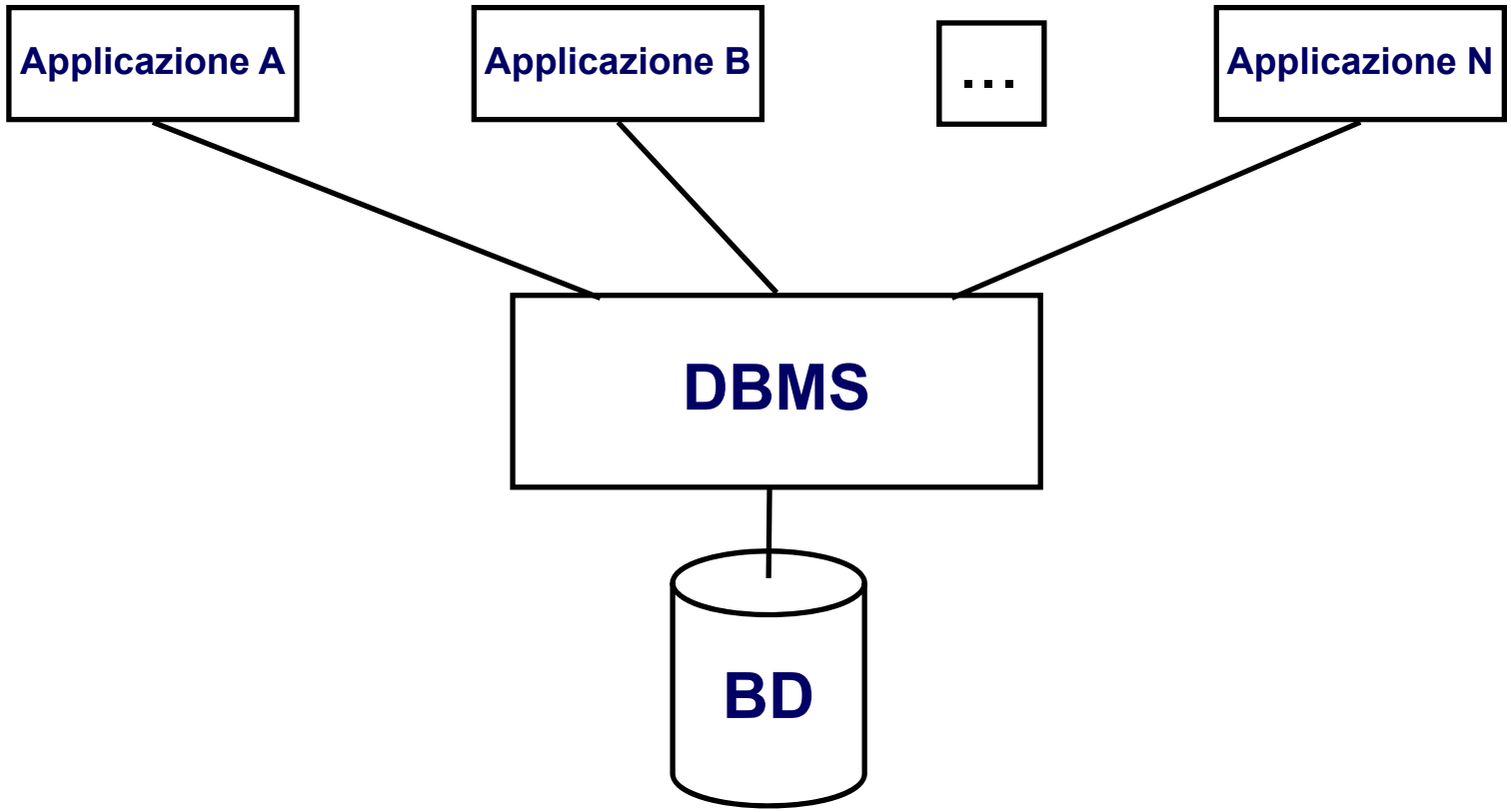
- “Collezione di dati **persistente** e **condivisa**, gestita in modo **efficace**, **efficiente** e **affidabile** (da un **DBMS**)”

- il concetto di base di dati nasce per rispondere alle esigenze di “gestione di una risorsa pregiata”, condivisa da più applicazioni

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 ...”

La base di dati “ideale”



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**

Risorse e Processi

- Risorsa
  - tutto ciò con cui l'organizzazione opera, sia materiale che immateriale, per perseguire i suoi obiettivi
    - le informazioni, i dati sono risorse
- Processo
  - l' insieme di attività (sequenze di decisioni e azioni) che l'organizzazione nel suo complesso svolge per gestire il ciclo di vita di una risorsa o di un gruppo omogeneo di risorse

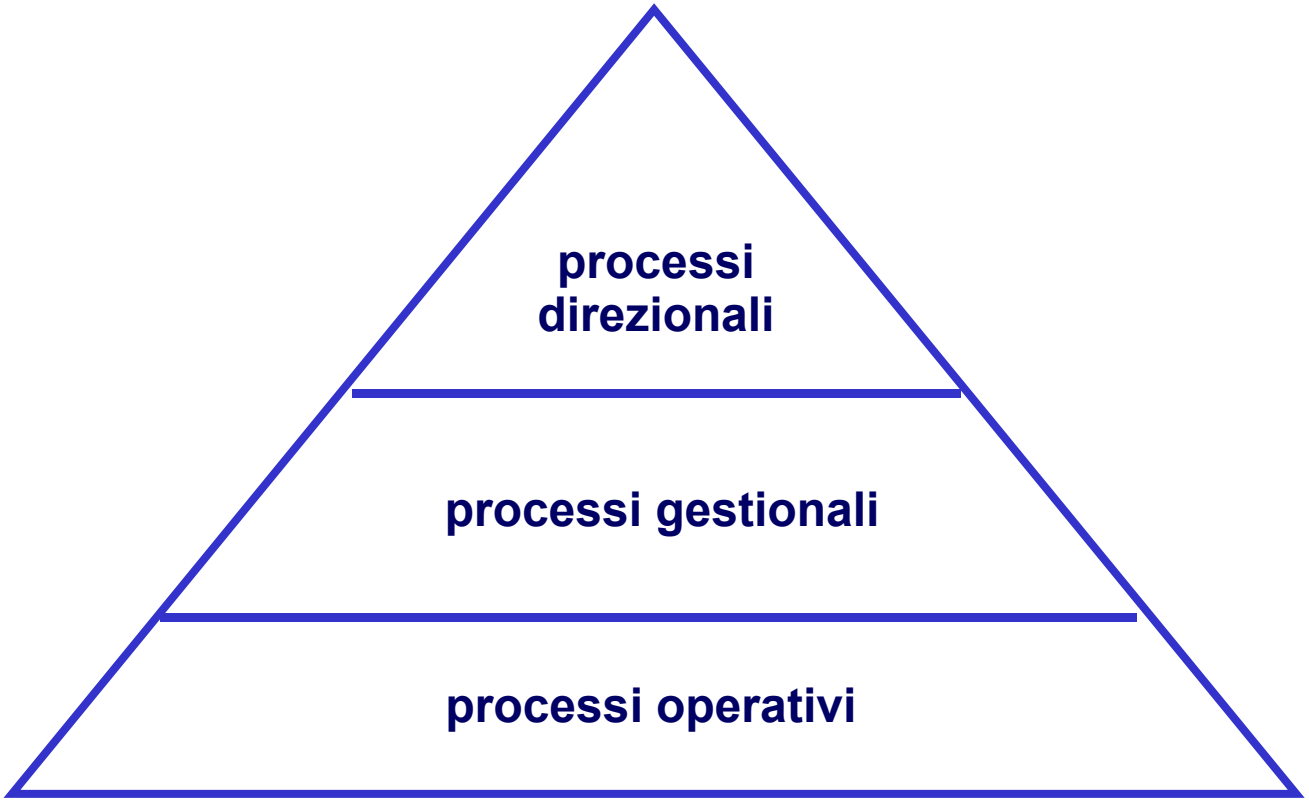
Processi presso una banca

- gestione di un movimento su un conto corrente bancario, presso sportello tradizionale o automatico

- concessione di un fido
- revisione delle condizioni su un conto corrente

- verifica dell’andamento dei servizi di carta di credito
- lancio di una campagna promozionale
- stipula di accordi commerciali
- Fusione con un'altra banca

Processi


processi
direzionali
processi gestionali
processi operativi

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

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

Caratteristiche dei processi dei vari tipi

- Processi operativi
  - su dati dipartimentali e dettagliati
  - operazioni strutturate, basate su regole perfettamente definite
- Processi gestionali
  - su dati settoriali e parzialmente aggregati
  - operazioni semi-strutturate, basate su regole note, ma con un intervento umano con assunzione di responsabilità
- Processi direzionali
  - su dati integrati e fortemente aggregati
  - operazioni non strutturate, senza criteri precisi: capacità personale è essenziale

Sistemi informatici: una classificazione

- per i processi operativi
  - **Transaction processing systems**
- per i processi gestionali
  - **Management information systems** (di solito settoriali)
- per i processi direzionali

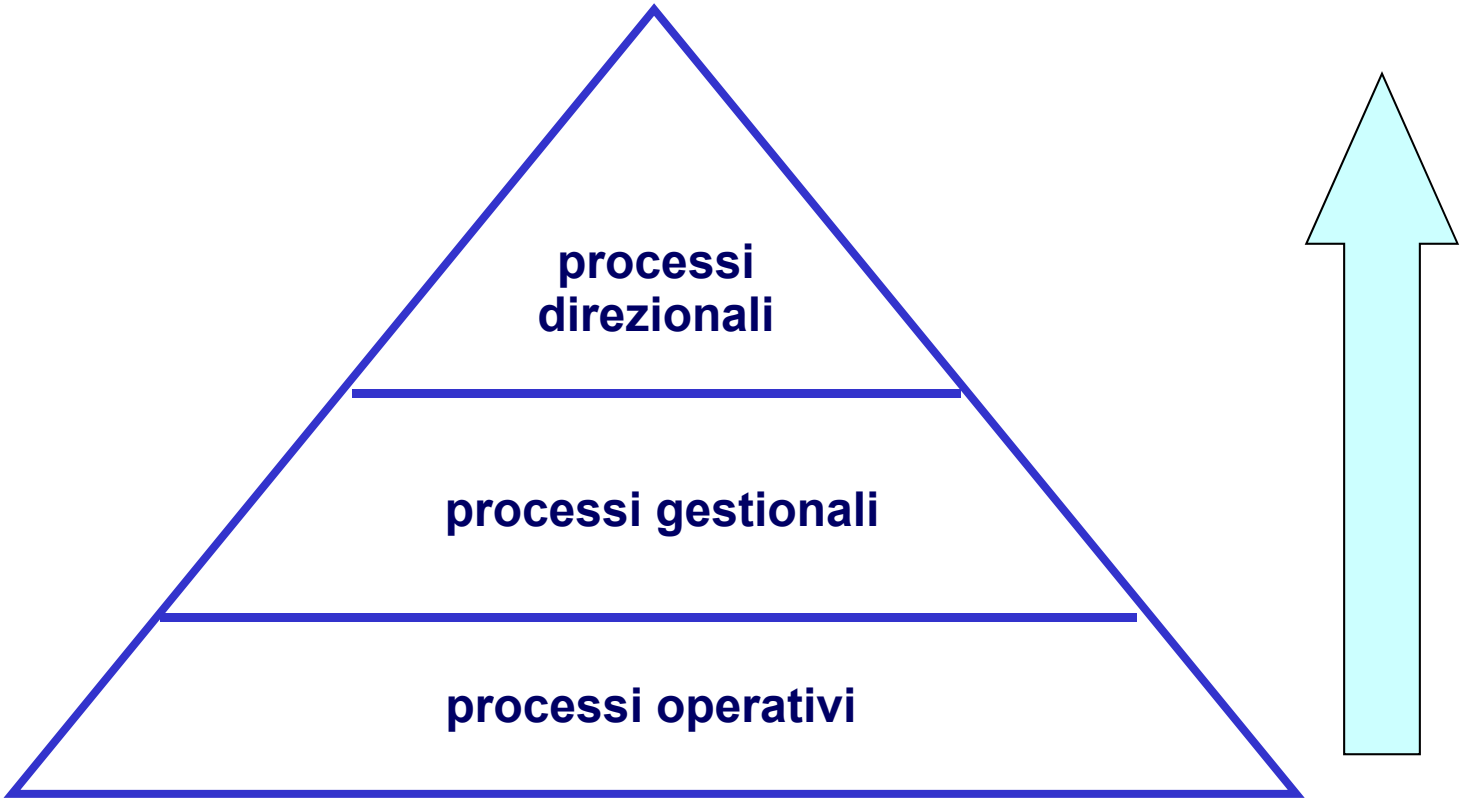
  o meglio, per il supporto ad essi
  - **Decision support systems** (il più possibile integrati)

Sistemi di supporto alle decisioni

- La tecnologia utilizzata per rendere disponibili alla dirigenza aziendale elementi quantitativi utili per prendere decisioni tattico-strategiche in modo efficace e veloce

- Ma su quali dati?
  - quelli accumulati per i processi operativi e gestionali

Processi e dati



Esigenze diverse: OLTP e OLAP

- nei sistemi di livello operativo
  - OLTP: On-Line Transaction Processing
- nei sistemi di livello più alto
  - OLAP: On-Line Analytical Processing

OLTP

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

OLAP

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

OLTP e OLAP

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

OLTP e OLAP

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

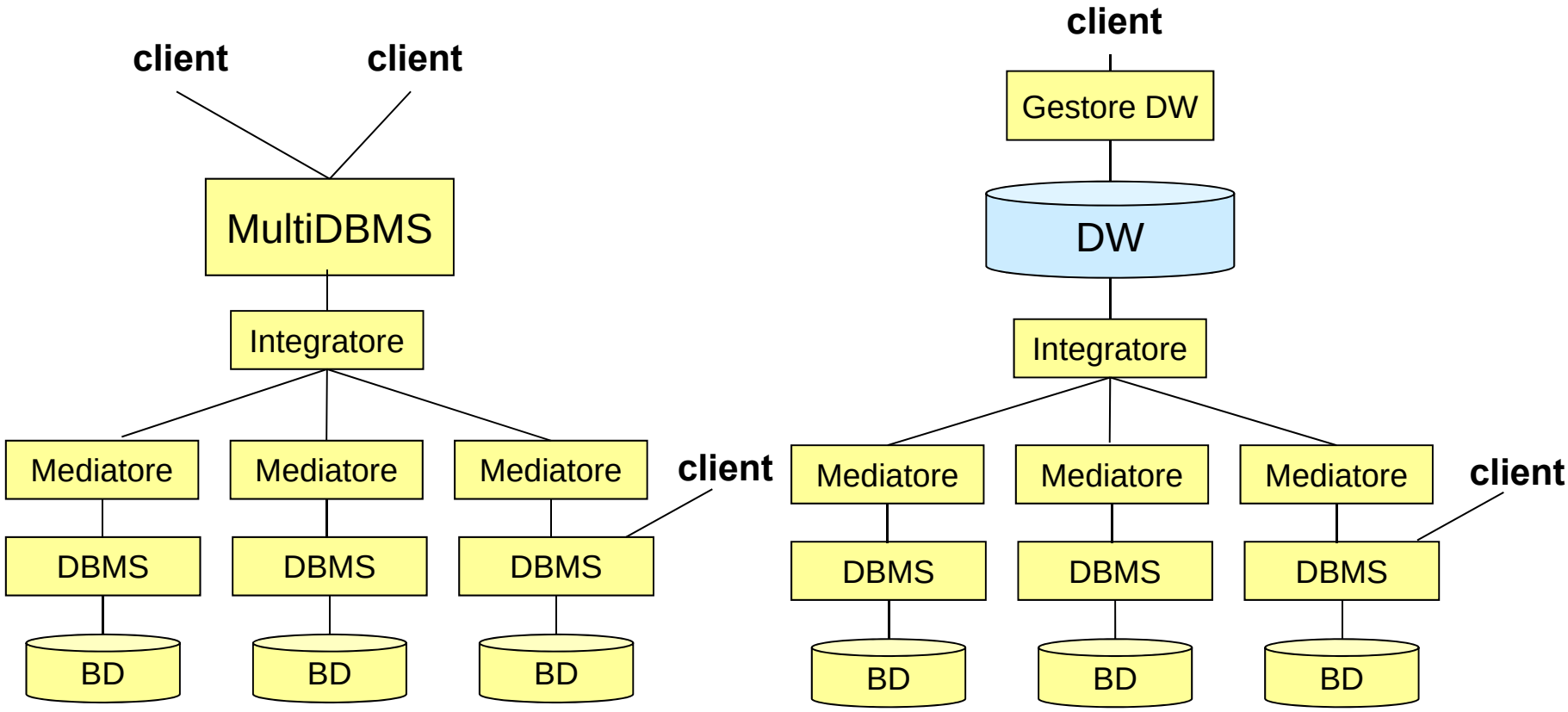
Evoluzione dei DSS (idea schematica)

- 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, molto inefficiente
- Anni ‘80 — strumenti d’automazione d’ufficio e di analisi
  - fogli elettronici, interfacce grafiche
- Anni ‘90 — data warehousing
  - strumenti di OLAP

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**

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



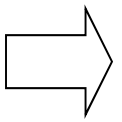
Sommario

- Introduzione
  - Basi di dati integrate, sì, ma …
  - OLTP e OLAP
- ⇨ Data warehouse e data warehousing
- Dati multidimensionali
- Progettazione di data warehouse
- Studi di caso

Data warehouse

Una base di dati

- utilizzata principalmente per il supporto alle decisioni direzionali o anche a livello più basso (OLAP e non OLTP)
- 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

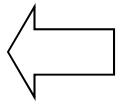


OLTP e OLAP

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

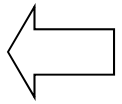
... integrata ...

- 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



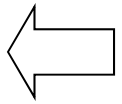
... orientata ai dati ...

- 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



... 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

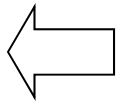


... dati aggregati ...

- 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 data warehousing e nella costruzione/mantenimento di un data warehouse.

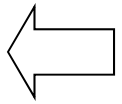


... fuori linea ...

- In una base di dati operazionale, i dati vengono
  - acceduti
  - inseriti
  - modificati
  - cancellati

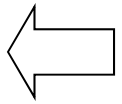
  pochi record alla volta
- Nel data warehouse, abbiamo
  - operazioni di accesso e interrogazione — “diurne”
  - operazioni di caricamento e aggiornamento dei dati — “notturne”

  che riguardano milioni di record

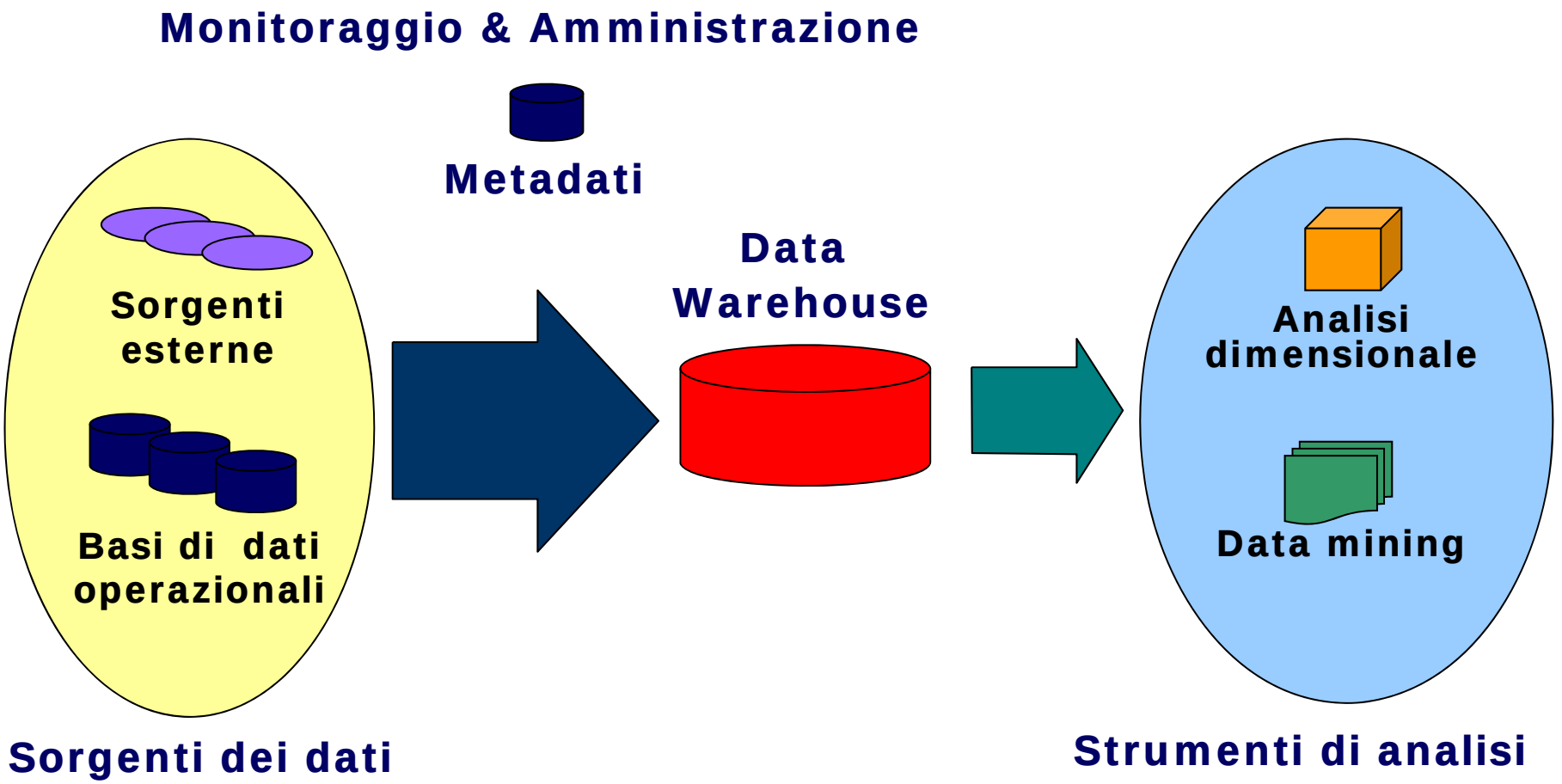


... una base di dati separata ...

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



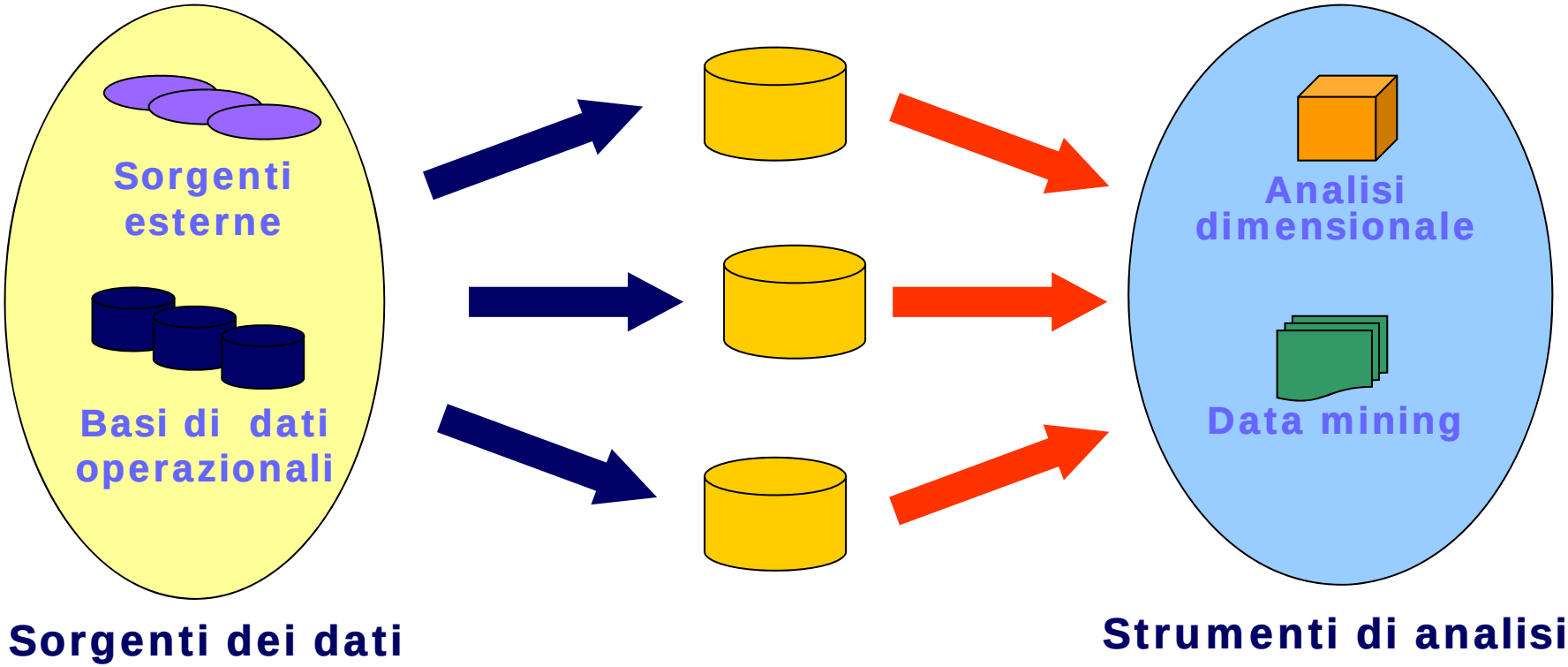
Architettura per il data warehousing



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

Architettura “realistica”

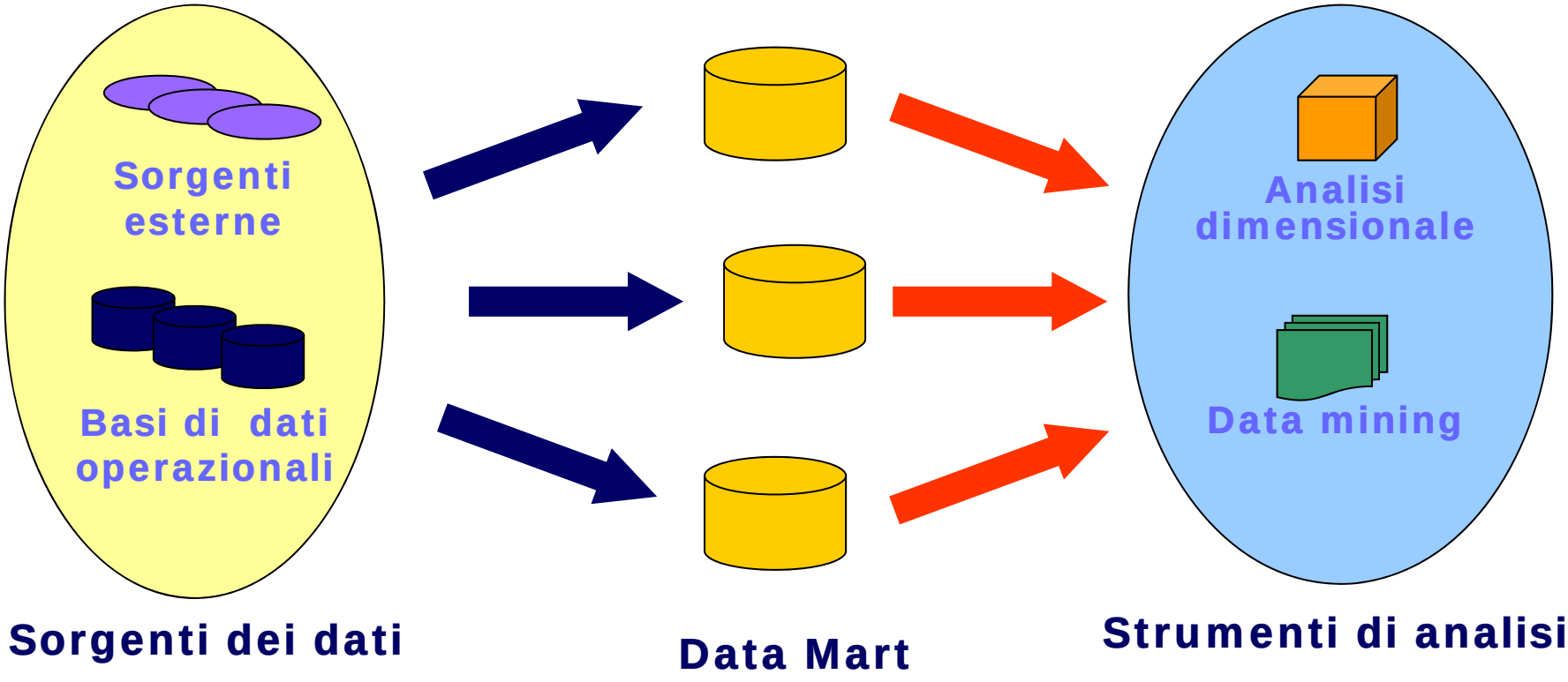


Data mart

- 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

    (il che non è detto che vada sempre bene, vediamo fra poco)

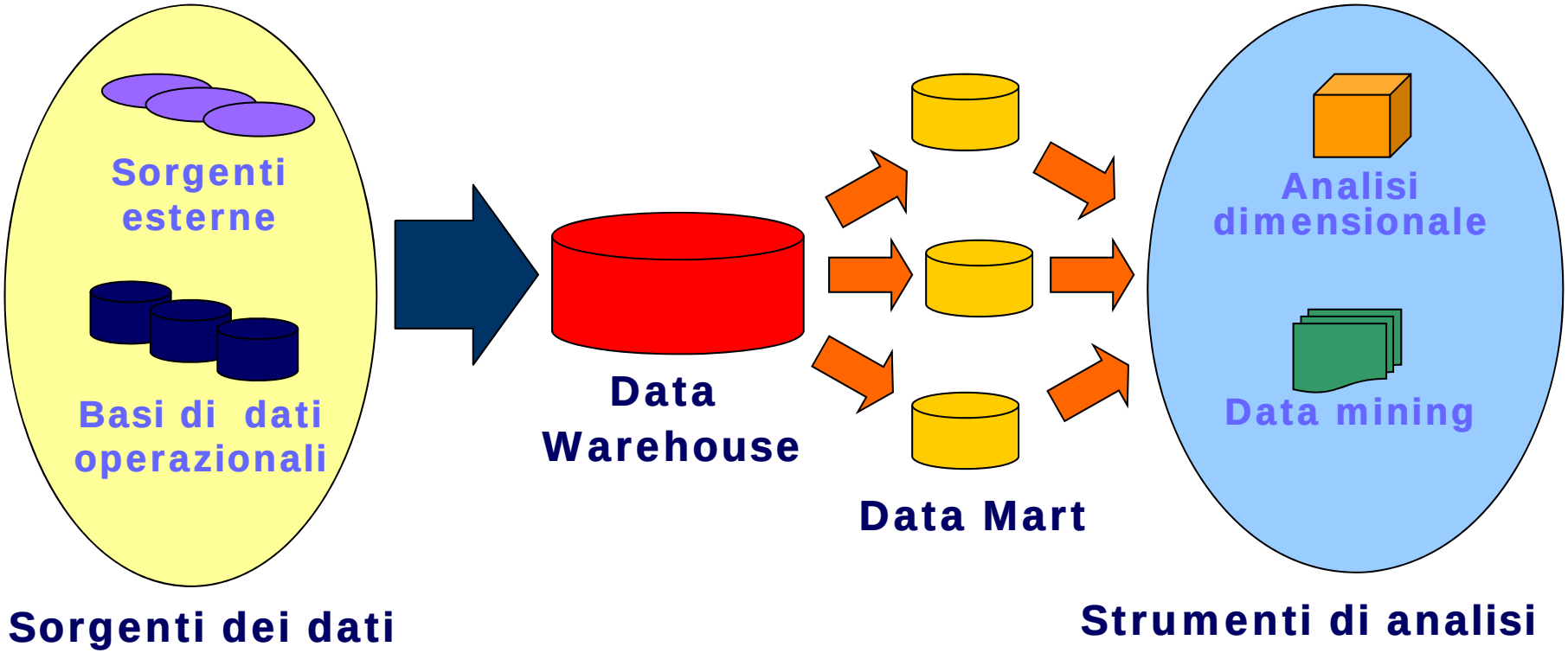
Architettura “realistica”



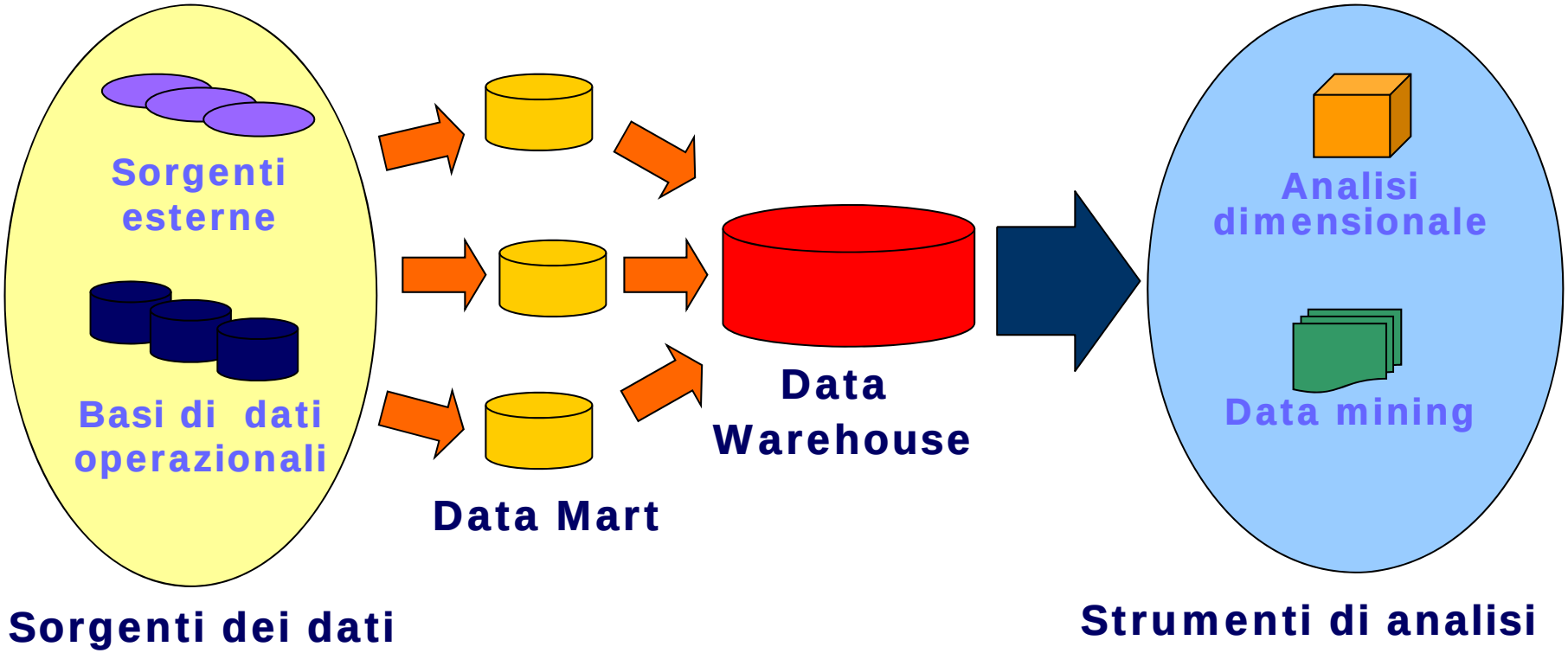
Top-down o bottom-up?

- Prima il data warehouse o prima i data mart?

DW e DM


Sorgenti esterne
Basi di dati operazionali
Sorgenti dei dati
Data Warehouse
Data Mart
Analisi dimensionale
Data mining
Strumenti di analisi

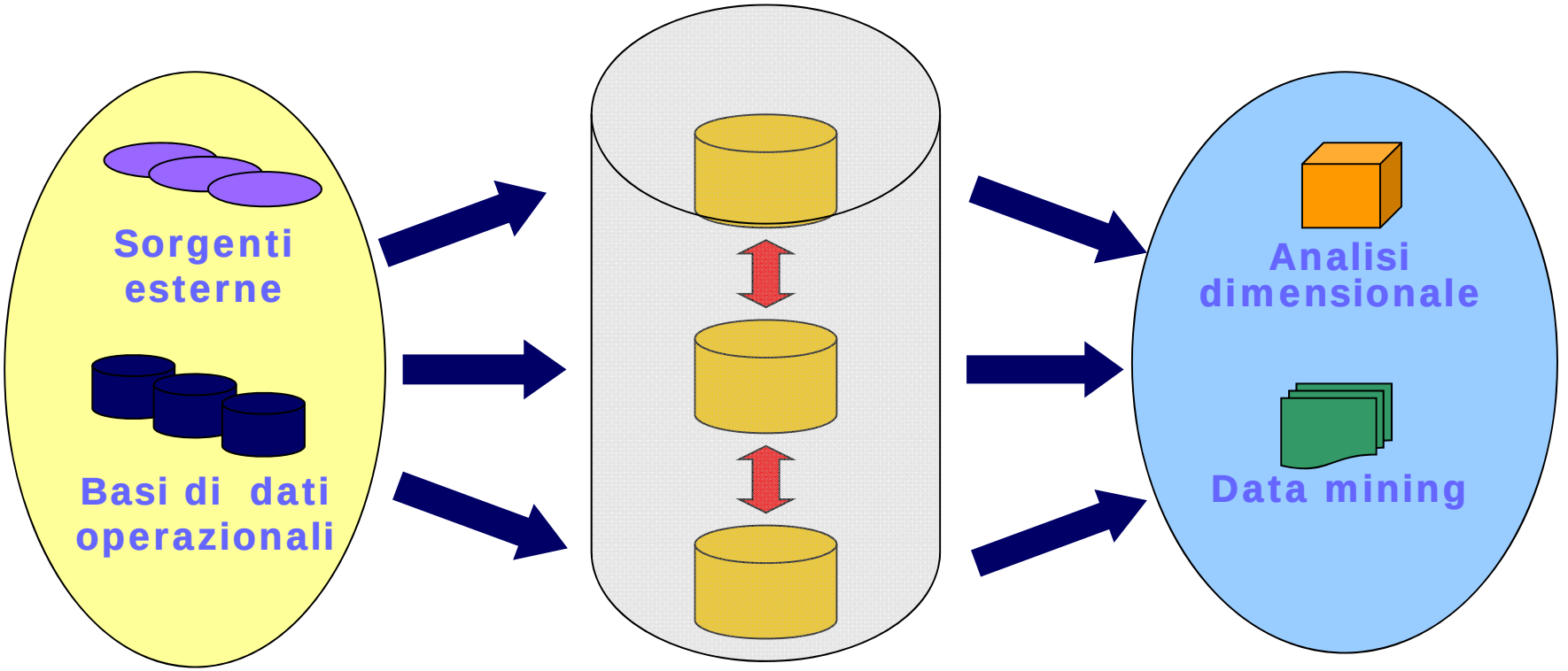
DW e DM


Sorgenti esterne
Basi di dati operazionali
Sorgenti dei dati
Data Mart
Data Warehouse
Analisi dimensionale
Data mining
Strumenti di analisi

Data mart e DW

- Prima il data warehouse o prima i 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 di un “buon” data warehouse
- 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”

DM e DW



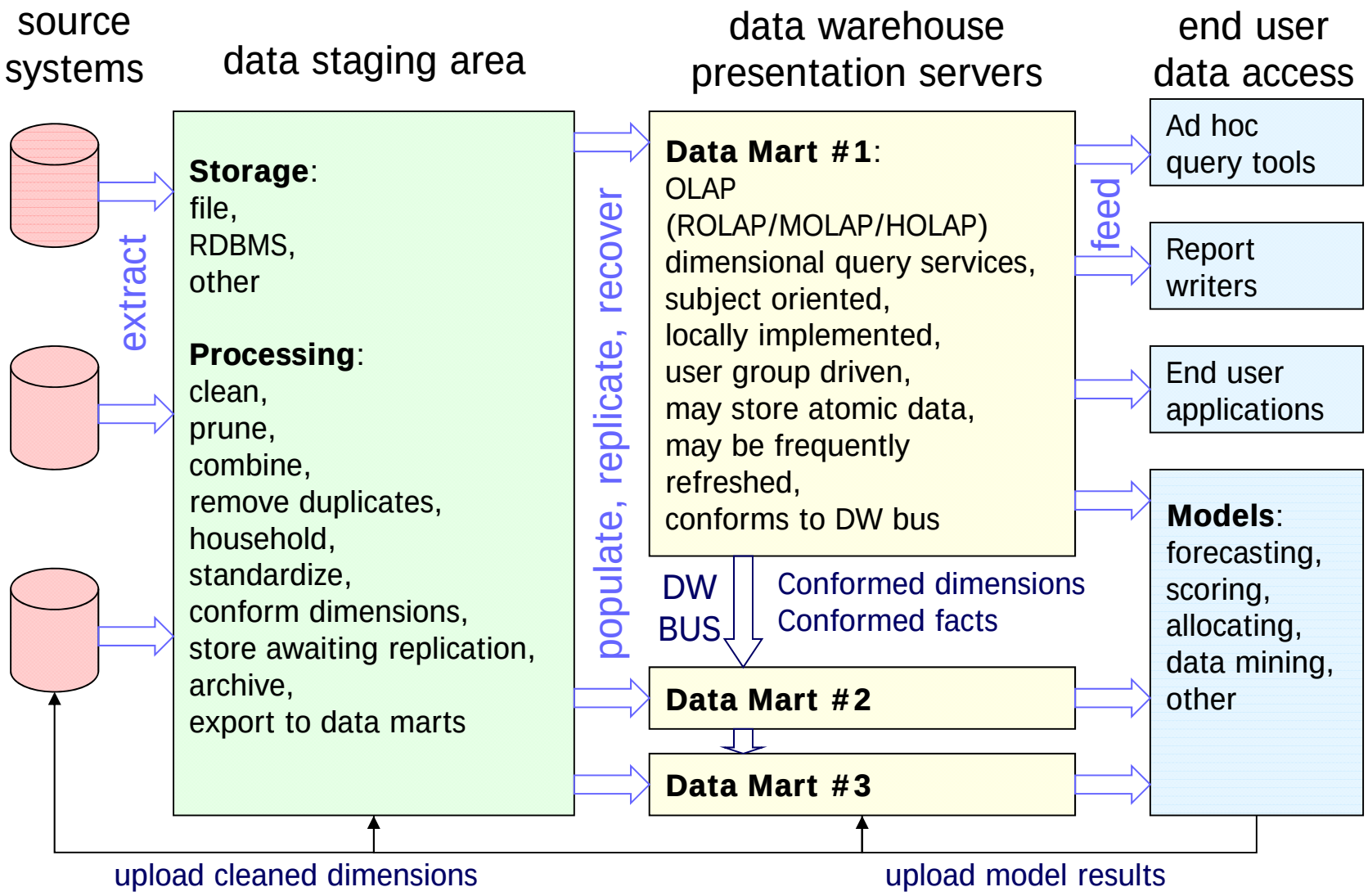
Sorgenti dei dati

Data Mart

DW con “bus”

Strumenti di analisi

Elementi di un data warehouse



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

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)

ETL

- Extract, Transform, Load
- Il processo (complesso) che porta i dati dai sistemi operazionali al data warehouse, passando per l'area di staging

Server di presentazione

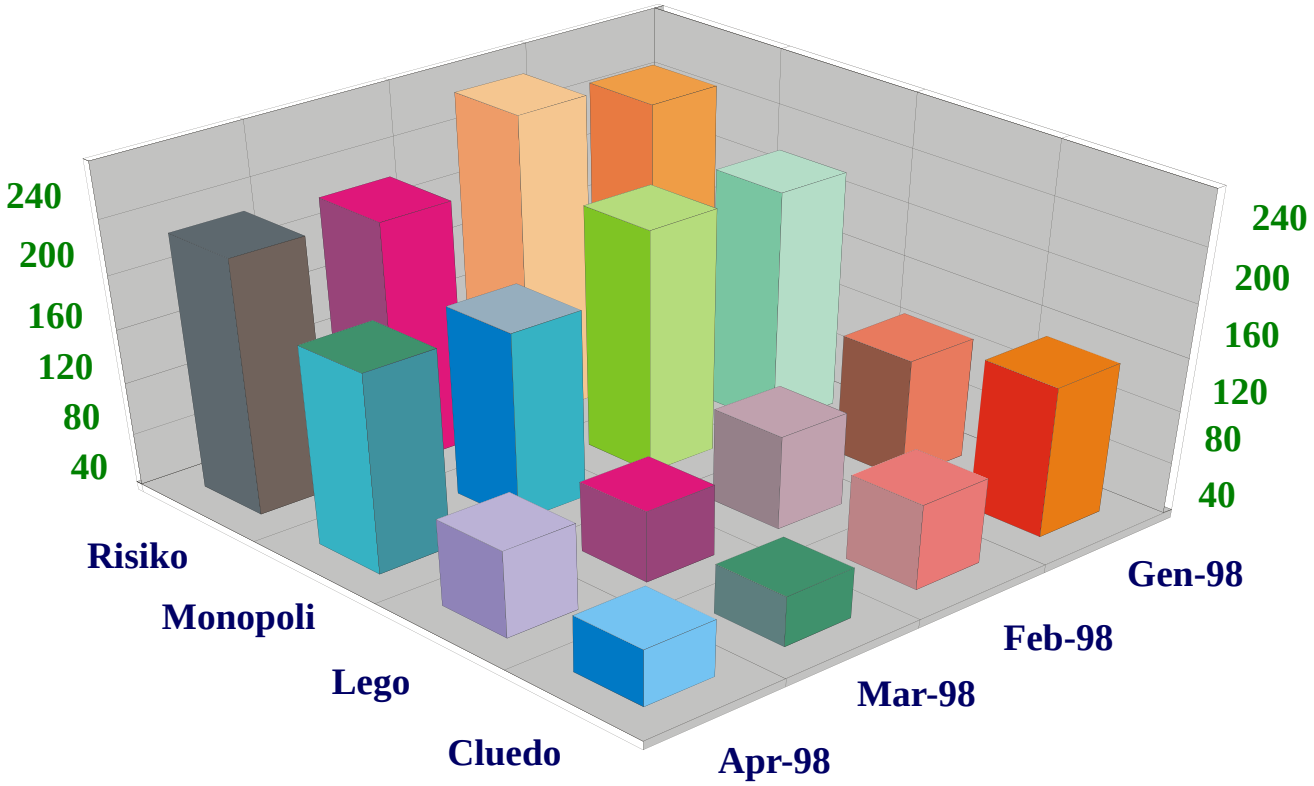
- Un **server di presentazione** è un sistema in cui i dati del data warehouse sono organizzati e memorizzati per essere interrogati direttamente da utenti finali, report writer e altre applicazioni
  - i dati sono rappresentati in forma **multidimensionale**

    (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

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
  - …

Visualizzazione finale di un’analisi



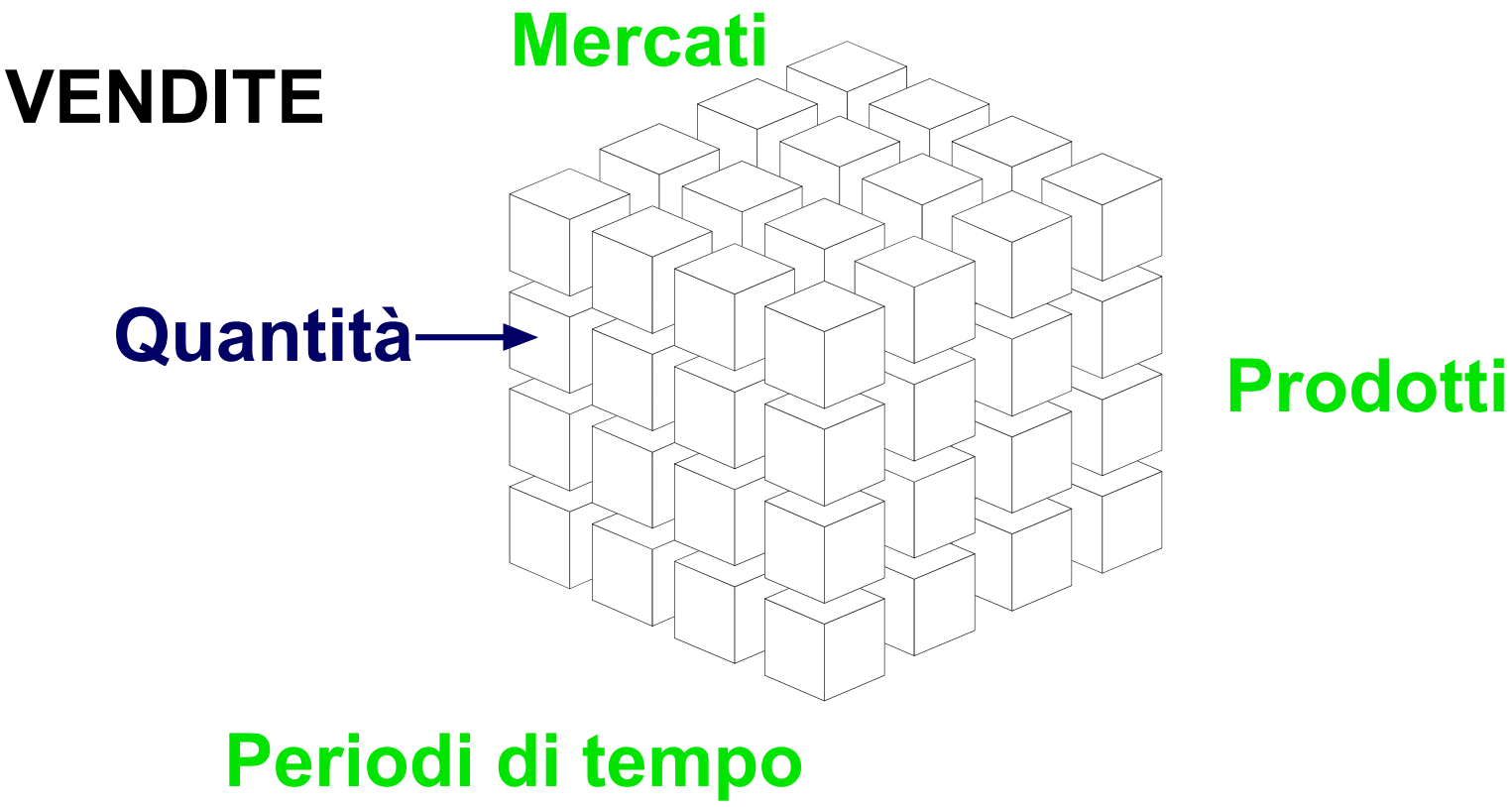
Sommario

Introduzione
  - Basi di dati integrate, sì, ma …
  - OLTP e OLAP
- Data warehouse e data warehousing
- Dati multidimensionali
- Progettazione di data warehouse
- Studi di caso

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

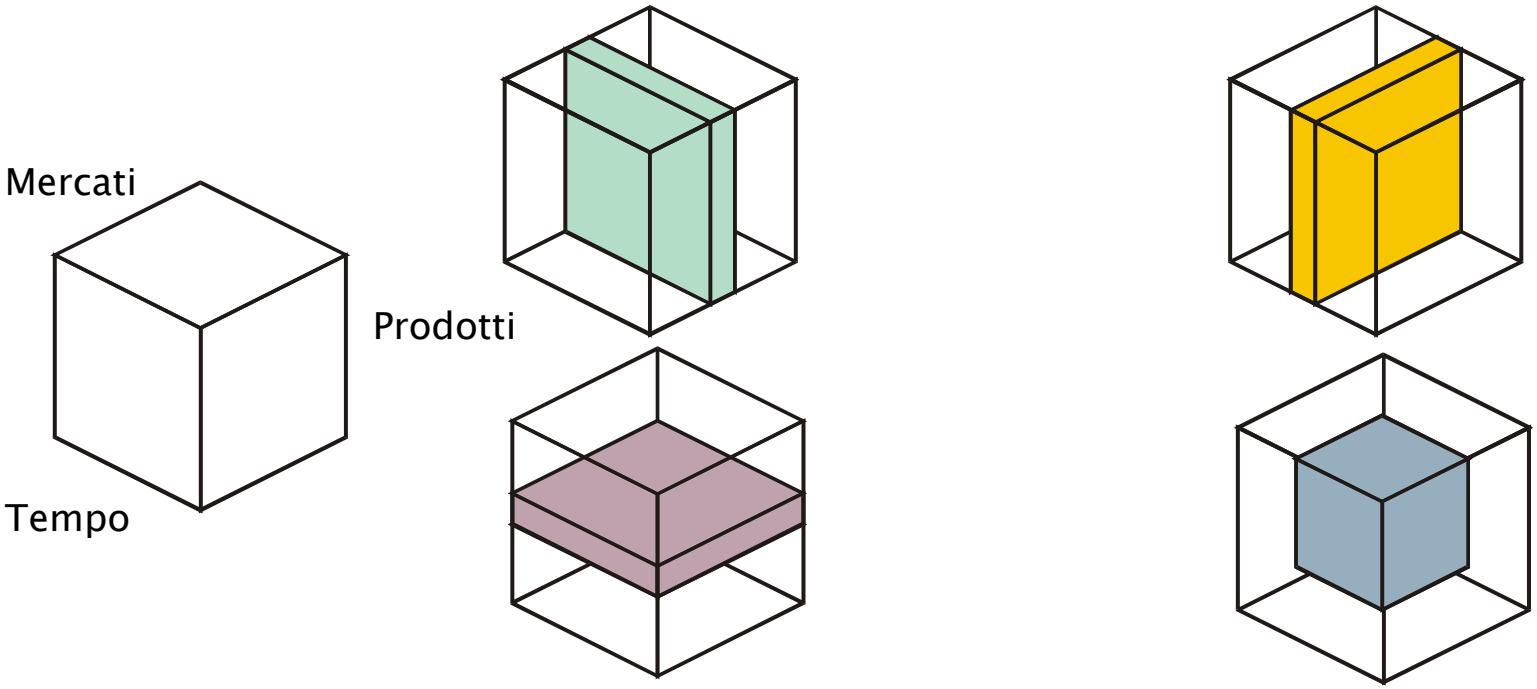
Rappresentazione multidimensionale



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

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)

	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 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

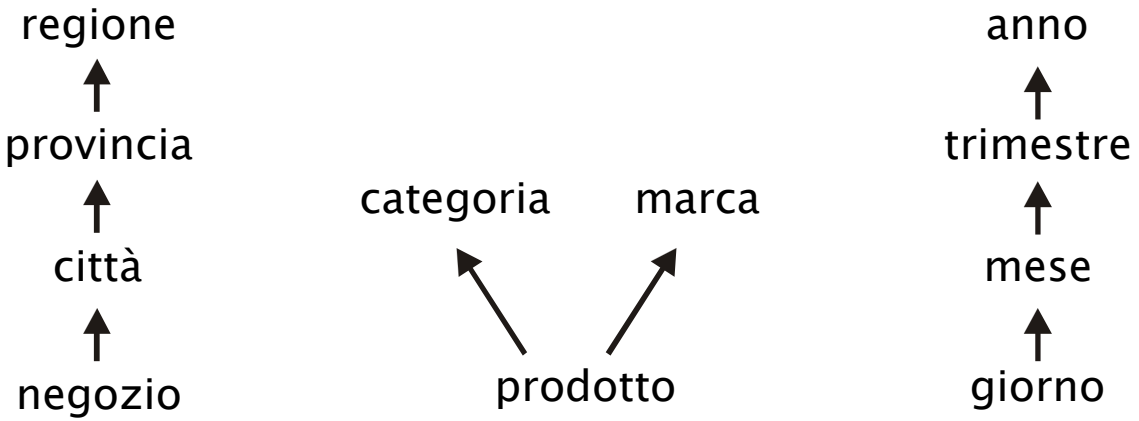
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
	90	26	53	32	32	48

	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

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



	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

	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

	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 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

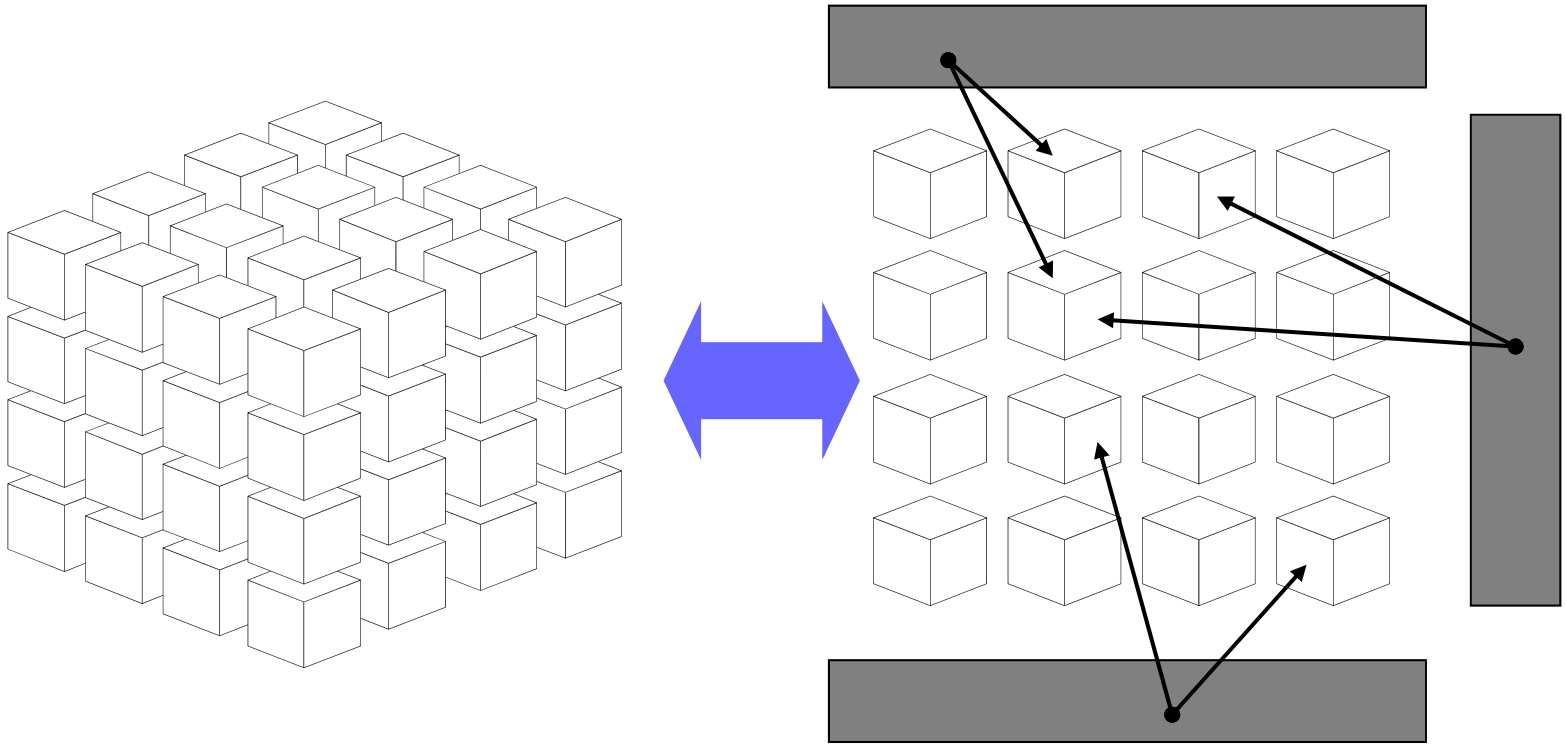
	I trim	II trim
Pisa	24	14
Firenze	47	32
Roma	87	59
Latina	11	7

Implementazione per dati multidimensionali

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

Implementazione MOLAP

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



Implementazione ROLAP: schemi dimensionali

- Uno **schema dimensionale** (**schema a stella, star schema**) è composto da
  - una tabella principale, **tabella fatti**
    - la tabella fatti memorizza le misure di un processo
      - i fatti più comuni hanno misure numeriche e additive
  - due o più tabelle ausiliarie, **tabelle dimensione**
    - una tabella dimensione rappresenta una prospettiva, un aspetto rispetto a cui è interessante analizzare i fatti
      - gli attributi sono solitamente testuali, discreti e descrittivi
- Intuitivamente:
  - rappresentazione sparsa di una matrice multidimensionale
  - relationship n-aria

Schema dimensionale

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

CodNegozio	CodMese	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
…	…	…

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

Schema dimensionale

	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

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

CodNegozio	CodMese	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
…	…	…

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

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	…

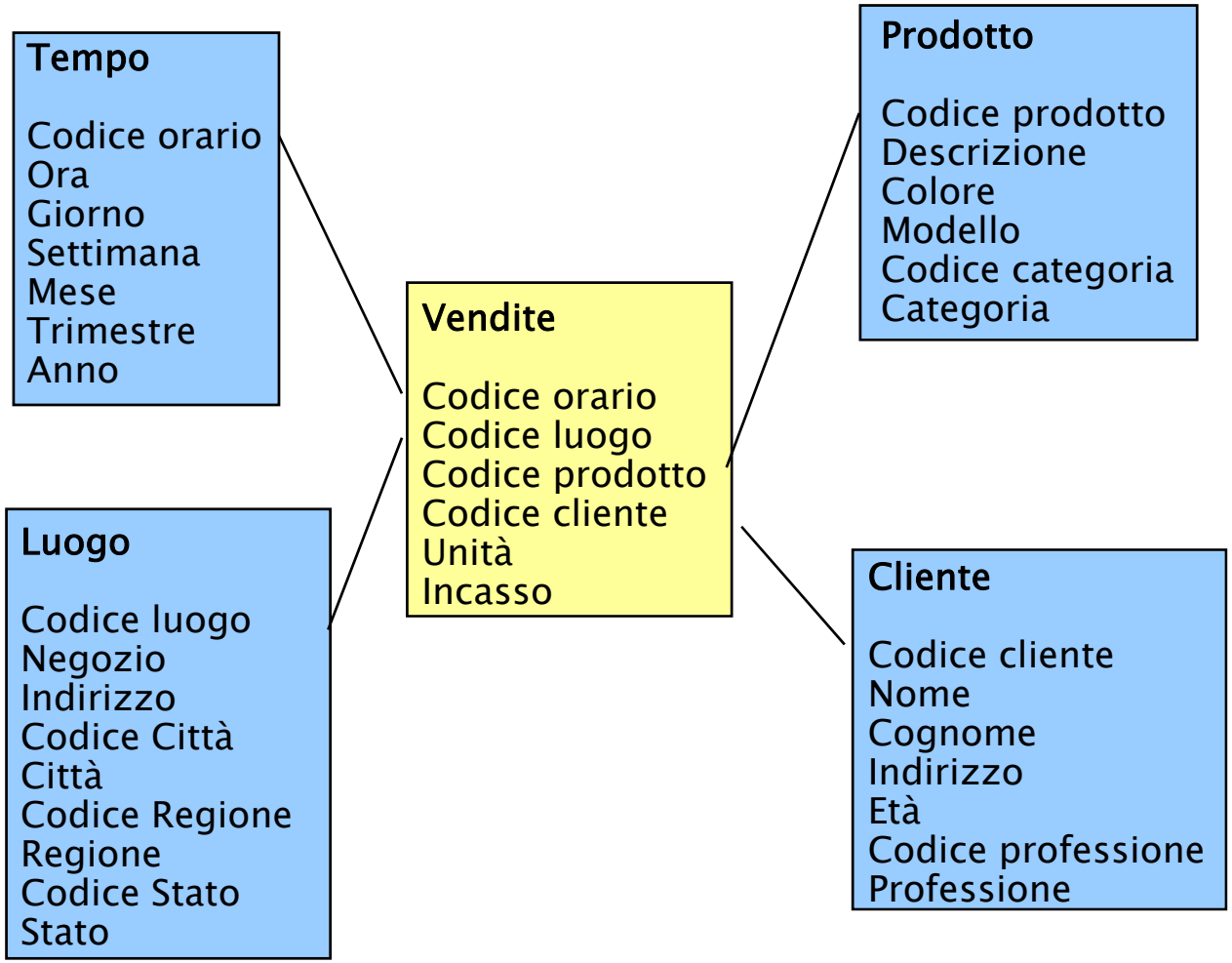
CodN	CodM	Vendite
PI	Gen	12
PI	Feb	2
PI	Mar	10
PI	Apr	3
PI	Mag	6
PI	Giu	5
FI1	Gen	21
FI1	Feb	4
FI1	Mar	10
FI1	Apr	4
FI1	Mag	6
FI1	Giu	7
…	…	…

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

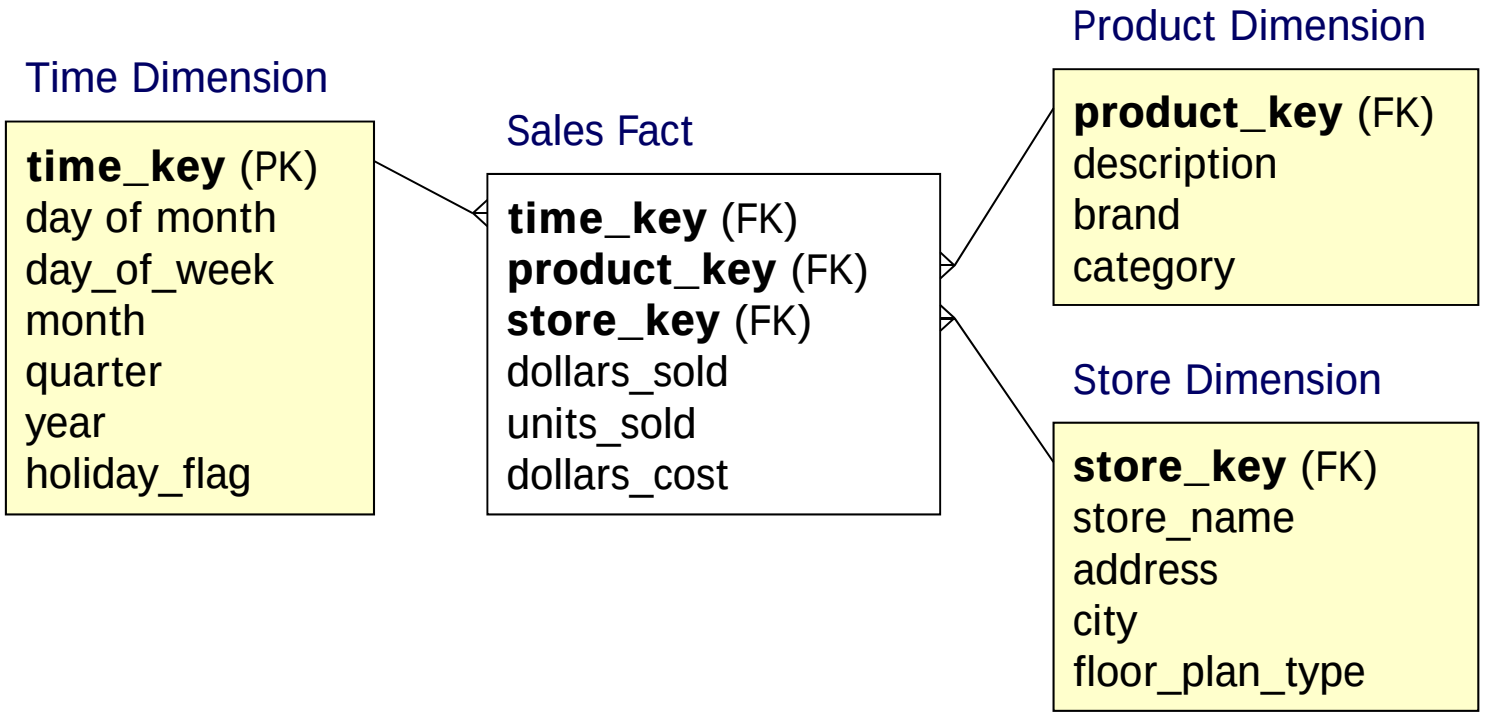
Data warehouse dimensionale

- 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
        - » le ennuple sono le stesse (o comunque in rapporto uno a uno; potrebbero essere sottoinsiemi, ma allora ne deve esistere una versione "completa")
    - fatti conformi
      - anche i fatti hanno interpretazione uniforme

Uno schema dimensionale



Un altro schema dimensionale



- i dati delle vendite di prodotti in un certo numero di negozi nel corso del tempo
  - memorizza i totali delle vendite di un certo prodotto in un certo giorno in un certo negozio

Schemi dimensionali, dettagli

- Dimensioni
  - tabelle dimensione, caratteristiche
  - chiavi
  - "snowflaking"
- Fatti
  - tabelle fatti, caratteristiche
  - additività

Tabelle dimensione

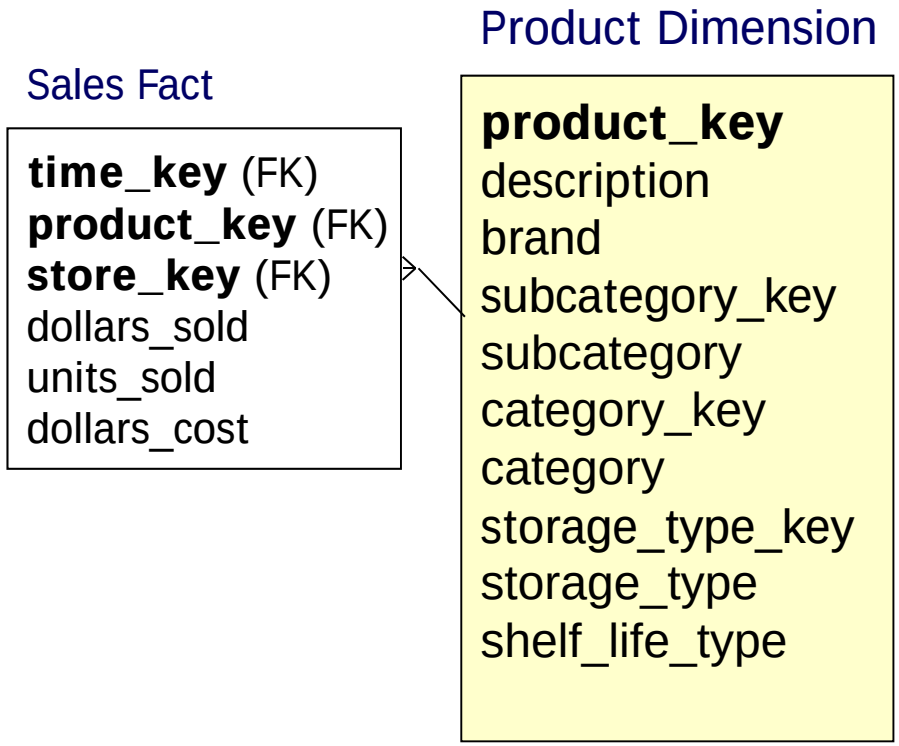
- Memorizza gli elementi (o membri) di una dimensione rispetto alla quale è interessante analizzare un processo (e le relative descrizioni)
  - ciascun record di una tabella dimensione descrive esattamente un elemento della rispettiva dimensione
    - un record di Time Dimension descrive un giorno (nell'ambito 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

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

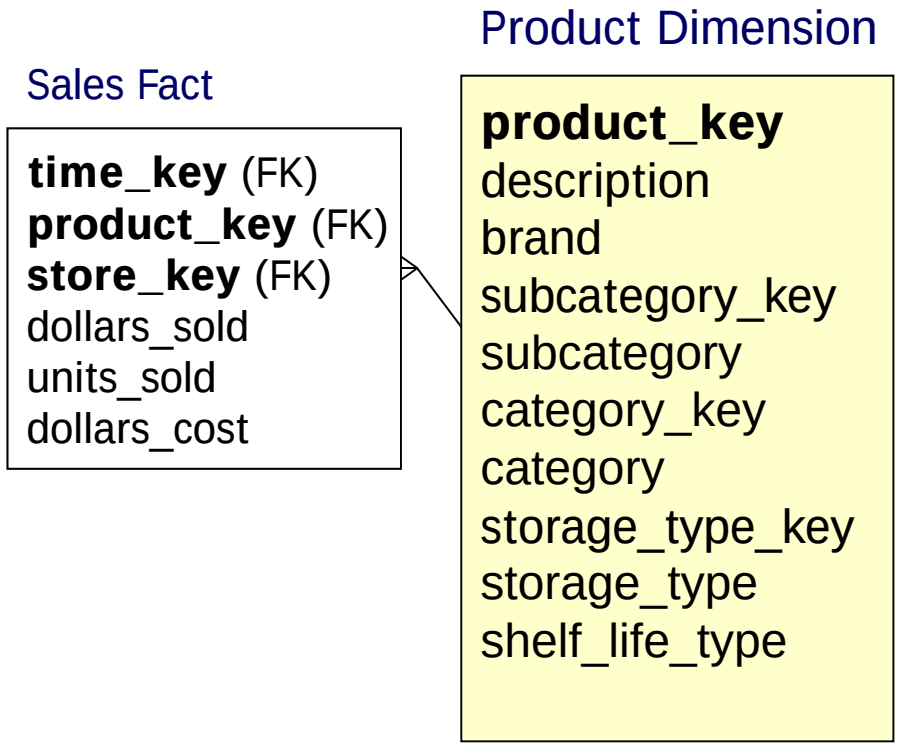
DW e normalizzazione

- Le dimensioni sono spesso "**non normalizzate**"



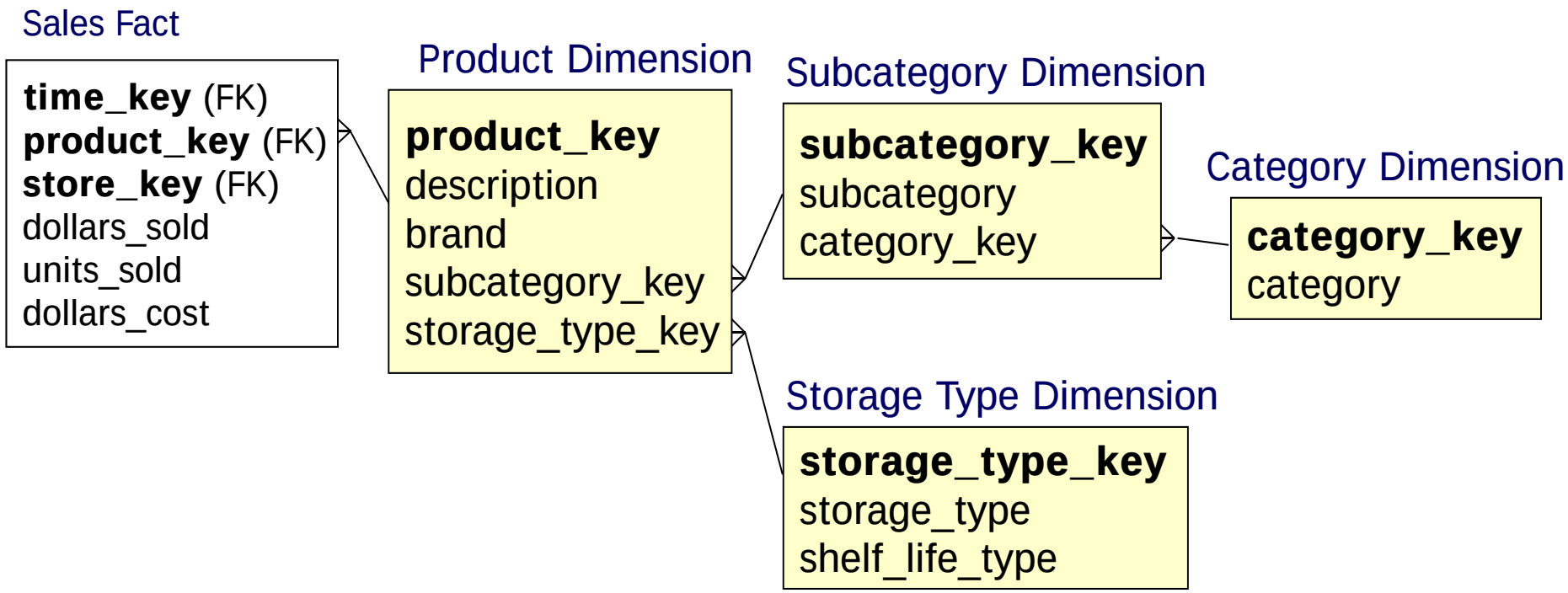
Snowflaking

- Normalizzazione di una tabella dimensione, che evidenzia "gerarchie di attributi"



Snowflaking

- Normalizzazione di una tabella dimensione, che evidenzia "gerarchie di attributi"



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 x 300 x 3000 = 630.000.000 record

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

Tabella fatti

- Memorizza le misure numeriche di un processo
  - ogni record della tabella fatti memorizza una ennupla di misure (fatti) relativa a una combinazione degli elementi delle dimensioni ("all'intersezione di tutte le dimensioni") con riferimento alla granularità ("grana") scelta
- 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

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
    - talvolta chiamati proprio "fatti"
    - solitamente valori numerici comparabili e additivi (vediamo tra poco)
- Una tabella fatti memorizza una funzione (in senso matematico) dalle dimensioni ai fatti
  - ovvero, una funzione che associa (o meglio, può associare) un valore per ciascuna possibile combinazione dei membri delle dimensioni

Additività dei fatti

- Un fatto (o, meglio, una misura) è **additivo** se ha senso sommarlo (o "aggregarlo" in qualche modo) 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: le applicazioni del data warehouse devono spesso 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

Semi additività e non additività

- I fatti possono essere anche
  - semi additivi
    - se ha senso sommarli solo rispetto ad alcune dimensioni
      - 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

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

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

Interrogazioni di schemi dimensionali

- 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

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

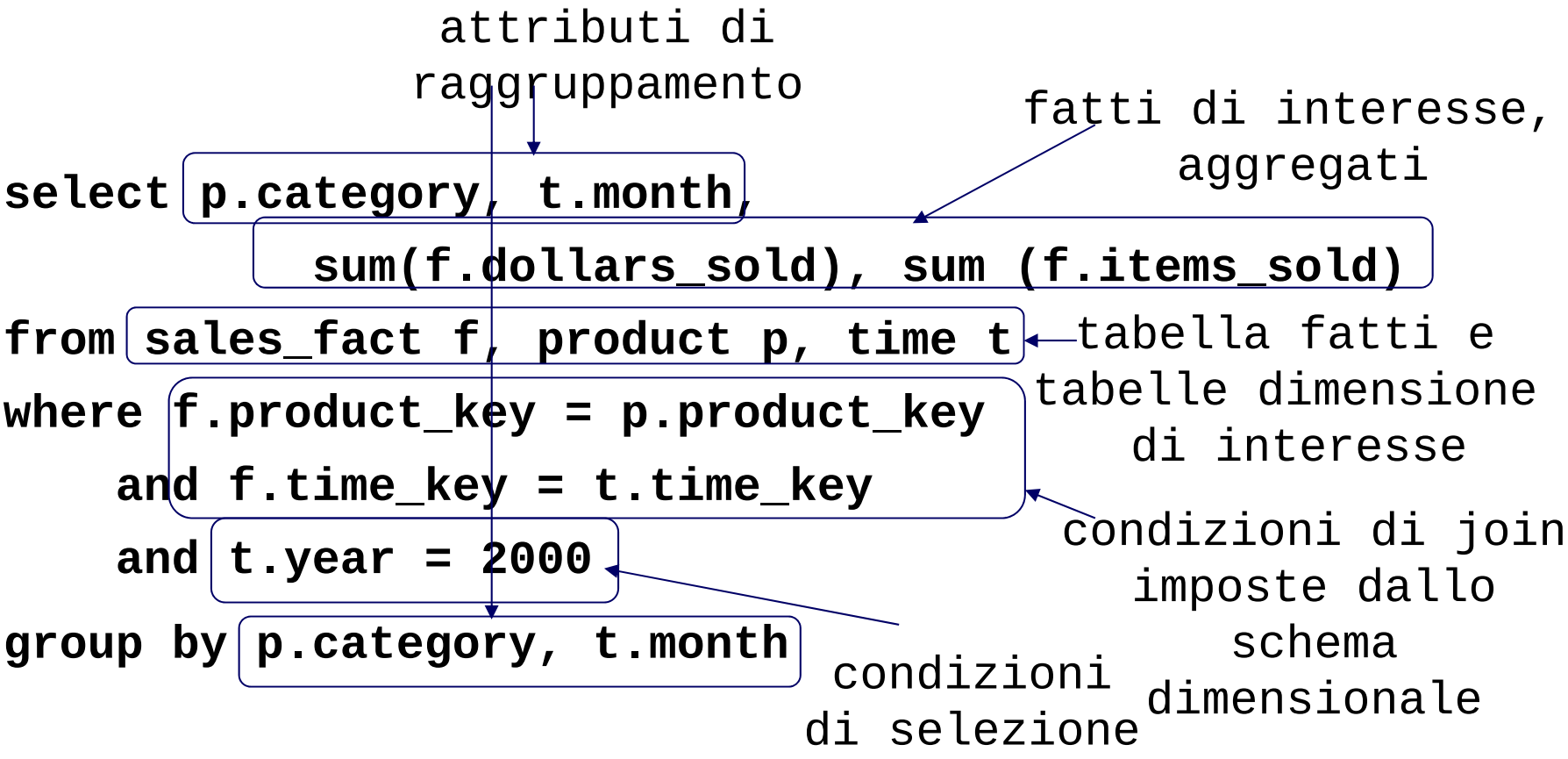
Formato delle interrogazioni

- Le interrogazione assumono un formato abbastanza 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
```

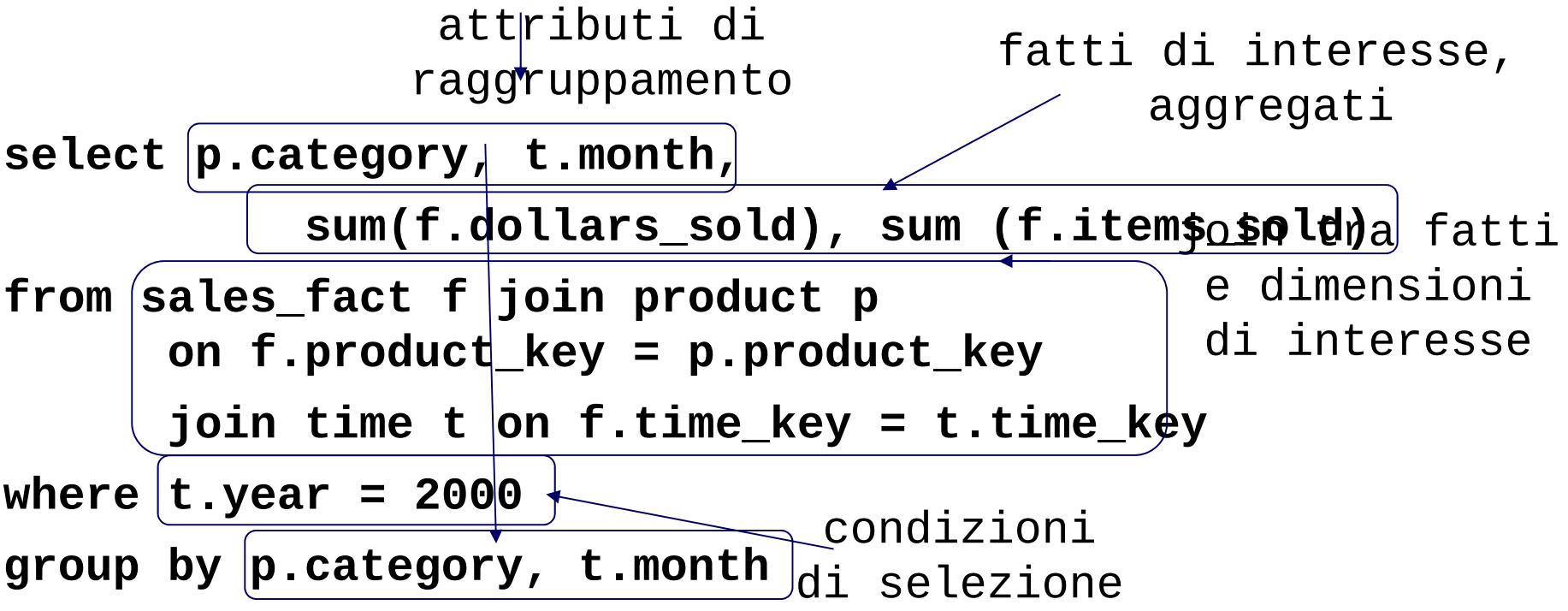
Formato delle interrogazioni

- Le interrogazione assumono un formato abbastanza standard



Formato delle interrogazioni

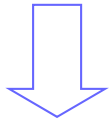
- Le interrogazione assumono un formato abbastanza standard



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 e nel raggruppamento
  - diminuisce la grana dell'aggregazione

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



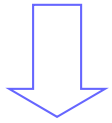
drill down

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

Roll up

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

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



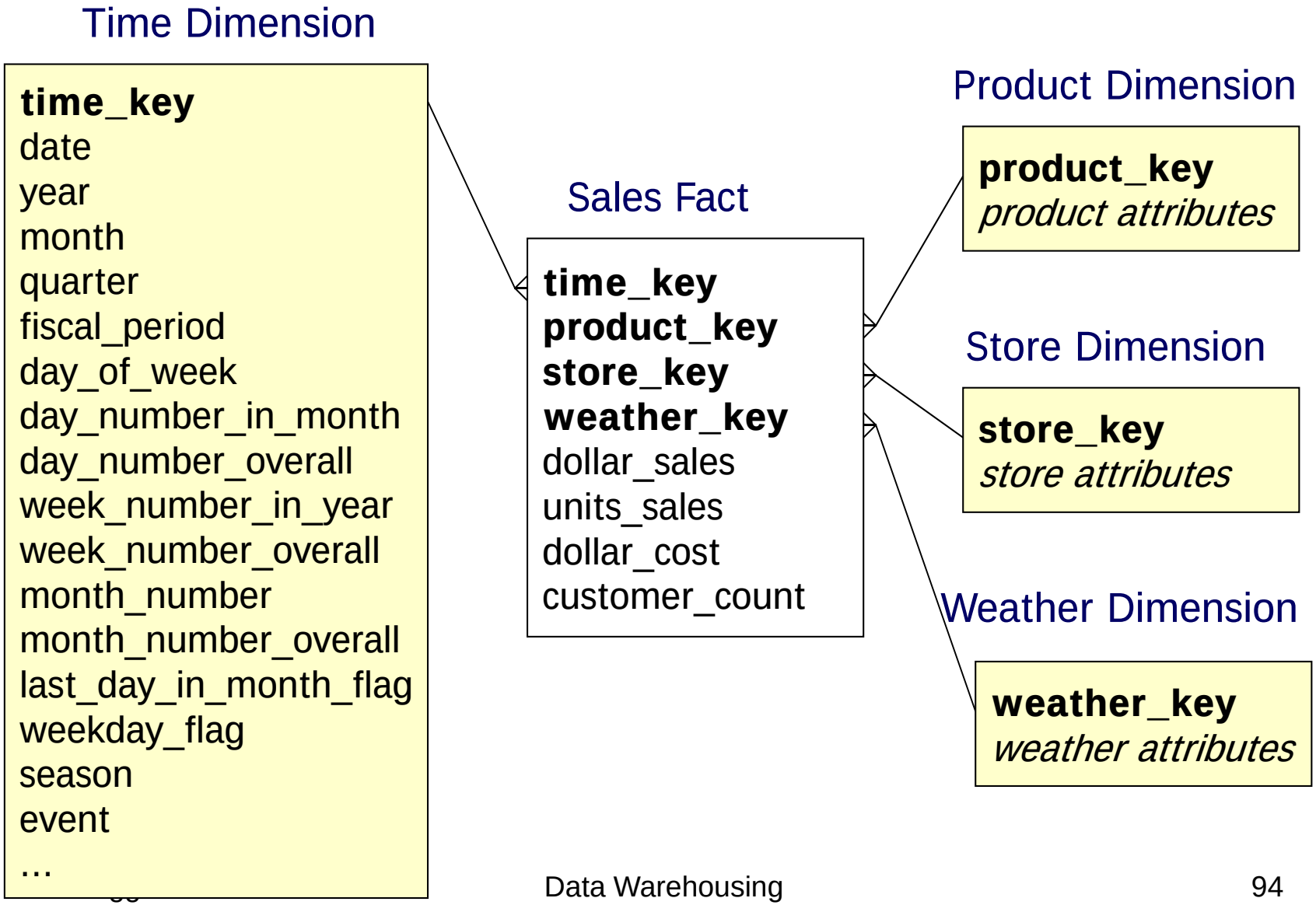
roll up

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

Modello dimensionale, approfondimenti

- Attributi o misure?
- Evoluzione delle dimensioni (“slowly changing dimensions”)
- Le "minidimensioni"
- Dimensioni supplementari
- Tabelle fatti senza misure

Attributi o misure?



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 mq), area del reparto surgelati, ...
- date
  - data prima apertura, ultima ristrutturazione, ...
    - rappresentati da date o da riferimenti a sinonimi della tabella dimensione tempo
- altri attributi

Attributo o misura?

- 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 e non interessa vederli come fenomeno da misurare, bensì come coordinata di analisi
    - 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

E se le proprietà degli elementi di una dimensione cambiano?

- Ad esempio:
  - un negozio da “piccolo” diventa “grande”?
- Approfondiamo

Dimensioni che cambiano lentamente

- Una delle caratteristiche delle dimensioni in uno schema dimensionale è la loro mutua indipendenza
  - ogni dimensione (primaria) dovrebbe essere logicamente indipendente da tutte le altre dimensioni
    - ovvero, le dimensioni dovrebbero descrivere punti di vista sostanzialmente differenti sui fatti
- In realtà, molte dimensioni dipendono dal tempo (che è una dimensione costantemente presente)
  - non solo perché l'insieme dei membri della dimensione cambia nel tempo
  - ma anche perché possono cambiare le descrizioni dei membri
    - come gestire questi cambiamenti?
    - ad es., se cambia la descrizione di un prodotto o un attributo demografico di un cliente?

Dimensioni che cambiano lentamente

- Come gestire i cambiamenti nelle dimensioni?
  - un'idea potrebbe essere quella di rappresentare gli aspetti mutevoli come fatti e non come dimensioni
  - tuttavia questa scelta porta comunemente a schemi poco comprensibili – nonché ad un degrado nelle prestazioni
- Un altro punto di vista è il seguente
  - molte dimensioni soggette a cambiamenti sono in realtà "quasi costanti" nel tempo
    - possono essere considerate sostanzialmente indipendenti dalla dimensione tempo
  - oltre allo stato "corrente" della dimensione, si tiene traccia di dati che descrivono i cambiamenti nel tempo
- Le dimensioni "quasi costanti" sono chiamate dimensioni che cambiano lentamente (**slowly changing dimensions**)

Cambiamenti nelle dimensioni

- Si consideri il seguente esempio
  - la cliente Mary Jones non è sposata fino al 15 gennaio 2012
    - questa informazione è descritta dall'attributo **marital_status**
  - Mary Jones si sposa il 15 gennaio 2012

- Come può essere gestito questo cambiamento nella dimensione cliente?

Gestione dei cambiamenti lenti

- Sono possibili tre scelte per la gestione delle dimensioni che cambiano lentamente
  - *sovrascrivere il valore precedente*
    - perdendo la possibilità di tenere traccia dei cambiamenti
  - *creare una nuova riga nella tabella dimensione con i nuovi valori per gli attributi*
    - segmentando accuratamente la storia delle descrizioni
    - la grana dei membri della dimensione è per versione di membri della dimensione individuata originariamente
  - *definire ulteriori campi nella riga* sia per i valori correnti degli attributi che per i valori (immediatamente) precedenti, oppure altre versioni significative (esempio valore all'epoca e valore attuale)
    - rappresentando un numero fissato di versioni

Tipologie di cambiamenti lenti

- Le tre scelte di gestione proposte sono rispettivamente chiamate, in molti testi, con poca fantasia, dimensioni che cambiano lentamente di tipo 1, 2 e 3
  - **tipo 1** – *sovrascrivere il valore precedente*
    - viene modificato il campo **marital_status** del record relativo a Mary Jones
  - **tipo 2** – *creare un nuovo record*
    - viene creato un nuovo record nella tabella dimensione
    - ogni transazione relativa a Mary Jones successiva al 15 gennaio 2012 verrà associata a questa nuova riga
  - **tipo 3** – *definire più campi nella riga*
    - vengono usati (e aggiornati opportunamente) i campi **current_marital_status** e **old_marital_status**

Tipo 1: sovrascrivere il valore

- È la modalità di gestione dei cambiamenti nel tempo più semplice ma, talvolta, meno efficace
  - non tiene affatto traccia della storia passata dei membri della dimensione
    - infatti, dopo il 15 gennaio 2012, risulterà che Mary Jones è sposata “da sempre”
    - non è possibile partizionare la storia

- Questa modalità di gestione è comunque utile nella correzione degli errori
  - ad esempio, se il 15 gennaio 2012 si scopre che Mary Jones è, in effetti, sposata (e lo è sempre stata)

Tipo 2: creare un nuovo record

- Questa modalità partiziona automaticamente la storia
  - per considerare le variazioni di stato dei membri non è necessario imporre vincoli sulla data dei cambiamenti nelle interrogazioni
    - le interrogazioni sono solitamente corrette ignorando l'esistenza delle versioni
    - ad esempio, se si vuole aggregare per stato civile, le transazioni di Mary Jones saranno partizionate automaticamente nei gruppi "single" e "sposata" in modo corretto

Tipo 2, commenti

- Gestisce “versioni di oggetti”
  - ovvero, la tabella dimensione non contiene più una riga per ciascun membro della dimensione
    - piuttosto, contiene una riga per ciascuna “versione di membro” della dimensione
  - in alcune dimensioni, può essere talvolta utile introdurre forzatamente e periodicamente nuove versioni dei suoi membri
    - ad es., versioni “annuali” degli impiegati di un’azienda – con attributi che descrivono lo stato di avanzamento della carriera in quel momento – consente ad esempio di analizzare lo stato della popolazione degli impiegati in precisi istanti di tempo

Tipo 2, altri commenti

- può essere utile avere una chiave “generalizzata” della dimensione – univoca per versione di oggetto
  - bisogna tenere traccia delle chiavi di produzione e generalizzate degli oggetti soggetti a versione
    - ad esempio, gestendo la chiave di produzione “Mary Jones” e le chiavi generalizzate “Mary Jones 00” e “Mary Jones 01”
  - informazioni sulle chiavi generalizzate sono solitamente gestite nell’area di preparazione dei dati, mediante dei metadati
- nel caso dei prodotti, nuove versioni di prodotti sono associate a nuovi UPC, e considerate nuove SKU
  - in questo caso, gli UPC sono già chiavi generalizzate

Tipo 2, ancora commenti

- La modalità di gestione di tipo 2 impedisce di analizzare congiuntamente versioni diverse di uno stesso oggetto
  - spesso è quello che si vuole
  - in alcuni casi è necessario correlare queste diverse versioni
    - ad esempio, quando ci sono cambiamenti geopolitici, come l'istituzione di nuove province, la modifica delle estensioni di un gruppo di comuni, l'unione e la decomposizione di nazioni
- In questi casi, sarebbe necessaria una modalità di gestione di tipo 3
  - spesso, l'interesse nell'effettuare correlazioni è limitato nel tempo
  - può allora essere sufficiente gestire questi cambiamenti come di tipo 2

Tipo 3: più attributi

- La modalità di gestione di tipo 3 – definire più campi nella riga – è la modalità di gestione più complessa da realizzare
  - sono possibili diverse varianti
    - il campo “precedente” può avere il significato di valore immediatamente precedente (old_marital_status) oppure di valore originale (original_marital_status)
      - oppure possono esistere entrambi i campi
    - può avere senso un campo current_marital_status_effective_date
      - è necessario se si vuole partizionare la storia
  - la modalità di gestione di tipo 3 è usata solo in casi specifici, in quanto viene spesso preferita la modalità di gestione di tipo 2

Un esempio di dimensione complessa

- Alcuni processi devono essere analizzati rispetto alla dimensione cliente
  - ad esempio, la sede destinazione nel caso delle spedizioni
  - in alcuni casi, è una dimensione veramente molto grande
    - ad esempio, quando i clienti sono una porzione significativi degli abitanti di una nazione
    - casi tipici sono i clienti di compagnie telefoniche e i contribuenti per il Ministero delle Finanze
  - è una dimensione caratterizzata da molti attributi (nell'ordine delle centinaia) e sicuramente da diverse gerarchie

La dimensione cliente

- Una prima versione della dimensione cliente

Customer Dimension

customer_key
first_name
last_name
street_address
zip
city
county
state
age
income
sex
marital_status
education_level
total_children
children_at_home
purchase_behavior
...

Attributi nella dimensione cliente

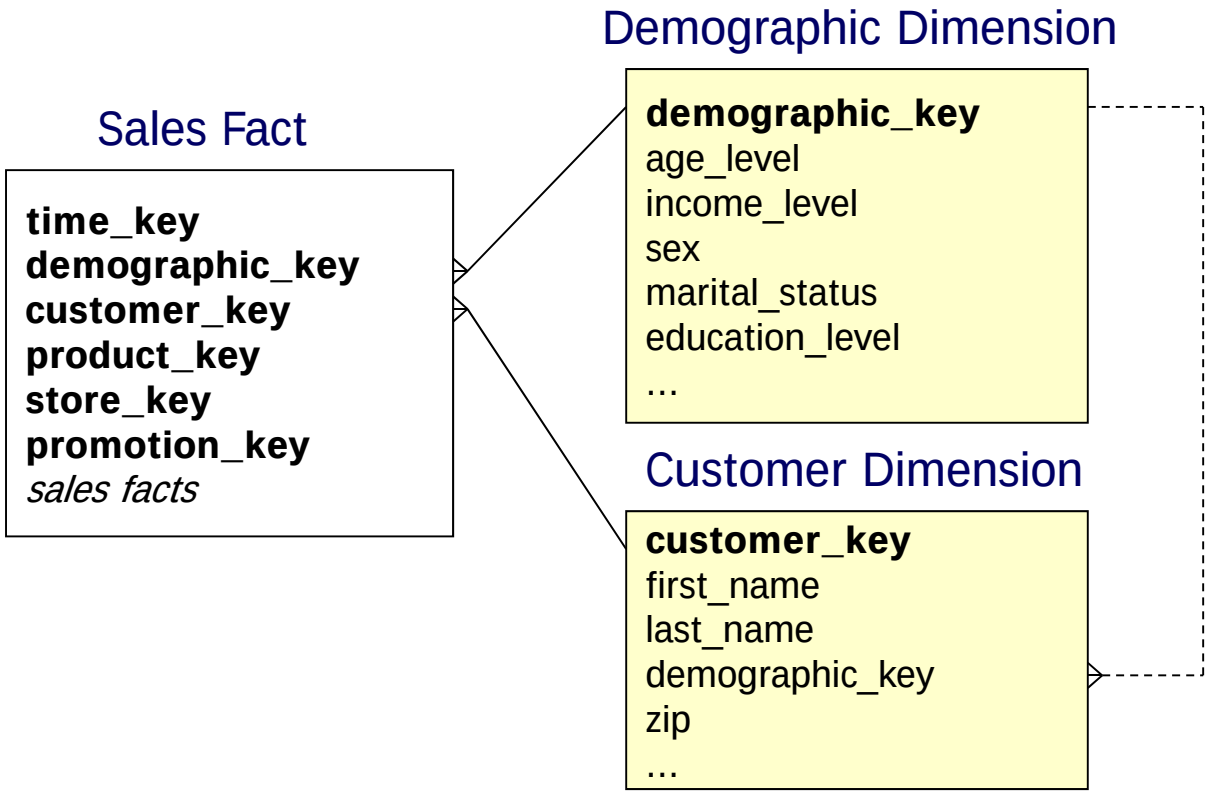
- Alcune attributi della dimensione cliente sono molto utili per specificare criteri di selezione e aggregazione
  - gli attributi della gerarchia geografica
    - ad esempio, zip e città
  - alcuni attributi demografici
    - ad esempio, sesso e stato civile
- Altri attributi non sono mai usati come criteri
  - nome e cognome, e probabilmente nemmeno l'indirizzo
- Infine, altri attributi sarebbe più utili di quelli mostrati se opportunamente raggruppati – nel senso di categorizzati, discretizzati (come prima per la superficie del negozio)
  - ad esempio, fascia di età anziché età, fascia di reddito anziché reddito

Minidimensioni

- Una tecnica utile per dimensioni con numerosi attributi è basata sulla separazione di un gruppo correlato di attributi – ad es., gli attributi demografici del cliente – in una nuova dimensione
  - una tale nuova dimensione è chiamata una minidimensione
    - una minidimensione demografica, nell'esempio
  - la minidimensione demografica descrive le possibili combinazioni significative degli attributi demografici
    - gli attributi continui sono raggruppati in fasce
      - per limitare l'esplosione nel numero di combinazioni, ad esempio, tali da definire al più 100.000 combinazioni significative distinte
    - la classificazione in fasce predefinite
      - limita (parzialmente) le possibilità di analisi
      - migliora notevolmente le prestazioni

La dimensione cliente

- La minidimensione viene solitamente referenziata sia dalla tabella fatti che dalla tabella dimensione

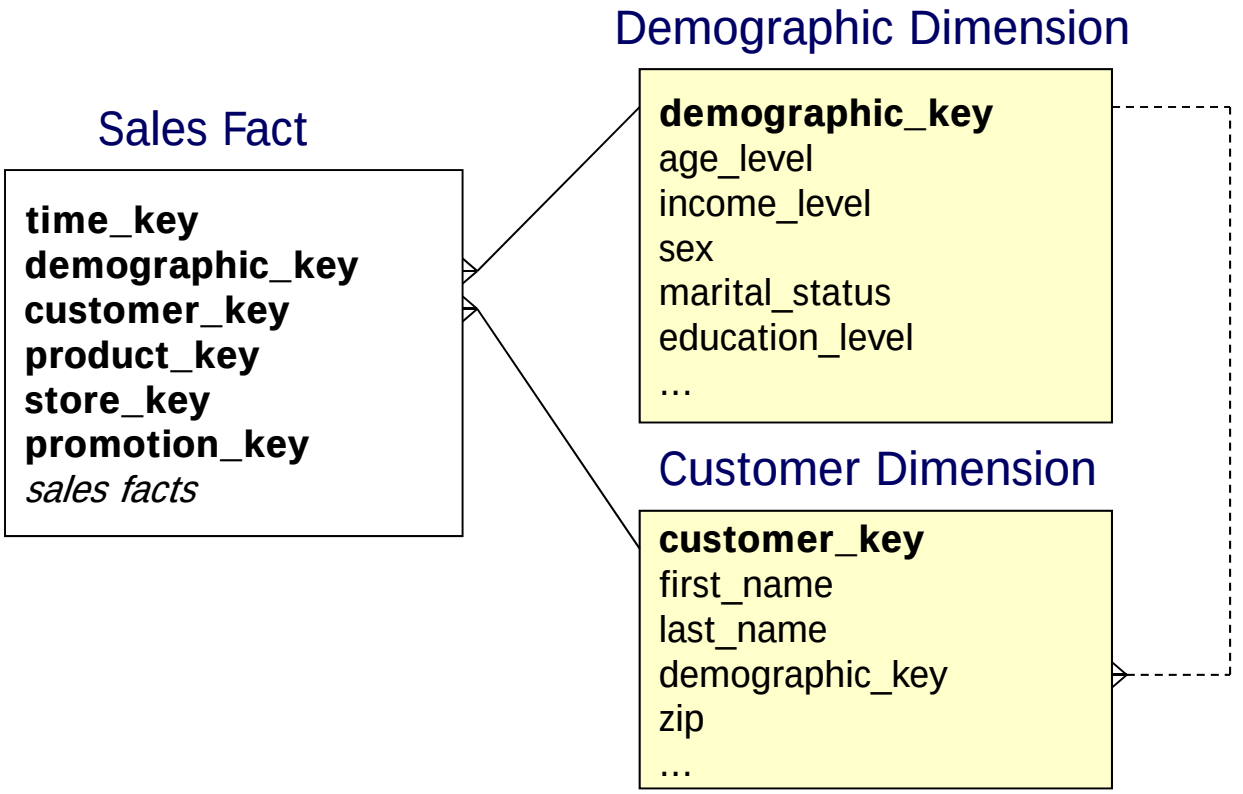


Minidimensioni che cambiano lentamente

- L'introduzione di minidimensioni (come la dimensione demografica) può avere un effetto positivo nella gestione dei cambiamenti di una dimensione principale (grande)
  - ad esempio, per i clienti, i cambiamenti di cui si vuole tenere traccia avvengono solitamente nella minidimensione demografica
  - in questo caso, la dimensione cliente può essere utilmente gestita con la modalità di tipo 1
    - ovvero, semplicemente cambiando il valore di demographic_key nel record del cliente
  - ma si ottengono benefici simili a quelli delle altre tecniche

La dimensione cliente

- La minidimensione è solitamente referenziata sia dalla tabella fatti che dalla tabella dimensione



Minidimensioni che cambiano lentamente

- Adottando per la minidimensione lo schema con il riferimento alla minidimensione sia nella tabella fatti sia nella tabella dimensione si gestisce il tutto in modo flessibile
  - dal cliente è possibile accedere alle informazioni demografiche correnti
  - da una riga della tabella fatti è possibile accedere
    - sia (direttamente) alle informazioni demografiche del cliente al momento della transazione
    - sia (indirettamente) alle informazioni demografiche correnti del cliente

Dimensioni senza proprietà

- Un processo di vendita molto dettagliato
- Il fatto elementare:
  - riga di scontrino
- Ci interessa anche lo scontrino?
  - è possibile, se vogliamo correlate i prodotti venduti insieme
- Ci interessano altre proprietà dello scontrino?
  - forse no, perché potremmo avere considerato tutto ciò che può servire in altre dimensioni

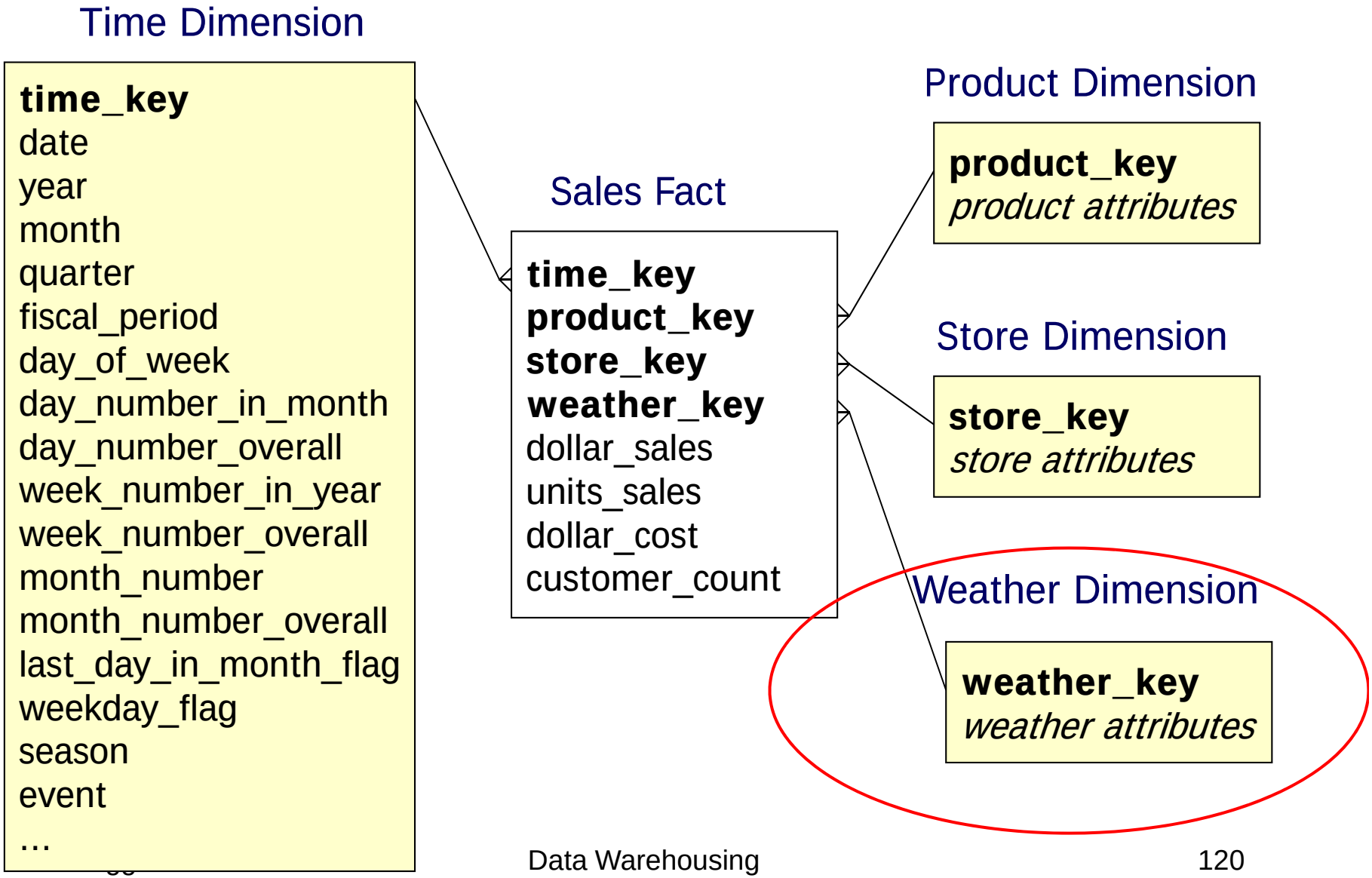
Dimensioni degeneri

- Possiamo introdurre una “dimensione senza tabella dimensionale”
  - dimensione degenere
- È utile rappresentare 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 scontrino
- Nel caso specifico, potremmo avere due campi nella tabella dei fatti
  - Codice scontrino
  - Numero riga
- che non sono misure e non fanno riferimento ad effettive tabelle dimensione
- essi identificano una dimensione degenere "riga di scontrino"
- Tutte le altre dimensioni sono supplementari (anche se ovviamente essenziali ai fini delle analisi di interesse)

Dimensioni degeneri, alternativa

- Una soluzione alternativa (supponendo prodotti diversi in righe diverse) potrebbe prevedere solo
  - Codice scontrino
- In questo caso la dimensione degenere sarebbe relativa al solo scontrino e quindi le righe della tabella dei fatti sarebbero identificate da tale codice e dal codice del prodotto, con le altre dimensioni supplementari

Dimensioni primarie e secondarie



Dimensioni primarie e secondarie

- Fissati il processo (vendite giornaliere dei prodotti) e la grana (unità di vendita per negozio per giorno) bisogna scegliere le dimensioni
  - in questo caso, la scelta delle dimensioni 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 meteo
    - ogni membro della dimensione meteo rappresenta le condizioni meteo che si applicano alle vendite di un giorno in un negozio

Dimensioni secondarie (supplementari)

- Meteo è una **dimensione secondaria** (**supplementare**), nel senso che per ogni possibile combinazione delle dimensioni primarie è univoca la scelta del valore per questa dimensione
  - ovvero, meteo dipende funzionalmente dalla data e dal negozio

- Se una dimensione supplementare non fosse conforme alla grana della tabella fatti (richiedendo maggior dettaglio nei dati, ad esempio perché interessa distinguere condizioni meteo del mattino e del pomeriggio) allora la scelta della grana dovrebbe essere corretta (in alcuni casi, ma non in questo, la dimensione potrebbe essere primaria)

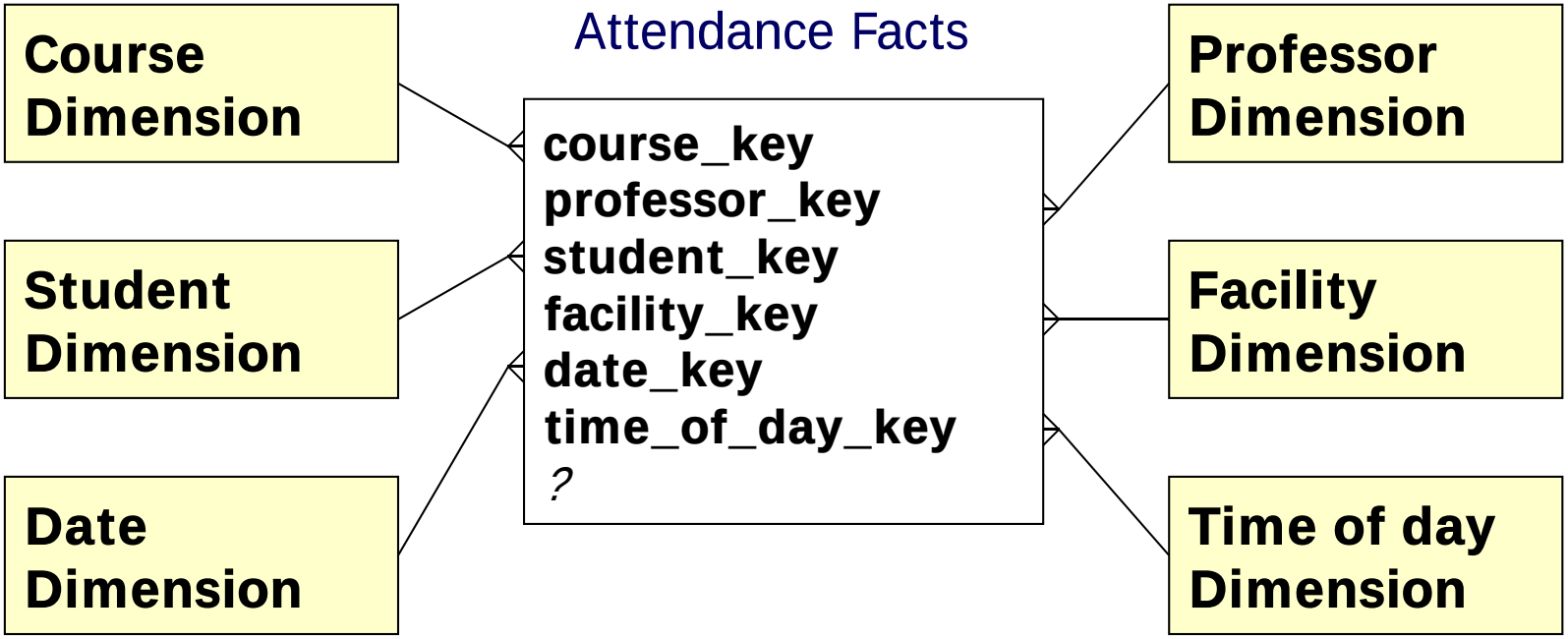
Tabelle fatti senza misure

- In tutti gli esempi finora, le tabelle fatti hanno la struttura
  - due o più chiavi esterne, riferimenti alle chiavi delle dimensioni
  - una o più misure
    - numeriche prese all'intersezioni delle dimensioni

- Alcuni processi interessanti sono caratterizzati da "fatti" che (apparentemente) non hanno proprietà misurabili
  - **tabelle fatti senza fatti**, "**factless fact tables**" o, più correttamente, **tabelle fatti senza misure**
    - Vediamo un caso

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

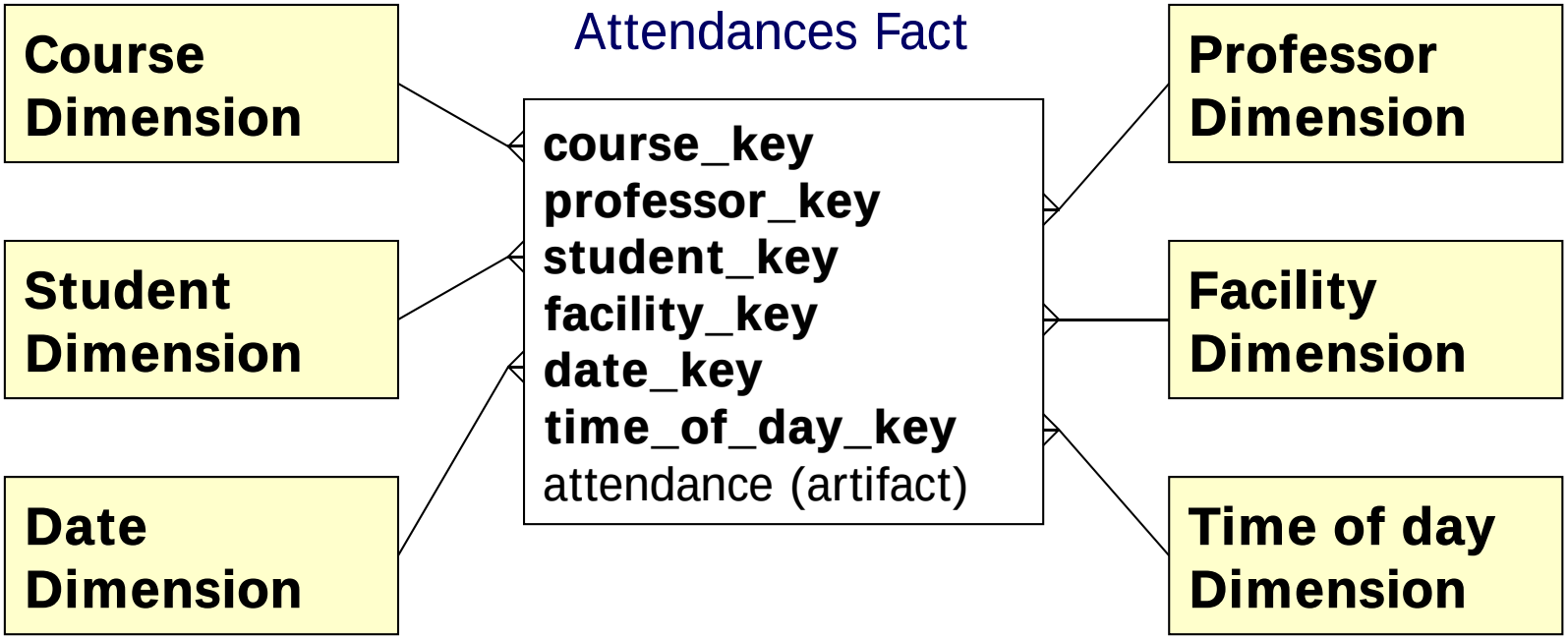


Rappresentazione di eventi

- 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 un insieme di eventi
  - non possono essere sempre calcolate solo con la funzione COUNT di SQL
  - è spesso necessario scrivere COUNT(DISTINCT ...)

Rappresentazione di eventi

- Misura numerica fittizia a cui viene assegnato valore 1



  - è possibile scrivere interrogazioni corrette usando la funzione SUM
    - le interrogazioni risultano più comprensibili

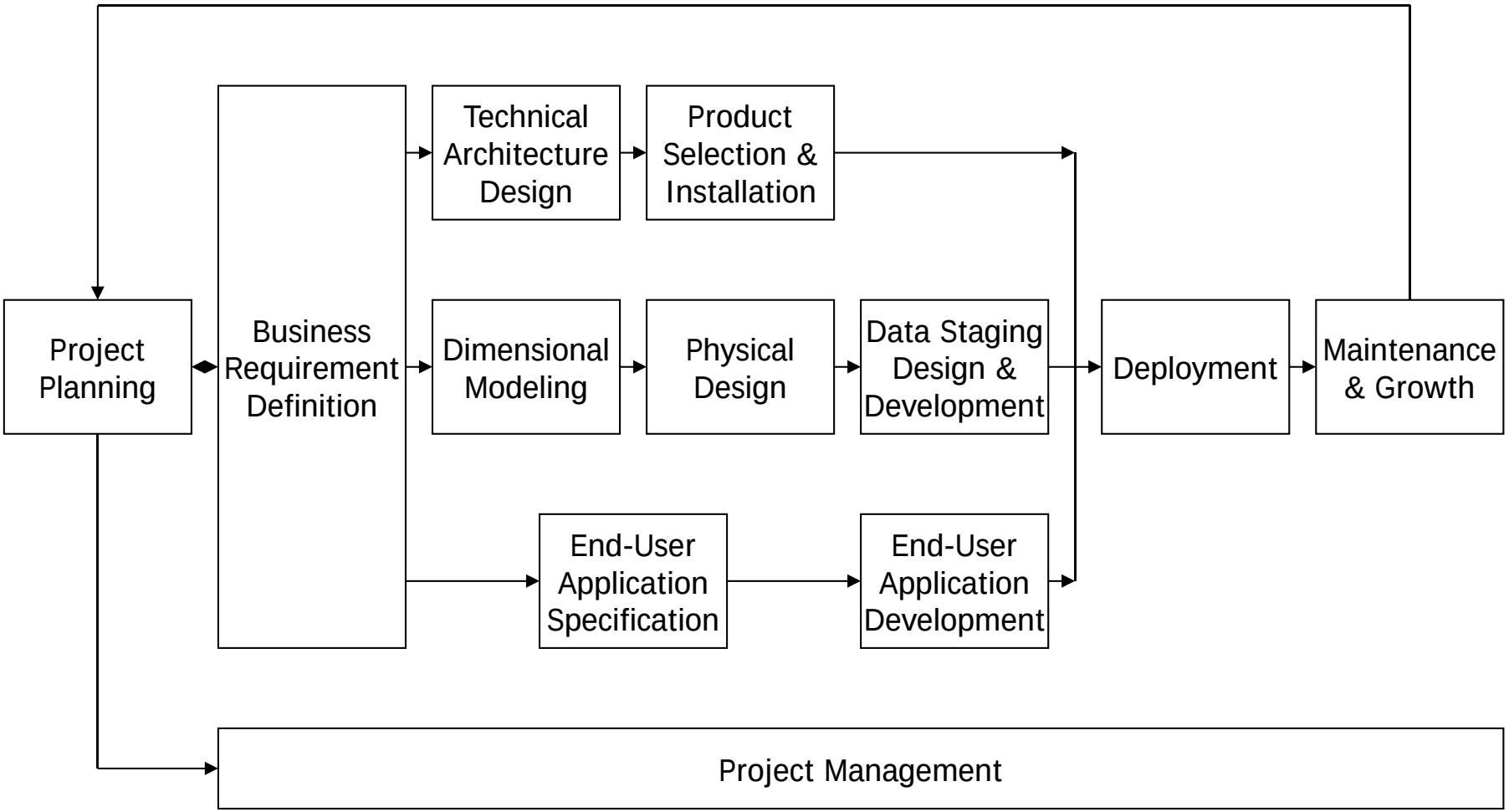
Sommario

Introduzione
  - Basi di dati integrate, sì, ma …
  - OLTP e OLAP
- Data warehouse e data warehousing
- Dati multidimensionali
- Progettazione di data warehouse
- Studi di caso

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

Ciclo di vita dimensionale



Semplificando

- Progettazione di uno schema dimensionale
- Progettazione di un DW dimensionale

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

Progettazione di uno schema dimensionale

- La progettazione di uno schema dimensionale richiede lo svolgimento (in sequenza o quasi) 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 delle **misure** che popoleranno ogni record della tabella fatti

- Queste scelte devono essere guidate
  - dai requisiti
  - dalle sorgenti informative disponibili

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

Progettazione di uno schema dimensionale

- Scelta del **processo** (business process) da modellare
  - per processo si intende un processo operazionale, 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, ...

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 ...
  - Attenzione alle modifiche (“slowly changing dimensions”)
- Scelta delle **misure** che popoleranno ogni record della tabella fatti
  - grandezze di interesse (solitamente numeriche, continue e additivi) del processo selezionato
    - esempi di misure sono la quantità venduta, l’incasso della vendita in dollari, ...

Dall’ER al dimensionale (spunti)

- Individuare sottoschemi relativi a singoli processi
- Fatti:
  - nascono soprattutto dai requisiti; sullo schema ER
    - le entità coinvolte in diverse relationship 1:n con cardinalità massima 1, con attributi non chiave numerici e additivi (o “da contare”):
    - le relationship molti a molti con attributi numerici e additivi
- Dimensioni
  - dalle relationship o entità collegate ai fatti (o loro catene "denormalizzate")

Progettazione di un DW dimensionale

- La progettazione dimensionale è la progettazione logica dei dati del data warehouse, basata sull'architettura a bus
  - 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

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
  - cioè con significato uniforme in tutto il data warehouse

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 il datawarehouse ha (secondo gli esperti) da 10 a 30 data mart

Esempio — una grande azienda 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
  - ...

Selezione dei data mart

- La realizzazione di un data warehouse inizia (di solito) da un data mart
  - significativo
    - ovvero, permette analisi interessanti
  - semplice da realizzare
    - di solito, 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

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

Dimensione conforme

- Una dimensione che ha lo stesso significato in tutti i data mart (e cioè con tutte le 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

Esempio — una grande azienda 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

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

Esempio —grande azienda telefonica

	Time	Customer	Service	Rate Category	Loacl Serive Provider	Calling Party	Called Party	Long-Distance Provider	International Organization	Employee	Location	Equipment Type	Supplier	Item Supplied	Weather	Account Status
Customer billing	X	X	X	X	X			X			X					X
Service orders	X	X	X		X			X	X	X	X	X			X	X
Trouble reports	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Yellow Page Ads	X	X		X		X			X	X	X					X
Customer Inquiries	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X				X	X
Promotions & Comm'n	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X
Billing Call Detail	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Network Call Detail	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Customer Inventory	X	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X		X
Network Inventory	X		X						X	X	X	X	X	X		
Real Estate	X								X	X	X	X				
Labor & Payroll	X								X	X	X					
Computer Charges	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X		
Purchase Orders	X								X	X	X	X	X	X		
Supplier Deliveries	X								X	X	X	X	X	X		
Combined Fields Ops.	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Customer Reln. Mgmnt.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Customer Profit	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Progettazione degli schemi dimensionali

- Successivamente, va completato il progetto degli schemi dimensionali
  - selezione degli attributi delle dimensioni
  - scelta della strategia di gestione dei cambiamenti lenti, per ciascuna dimensione
  - altre scelte di rappresentazione
    - minidimensioni, dimensioni e fatti eterogenei, aggregazioni
  - durata storica del data warehouse
    - quanti dati storici devono essere rappresentati nel data warehouse? con quale grana?
  - pianificazione del caricamento incrementale
    - con che periodicità deve essere aggiornato il data warehouse? con che urgenza?

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

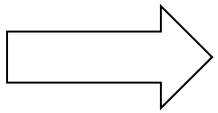
Convenzioni nella progettazione

- 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

Discussione

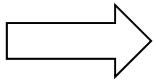
- Come in tutte le attività di progetto, le fasi di una metodologia non vengono mai eseguite in una sequenza perfetta
  - spesso, lo svolgimento di una fase richiede la correzione di scelte fatte nei passi precedenti
    - ad esempio, se la scelta delle dimensioni portasse a una grana diversa per uno 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

Progettazione, approfondimenti



Sommario

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



Studi di caso

Studi di caso

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

Il processo delle vendite

- … in una catena di negozi alimentari
  - 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, ...

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 Sprite
  - ogni variante di confezionamento dei prodotti costituisce una diversa SKU
    - ad esempio, la confezione da 6 lattine di Sprite è una SKU diversa dalla lattina di Sprite

Il processo delle vendite (3)

- 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
- 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

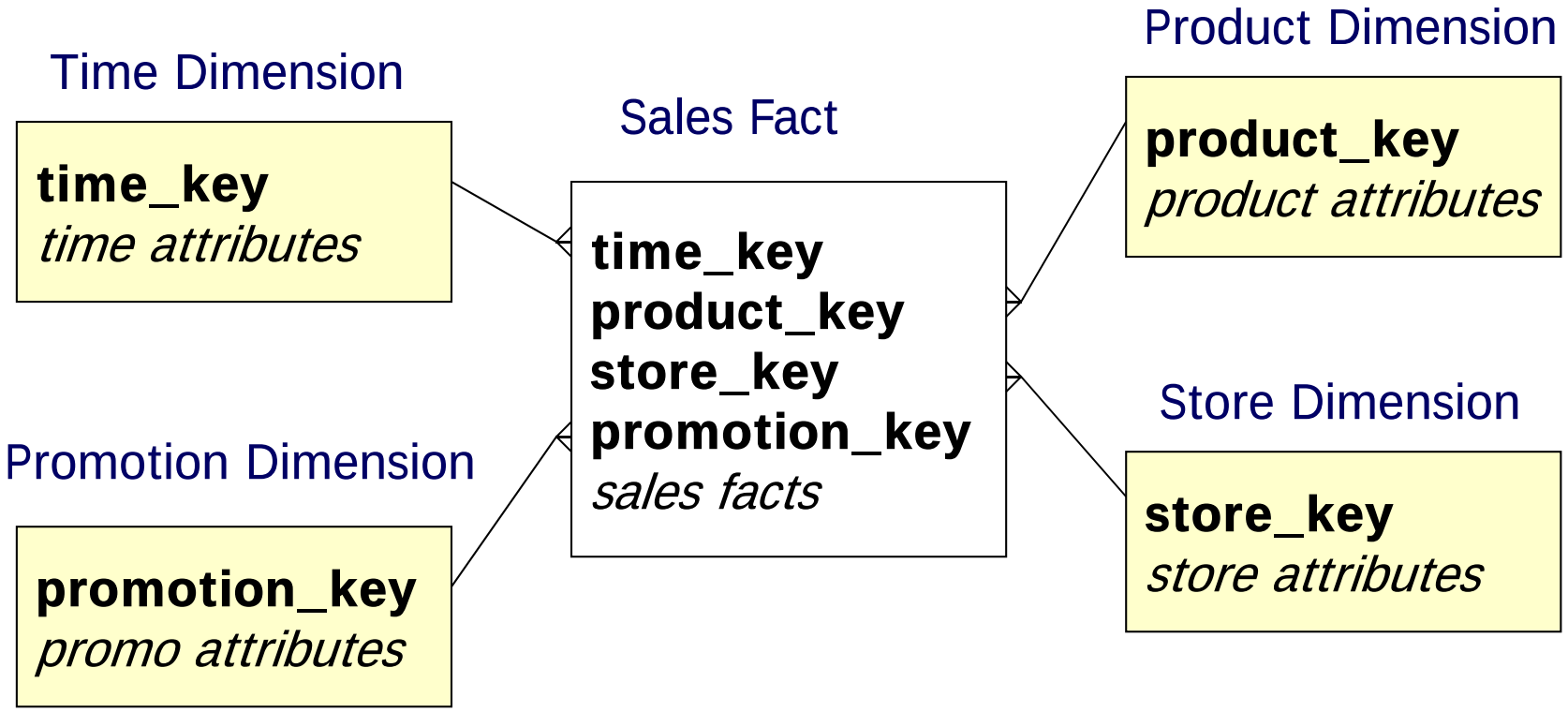
- Se una dimensione supplementare non fosse conforme alla grana della tabella fatti (richiedendo maggior dettaglio nei dati) allora la scelta della grana dovrebbe essere corretta (e la dimensione potrebbe essere primaria)
  - promozione sarebbe una dimensione primaria se ogni membro della dimensione rappresentasse una combinazione delle promozioni che è stata effettivamente applicata a una vendita

Scelta delle dimensioni

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

Schema dimensionale

- Versione preliminare dello schema dimensionale per le vendite



  - la scelta degli attributi delle dimensioni verrà fatta più avanti

Scelta dei fatti

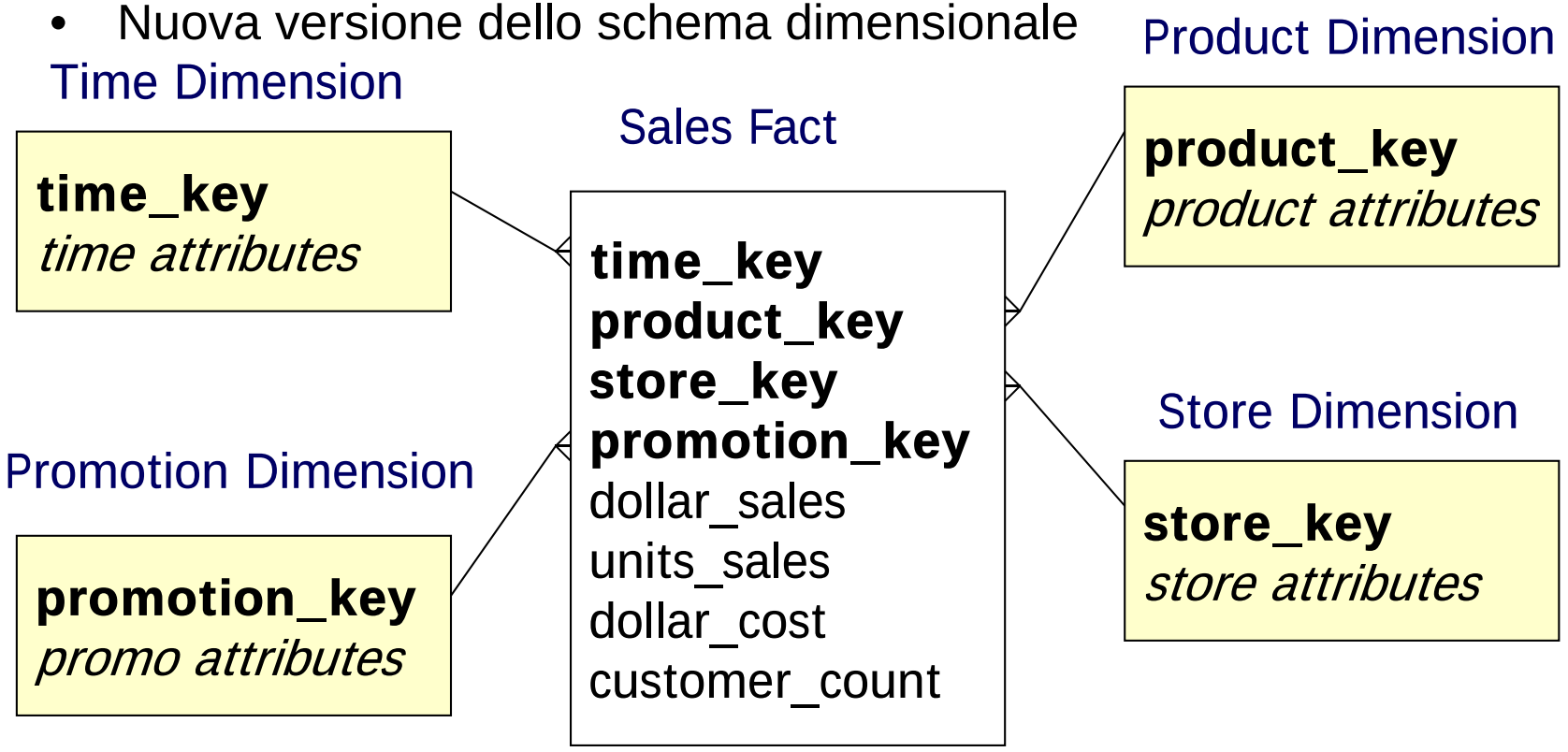
- Le misure disponibili relativamente alle vendite giornaliere dei prodotti (per unità di vendita per negozio per promozione per giorno) sono
  - incasso totale in dollari (**dollar_sales**)
  - numero totale di unità vendute (**units_sales**)
  - costo totale in dollari (**dollar_cost**)
    - relativa 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

Disponibilità delle misure

- 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

Schema dimensionale

- Nuova versione dello schema dimensionale



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

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 500·3.000·365 = 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)

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

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

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

Chiave e attributi della dimensione tempo

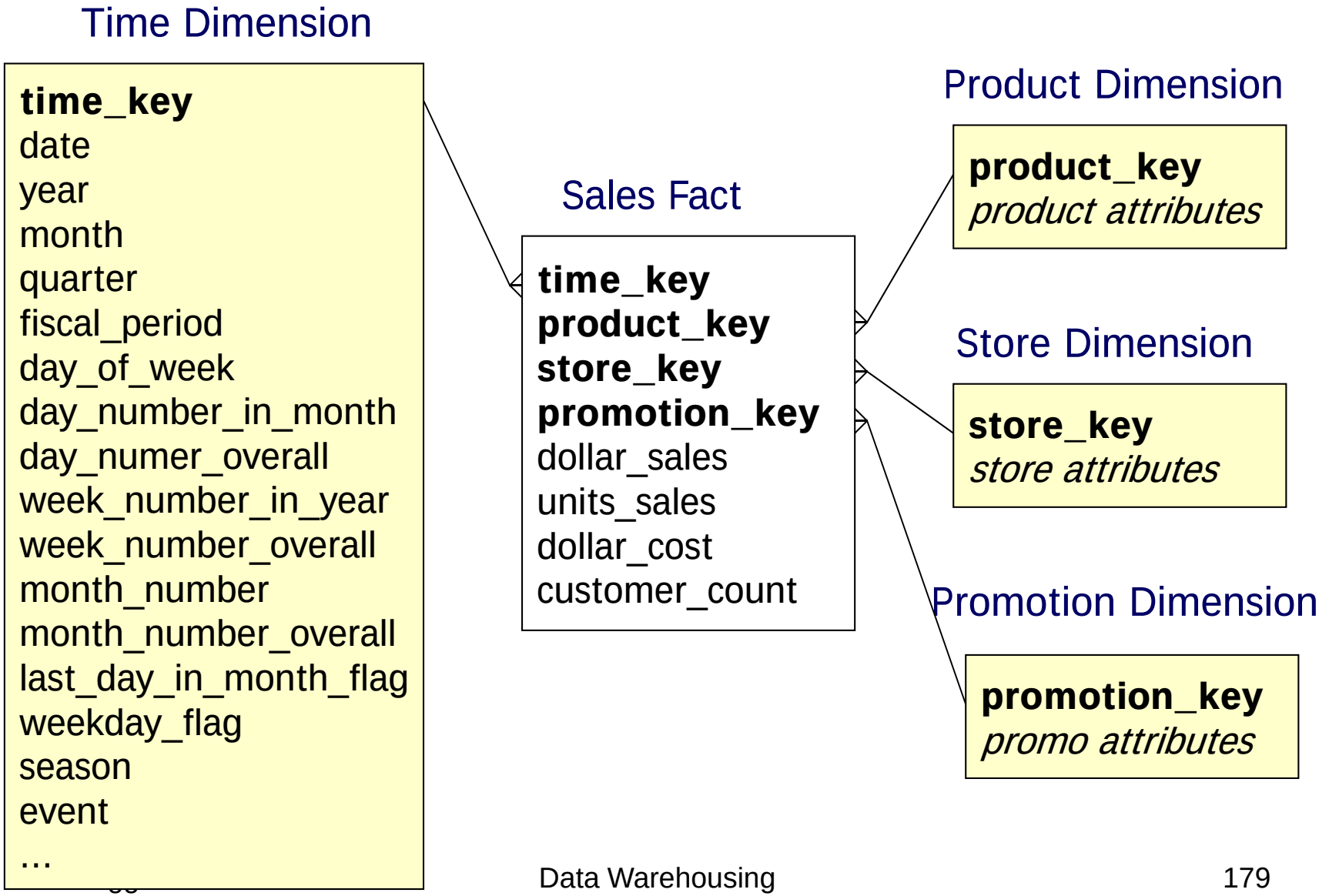
- **day_number_overall** assegna una numerazione consecutiva a tutti i giorni di interesse
  - utile per calcoli aritmetici sulle date
- **week_number_in_year**, **week_number_overall**, **month_number**, **month_number_overall** hanno un significato analogo
- **last_day_in_month_flag** permette di selezionare l'ultimo giorno di ciascun mese
- **holiday_flag** permette di selezionare i giorni feriali/festivi
- **weekday_flag** permette di selezionare i giorni lavorativi

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

La dimensione tempo



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

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**)

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

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

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)

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
- ...

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

Attributo o misura?

- 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

E se le proprietà degli elementi di una dimensione cambiano?

- Ad esempio:
  - un negozio da “piccolo” diventa “grande”?
- La soluzione più semplice ed efficace:
  - un nuovo record per la tabella dimensione, con nuova chiave e nuova categorizzazione, e tutti gli altri attributi uguali
- Tecnica molto importante nota come
  - “**slowly changing dimension**”

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

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

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)

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

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

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

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
    - Abbiamo visto la tecnica delle tabelle fatti senza fatti per poter gestire anche questo tipo di informazioni

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

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

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

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