

UN'INTRODUZIONE AI GEO-DBMS

Alla fine degli anni '70, inizio degli anni '80, i database management systems sono stati introdotti progressivamente per la gestione dei dati non spaziali, hanno costituito un'importante innovazione con notevoli vantaggi ed hanno completamente sostituito le precedenti soluzioni basate su file. Nell'ambito dei sistemi informativi geografici i RDBMS sono stati utilizzati per gestire la componente descrittiva dei dati spaziali mentre per la componente geometrica sono state utilizzate strutture basate su file in formato proprietario. Successivamente sono state sviluppate soluzioni per la gestione anche della componente spaziale consentendo di utilizzare un'unica struttura basata su di un RDBMS per la gestione dell'informazione geografica nella sua interezza. È stata sviluppata anche la necessaria, fondamentale attività di standardizzazione nel settore e quindi la situazione attuale consente di introdurre i RDBMS nei sistemi informativi geografici abbandonando le precedenti soluzioni basate su file. I vantaggi sono molteplici ma per conseguirli, come sempre, è richiesto di affrontare la tematica in modo attento e professionale.

L'evoluzione delle architetture dei sistemi informativi geografici

Più di un decennio fa l'architettura dei sistemi geografici era costituita da insiemi di applicazioni e file eterogenei ed isolati. Ogni soluzione software presente sul mercato manteneva i propri dati geografici utilizzando strutture basate su file caratterizzati da formati specifici e di conseguenza l'unico metodo per condividere dati geografici tra due sistemi basati su diverse soluzioni software era la conversione da un formato all'altro. Ben presto i maggiori GIS provider consentirono la lettura anche di formati diversi da quello proprio introducendo il concetto di "direct read". La crescente esigenza di informazioni territoriali ha condotto però rapidamente alla creazione di una considerevole quantità di insiemi di dati da utilizzare e condividere da parte di sistemi diversi, evidenziando i limiti della soluzione "direct read".

Il problema dell'interoperabilità, già evidenziato sin dalla nascita dei primi GIS, si presenta quindi sempre più pesantemente e sollecita soluzioni adeguate ed efficienti.

Il primo passo verso un'architettura di sistemi distribuiti e tra loro interoperabili è l'integrazione dei dati in un DataBase Management System (DBMS) che permetta la gestione della componente alfanumerica e di quella geometrica del dato geografico. A questo DBMS devono poter accedere i diversi sistemi basati su soluzioni software di diversi GIS provider.

Il fatto che i dati geografici non abbiano più una struttura file-based, ma vengano mantenuti in

una base di dati centrale, il geo-DBMS, presenta vantaggi considerevoli non soltanto dal punto di vista dell'interoperabilità, ma anche per quanto riguarda la gestione del dato stesso.

Non si utilizzano più file diversi, spesso in gran numero e di notevoli dimensioni, non correlati tra loro, ma un unico insieme di dati strutturati dove:

- le componenti, geometrica ed alfanumerica, sono integrate, un'unica entità è dotata di attributi e di descrizione geometrica;
- è possibile stabilire relazioni tra i dati stessi;
- si introducono indici spaziali che consentono un notevole miglioramento delle prestazioni del sistema;
- la ridondanza è minimizzata;
- l'integrità del dato è ottimizzata;
- esiste un linguaggio per la gestione e l'interrogazione del database.

Naturalmente sono presenti tutti i vantaggi generali legati all'utilizzo di un DBMS in termini di facilità di gestione e di sicurezza.

Un ulteriore passo avanti sulla strada dell'interoperabilità è stato fatto con l'introduzione del concetto di "Web service" che consente di utilizzare dati resi disponibili sulla rete senza conoscere la loro struttura e senza disporre di alcuna applicazione specifica.

Il Web service rende possibile lo scambio di dati in forma di messaggi in linguaggio XML tra sistemi eterogenei. Grazie al "Universal Description Discovery and Integration" (UDDI) è possibile reperire i diversi provider di Web service che interessano ed ottenere la descrizione dei ser-

vizi di loro forniti grazie ai documenti "Web Services Description Language" (WSDL) ad essi associati. Assumendo che client e server si attengono al contratto descritto dal WSDL, questi possono comunicare tra di loro inviandosi messaggi XML via HTTP.

Nel caso dell'informazione geografica i Web service si stanno rivelando particolarmente efficaci sia in relazione alle tipiche caratteristiche dell'informazione geografica (che si reperisce all'esterno, che richiede funzioni specifiche per la sua elaborazione, che presenta formati diversi ecc.) sia che per la flessibilità architeturale che consentono.

In un'architettura basata su Web service, i diversi sistemi client possono accedere, attraverso un web service, ai dati contenuti nel geo-DBMS. Il client richiede i dati al Web service di interesse inviandogli un messaggio XML, questo analizza la richiesta, estrae dalla base di dati quelli richiesti e li spedisce al client in un messaggio XML. Grazie a questo modello non è più necessario uno stretto legame tra client e server e, aspetto molto importante, è possibile utilizzare dati geografici di fonti diverse senza la necessità di applicazioni specifiche e di diretto accesso per il loro utilizzo. La figura 1 illustra l'evoluzione delle architetture dei sistemi informativi geografici appena descritta.

Organizzazione dei dati

Ricordiamo innanzitutto che tratteremo di dati di tipo vettoriale.

Nel geo-DBMS un oggetto geografico, descritto dalla sua forma nello spazio, inserita in un siste-

CURRICULUM VITAE



MASSIMO RUMOR

Laurea in Ingegneria Elettronica nel 1970, Università di Padova. Docente in Sistemi Informativi presso l'Università di Padova e l'Università IUAV di Venezia. Consulente in Sistemi Informativi e Sistemi Informativi Geografici, disegno ed implementazione di database geografici, strategie e progetti di IT. Dal 1980 al 1994: direttore del Sistema Informativo del Comune di Padova. Presidente UDMS (Urban Data Management Society), Delft (NL). Membro di altre organizzazioni operanti nel campo dei GIS e di vari comitati scientifici. Più di 25 pubblicazioni.



ALESSANDRA SCOTTÀ

Laurea in Ingegneria Informatica conseguita nel 1998, Università di Padova. Dipendente della ditta Geodan IT BV, Amsterdam, Olanda. Dal 1999 al 2004 dipendente della ditta Fugro-Inpark BV, operante nel gruppo di sviluppo GIS. Due pubblicazioni in convegni internazionali.

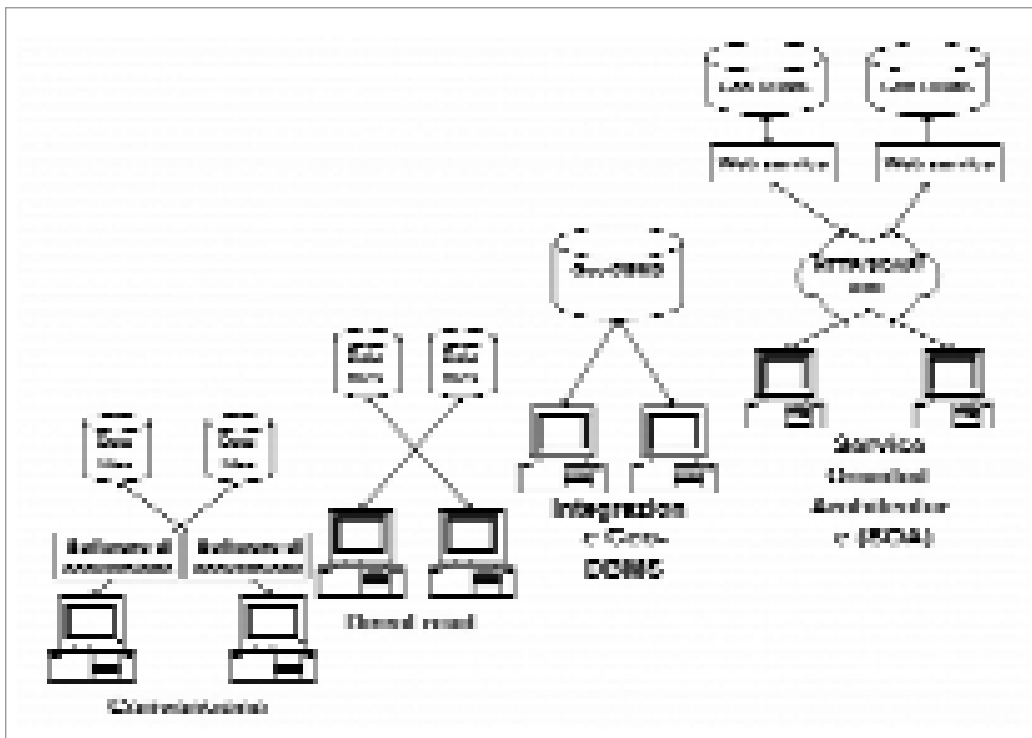


FIGURA 1 - L'EVOLUZIONE DELLE ARCHITETTURE DEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI

ma di riferimento e da dati di tipo alfanumerico è rappresentato da un'entità dotata di due componenti:

- componente alfanumerica (attributi);
- componente spaziale (geometria).

La geometria è definita da:

- il tipo di geometria (punto, poligono, polilinea, ecc.);
- una lista di coordinate definenti la geometria nello spazio. La maggior parte dei geo-DBMS gestisce coordinate definite in uno spazio 2-dimensionale (2D) ed in uno spazio 3-dimensionale (3D);
- la definizione delle proprietà del sistema di riferimento adottato, espresse attraverso lo "Spatial Reference Identifier" (SRID).

Gli oggetti geografici vengono gestiti come tabelle di un DBMS di tipo relazionale (RDBMS).

Ogni record della tabella rappresenta un oggetto definito nello spazio da un insieme di coordinate in un definito sistema di riferimento.

In lingua inglese le tabelle delle entità rappresentanti gli oggetti geografici sono denominate "feature tables" dove ogni record rappresenta un'entità o, in inglese, una "feature".

SQL

Con riferimento alle basi di dati di tipo relazionale, è opportuno ricordare la potenza di SQL ("Structured Query Language"), il linguaggio strutturato più importante e diffuso per l'interrogazione e gestione di tali basi di dati.

I comandi definiti nel linguaggio SQL si possono suddividere nelle seguenti tre principali categorie:

- comandi di tipo DML ("data manipulation language") finalizzati alla manipolazione dei dati, tra cui INSERT (inserimento), DELETE (cancellazione), UPDATE (aggiornamento), SELECT (selezione);
- comandi di tipo DDL ("data definition language") per la creazione, modifica ed eliminazione di oggetti e struttura fisica della base di dati, tra cui ALTER INDEX (modifica di indice), DROP TABLE (eliminazione di tabella), CREATE INDEX (creazione di indice);
- comandi di tipo DCL ("data control language") per il controllo della sicurezza, tra cui GRANT (concessione di un privilegio ad un utente o gruppo d'utenti) e REVOKE (revoca di un privilegio ad uno o più utenti) e controllo della transizione, tra cui COMMIT (confermazione delle modifiche operate durante l'operazione corrente) e ROLLBACK (annullamento delle modifiche operate durante l'operazione corrente).

Oltre ai comandi SQL per la gestione di dati alfanumerici, alcuni geo-DBMS dispongono anche di una vasta gamma di comandi di tipo spaziale. Tra questi si trovano funzioni di trasformazione, di manipolazione, di controllo topologico, funzioni per gestione della referenza lineare ("linear referencing") e della segmentazione dinamica ("dynamic segmentation").

La specifica "OpenGIS Simple Feature Specifications for SQL" di cui si tratta nel seguito, prevede un ampio insieme di comandi per il

trattamento delle geometrie supportate.

Utilizzando le funzioni SQL il geo-DBMS fornisce direttamente risultati altrimenti ottenibili utilizzando applicazioni dotate della possibilità di eseguire operazioni di tipo spaziale.

Indici di tipo spaziale

Gli indici di tipo spaziale rappresentano un aspetto importante nell'ambito delle basi di dati. Un indice di tipo spaziale, come ogni altro tipo di indice, prevede un meccanismo per rendere più efficienti le ricerche, che in questo caso sono basate su criteri spaziali.

Si tratta di ricerche quali le query spaziali (selezione di elementi contenuti, selezione di elementi che contengono, ecc.) o le join spaziali per la ricerca di oggetti appartenenti a due mappe diver-

se (dovremmo dire due tabelle o due geo-DBMS diversi) tra i quali si vuole evidenziare una relazione spaziale (per esempio la ricerca di tutte le città attraversate da un dato fiume).

Due sono i tipi di indici spaziali più comunemente usati: indici R-tree e indici Quadtree.

Gli indici R-tree approssimano la geometria di un'entità con il rettangolo di area minima che racchiude la geometria, tale rettangolo è chiamato spesso con il termine inglese di "minimum bounding rectangle", o MBR.

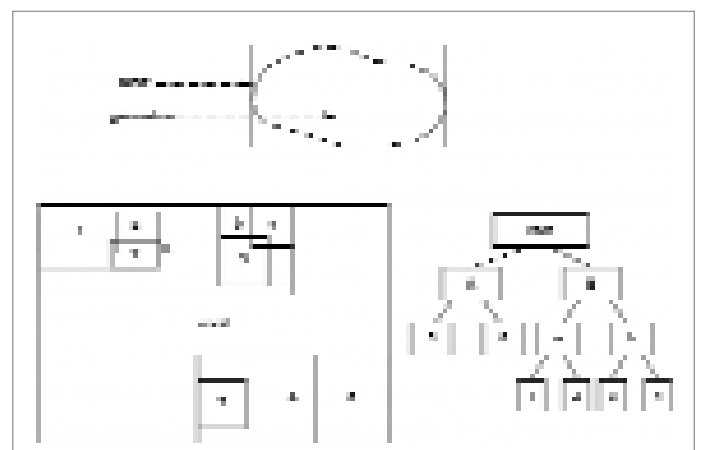
Gli indici di una tabella delle entità sono rappresentati con una struttura gerarchica ad albero i cui nodi rappresentano gli MBR della componente spaziale di ogni entità.

Come si vede in figura 2, dove è riportato un esempio di costruzione di indici R-tree e la struttura gerarchica derivata:

- 1, 2, 3, 4, 5, 6 rappresentano gli MBR della componente geometrica di alcune entità;
- a contiene gli MBR 1 e 2, b contiene gli MBR 3 e 4;
- A contiene gli MBR 5 e 6, B contiene gli MBR a e b;
- la root, vertice dell'albero, contiene gli MBR A e B.

Utilizzando invece gli indici Quadtree, lo spazio definito da una tabella delle entità è soggetto ad un processo di suddivisione in quadranti che creano un mosaico, noto anche con il termine inglese di "tessalation". Lo spazio è individuato da un rettangolo e il primo livello di decomposizione suddivide tale spazio a metà lungo le due coordinate, ottenendo quattro quadranti al primo livello. Ogni quadrante che interagisce con la componente geometrica delle entità viene ulteriormente suddiviso in altri quattro quadranti. Il processo è interrotto sulla base di criteri quali il numero massimo di tasselli da usare o la misura minima dei tasselli. Tutti i tasselli ottenuti possono essere individuati e ordinati grazie ad una curva che percorre lo spazio e attraversa tutti i tasselli definiti durante il processo di decomposi-

FIGURA 2



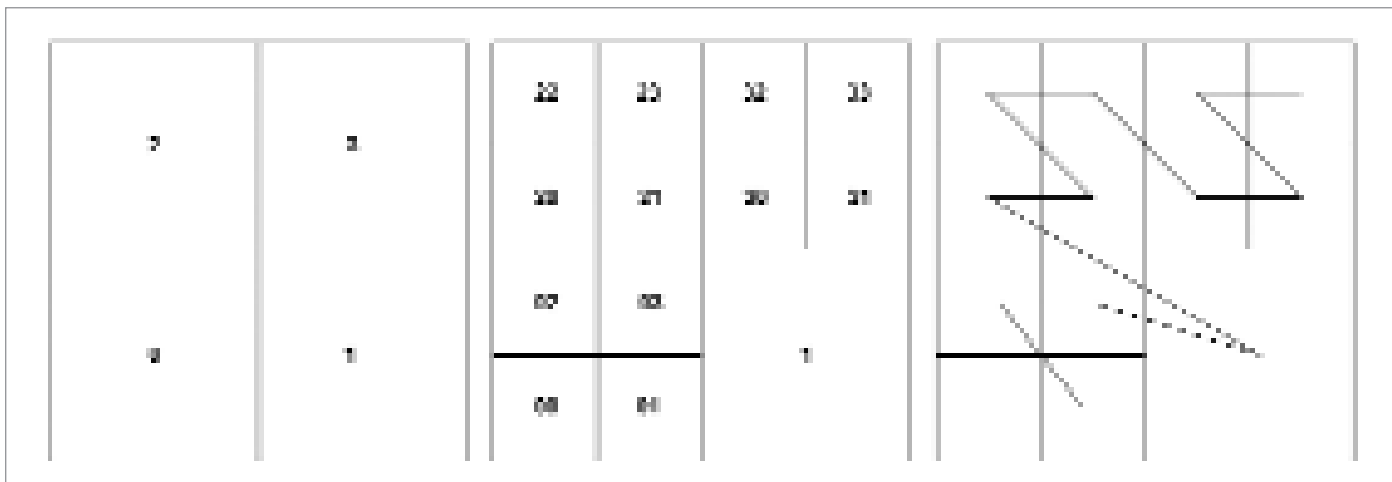


FIGURA 3 - LA SUDDIVISIONE IN QUADRANTI E LA CURVA DI PEANO

zione. Si utilizza una curva detta Curva di Peano (anche Hilbert o Morton). Ai tasselli vengono assegnati dei codici identificativi, noti anche come Codici Morton. Si veda la figura 3.

Il numero di tasselli è proporzionale all'accuratezza dell'indice, accuratezza che va scelta in modo tale da ottimizzare le prestazioni in quanto un elevato numero di tasselli provoca anche un maggiore carico per la gestione degli indici da parte del geo-DBMS.

La specifica "OpenGIS Simple Feature Specification for SQL" di Open Geospatial Consortium

L'Open Geospatial Consortium, Inc. (www.opengeospatial.org) ha prodotto la specifica "Simple Feature Specifications for SQL",

(http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=829) che specifica un insieme di dati di tipo spaziale e le relative funzioni per la loro gestione. L'aggettivo "semplice", indica entità dotate di geometrie definite in uno spazio 2D e senza punti anomali quali ad esempio intersezioni o tangenze tra parti della loro frontiera. Si tratta di un insieme di geometrie sufficienti per la modellazione di ogni caso pratico. La struttura definita, di tipo gerarchico, ha come vertice della piramide la classe GEOMETRY, caratterizzata da un sistema di coordinate (SRID) e dal fatto di essere astratta e quindi non istanziabile. Tutte le altre classi, astratte o meno, come POINT, LINESTRING o POLYGON derivano dalla classe GEOMETRY, il che implica che ogni classe può essere trattata come un oggetto GEOMETRY e che ogni funzione operante su GEOMETRY può essere applicata a tutti gli altri oggetti spaziali. Si veda la figura 4, tratta direttamente dalla specifica OGC citata.

La specifica prevede un ampio insieme di funzioni SQL per le varie geometrie supportate. Tra le funzioni più usate troviamo quelle che valutano

la prossimità tra oggetti, come Overlap, funzioni che combinano due oggetti spaziali per crearne un altro, come Envelope, e funzioni che gestiscono la conversione delle geometrie dal formato del database a formato binario o formato testuale, AsText e AsBinary, e viceversa, GeomFromText e GeomFromWKB che consentono di passare le geometrie al database. Le specifiche definiscono, infatti, due formati per la rappresentazione esterna dei dati spaziali: WKB, Well Known Binary e WKT, Well Known Text.

Ad esempio un poligono con solo una frontiera esterna si descrive in forma WKT come segue: 'POLYGON ((10 10, 10 20, 20 20, 20 15, 10 10))'

La topologia nei geo-DBMS

Un altro aspetto importante nell'ambito dei geo-DBMS, che merita di essere almeno brevemente citato, è la loro capacità di mantenere anche relazioni topologiche tra le entità, la possibilità cioè di realizzare e gestire una topologia persistente. I dati spaziali con relazioni topologiche associate vengono gestiti nel geo-DBMS in una struttura piuttosto complessa basata su due livelli: un livello geometrico contenente componenti geometriche basate su primitive geometriche indipendenti tra di loro e un livello topologico contenente entità topologiche basate su primitive topologiche.

Tabelle topologiche contengono le relazioni tra le entità topologiche a loro volta relazionate alle corrispondenti entità geometriche.

GIS standard

Come ben noto, l'ISO, attraverso il lavoro del TC211, ha proposto una serie di standard, la serie 19100, per l'informazione geografica. Si tratta di una notevole e complessa documentazione, che, ovviamente, non è possibile illustrare né introdurre in questa sede. Possiamo solo ricordare che, con l'obiettivo di garantire l'interoperabilità, la

serie di standard prevede l'adozione di un modello dei dati spaziali e specifica le regole per l'utilizzo di tale modello nella progettazione delle basi di dati geografici. Altrettanto importante e complessa è la documentazione che, in parallelo, l'Open Geospatial Consortium ha emanato per l'implementazione degli standard tra i quali il già citato documento "OpenGIS Simple Features Specification for SQL", i documenti di specifiche per i web service nonché le specifiche del linguaggio GML.

A livello nazionale va ricordato il lavoro di IntesaGIS che ha prodotto una serie di documenti tra i quali le specifiche per la realizzazione dei database topografici di interesse generale. Dei risultati del lavoro di IntesaGIS si è già discusso ed ancora si discuterà. In questa sede evidenziamo il fatto che vi sono indicazioni specifiche per la strutturazione dei dati geografici in geo-DBMS allineate alle indicazioni internazionali.

Le soluzioni commerciali per i geo-DBMS

Tra le soluzioni commerciali di maggior rilievo, vengono qui introdotti, per motivi di spazio, solamente i due maggiori rivenditori di geo-RDBMS: Oracle ed ESRI.

ESRI (www.esri.com), il maggiore GIS provider mondiale, ha introdotto il termine geodatabase nell'ambito dei geo-DBMS. Il vantaggio principale del geodatabase della ESRI rispetto ad altre soluzioni è il fatto di essere indipendente dal RDBMS scelto e in particolare il fatto che non richiede che questo debba essere dotato necessariamente di una componente spaziale. Grazie al componente ArcSDE (Spatial Engine Database) che funge da ponte tra i prodotti client ed il RDBMS scelto, si possono gestire i dati spaziali utilizzando vari RDBMS quali SQL Server, Oracle, Informix, DB2 o anche Microsoft Access. Sono disponibili due tipi di architettura: il modello 3-tier e il modello 2-tier.

Nel modello 3-tier un componente server, ArcSDE Server, interpreta i dati codificati nella base di dati, li traduce e rende disponibili alle applicazioni client. Il software del livello intermedio può accedere e combinare dati provenienti da RDBMS diversi ed indipendenti tra di loro permettendo al livello client di condividere dati geografici di diverso formato e provenienza.

Nel modello 2-tier, le applicazioni client accedono direttamente al RDBMS senza il bisogno di installare e gestire ArcSDE Server, grazie all'uso di ArcSDE API (Application Program Interface) che rendono possibile l'accesso diretto del client al database. Si tenga presente che il modello 2-tier non è consigliabile se la base di dati da gestire ha dimensioni considerevoli, in questo caso è preferibile l'utilizzo del modello 3-tier.

Lo svantaggio fondamentale della soluzione ESRI è l'obbligo dell'acquisto di ArcSDE in ogni caso, sia che il RDBMS utilizzato sia dotato di componente spaziale o meno.

ESRI non consente tuttora l'accesso diretto dei propri client ai geo-RDBMS di mercato, come per esempio Oracle Spatial, comportando di conseguenza un aumento dei costi del sistema.

Un secondo svantaggio è che i dati geografici vengono mantenuti in tabelle contenenti un unico tipo di primitiva geometrica (punto, linea o poligono) a differenza di Oracle Spatial che permette la presenza di più primitive in una tabella.

Oracle Corporation (www.oracle.com) è stata forse la prima società mondiale ad introdurre la componente spaziale nella base di dati relazionale. Attualmente Oracle Spatial e Oracle Locator (la versione semplificata di Spatial), costituiscono la soluzione più richiesta a livello di sistemi Enterprise. La componente spaziale di Oracle consente di accedere, utilizzare e gestire dati geografici senza dipendere da API fornite da altre società. Oracle consente la gestione di dati geografici dotati di strutture complesse, come ad esempio dati aventi relazioni topologiche, net-

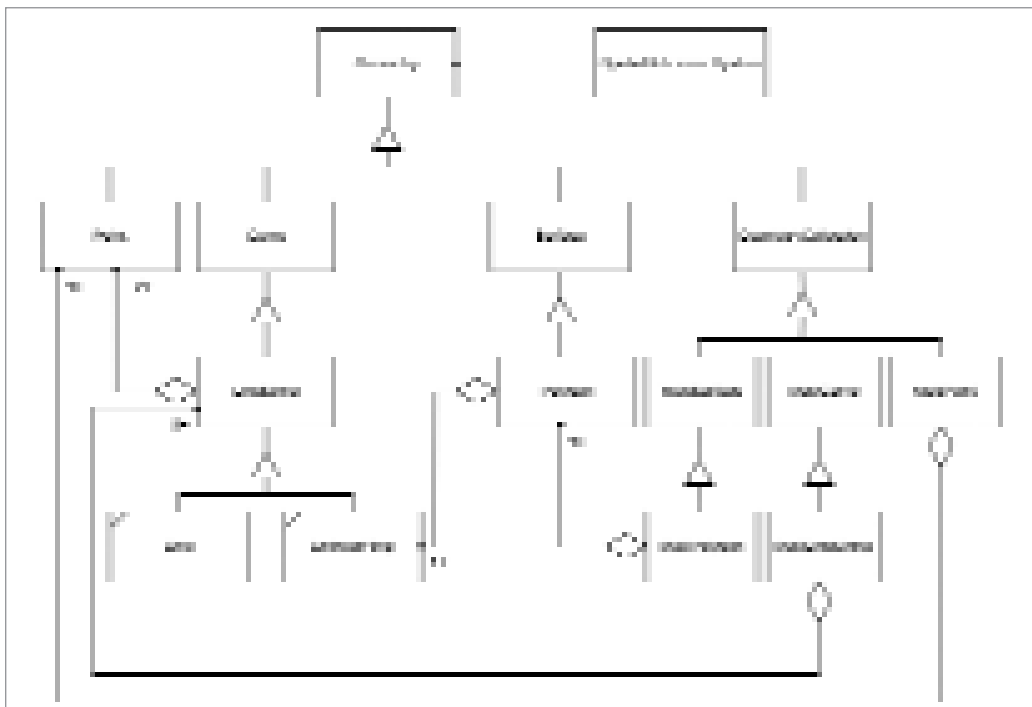


FIGURA 4 - LA STRUTTURA DATI PREVISTA NELLA SPECIFICA "OPENGIS SIMPLE FEATURE SPECIFICATIONS FOR SQL"

work, strutture tridimensionali, dati definiti con il metodo della referenza lineare e dati rappresentanti indirizzi (geocodifica). Oracle possiede funzioni per la gestione spaziale che possono essere utilizzate attraverso il linguaggio PL/SQL, estensione di SQL, linguaggio procedurale server-side, facile da usare, molto simile a SQL. Inoltre Oracle fornisce anche prodotti per la visualizzazione e gestione di mappe, come ad esempio l'applicazione Java (J2EE) Map Viewer.

Le soluzioni Open Source

Tra le soluzioni Open Source di maggior rilievo, vengono qui brevemente introdotte PostGIS e MySQL. PostgreSQL (www.postgresql.com), il cui sviluppo è iniziato una quindicina di anni fa, sta diventando il (object-relational) database management system de facto nelle soluzioni Open Source. PostGIS (www.postgis.com), sviluppato dalla Refractions Research (www.refractions.net) come progetto di ricerca nel campo della tecnologia dei database Open Source, aggiunge la componente spaziale a PostgreSQL, permettendo il suo uso anche nell'ambito dei sistemi informativi geografici. Lo sviluppo di PostGIS, in costante progresso, ha seguito sin dall'inizio la specifica "Simple Features Specification for SQL" dell'OGC. Attualmente PostGIS gestisce tutti gli oggetti e le funzioni spaziali definite da tali specifiche ed inoltre estende tali standard riconoscendo e mantenendo anche oggetti aventi coordinate del tipo 3DZ (x,y,z), 3DM (x,y,m) e 4D (x,y,z,m). I progetti di sviluppo futuri sono orientati verso l'introdu-

zione di concetti topologici, di coverage, modelli di superfici, network, ecc. Si prevedono inoltre il supporto integrale OpenGIS, lo sviluppo di applicazioni desktop finalizzate a visualizzazione, analisi, editing di dati e lo sviluppo strumenti per lo sviluppo di applicazioni web-based.

Anche MySQL (www.mysql.com), database management system relazionale molto diffuso, ha introdotto la componente spaziale secondo la specifica "Simple Features Specification for SQL". Come PostgreSQL, anche MySQL fornisce un ricco insieme di funzioni di tipo spaziale raggruppati in quattro categorie principali: funzioni per la conversione di geometrie da un formato all'altro, funzioni che prevedono l'accesso a proprietà quantitative e qualitative di una componente geometrica, funzioni che descrivono relazioni tra due geometrie e funzioni che creano nuove geometrie da esistenti geometrie.

Come realizzare un geo-DBMS

Esaminiamo brevemente i passi fondamentali che un'organizzazione deve compiere per strutturare i propri dati geografici in un geo-DBMS. Il primo, fondamentale passo, naturalmente, è il disegno del modello dei dati. Un buon modello di dati è di fondamentale importanza per produrre una base di dati che possa avvalersi di tutti i vantaggi propri dei geo-DBMS citati in precedenza. Lo sviluppo del modello di dati richiede conoscenze considerevoli sia nell'ambito delle basi di dati che delle problematiche specifiche dei sistemi di informazione geografica. Richiede inoltre conoscenza dell'insieme degli standard citati in

precedenza e delle caratteristiche delle soluzioni tecnologiche disponibili. Uno dei metodi attualmente più utilizzati per l'elaborazione del modello di dati è l'impiego del linguaggio UML ("Unified Modeling Language"), linguaggio standard grafico utilizzabile anche per la modellazione di basi di dati (anche relazionali) ed è utilizzato anche da ISO e da OGC. Diversi software sono disponibili sul mercato per la costruzione di modelli in UML e la maggior parte consente anche una generazione automatica di comandi in linguaggio SQL (DDL) a partire dal corrispondente modello UML. I comandi così generati possono facilmente essere eseguiti all'interno della base di dati. Il passo successivo è la scelta dello strumento tecnologico tra le soluzioni disponibili senza, a nostro avviso, trascurare quelle OSS. Si tratta di una scelta importante ed impegnativa che deve tener conto di una molteplicità di fattori tecnici ed organizzativi.

Bisognerà naturalmente predisporre poi gli strumenti per consentire accesso, utilizzo e gestione del geo-DBMS da parte degli utenti. A questo punto, effettuate le operazioni tecniche necessarie, si deve procedere al popolamento della banca dati. Si presentano due alternative: il popolamento della banca dati a partire da rilievi progettati ad hoc o la migrazione da dati presenti in strutture e formati tradizionali. Ovviamente si presenteranno in pratica situazioni in cui si adotterà una combinazione delle due alternative. In situazioni in cui non sono già presenti dati non si potrà ovviamente che procedere a rilievi, ma, in generale, le organizzazioni già dispongono di un patrimonio di dati geografici in

formato tradizionale e quindi si impone una scelta tra le due alternative. Tale scelta richiede un'analisi specifica della situazione dei dati, con riferimento alla loro qualità rispetto alle esigenze, che va effettuata caso per caso.

La prima alternativa, nuovo rilievo, richiede una progettazione accurata delle modalità di esecuzione del rilievo stesso, con particolare attenzione ai controlli di correttezza, e la predisposizione, in funzione degli strumenti adottati, delle procedure per il popolamento del geo-DBMS a partire dai risultati del rilievo.

Molto più frequentemente i dati esistono già in uno specifico formato e sono dotati di caratteristiche adeguate alle esigenze. Quindi l'alternativa da adottare è la migrazione dei dati nel geo-DBMS per cui si devono approntare strumenti software per l'esecuzione della conversione.

La problematica non è banale e va, anche in questo caso, affrontata in modo specifico. Si fa presente che in generale si possono adottare due approcci:

- la scrittura di applicazioni di conversione ad hoc;
- l'utilizzo di prodotti di mercato.

Esistono infatti prodotti di mercato per convertire dati spaziali da un formato all'altro, tra cui si deve citare il prodotto FME (Feature Manipulation Language), prodotto dalla società canadese Safe Software (www.safe.com) che è il più comunemente usato in quanto offre le maggiori possibilità di conversione anche a partire da strutture molto tradizionali, quali per esempio file CAD, a sistemi geo-DBMS. Si tratta di un prodotto molto utilizzato nelle società che effettuano servizi di conversione. In entrambi i casi è comunque necessaria un'analisi puntuale dei meccanismi e delle regole della conversione da utilizzare per la scrittura dell'applicazione ad hoc o per personalizzare i prodotti di mercato.

Si deve inoltre fare presente che, sulla base della nostra esperienza, non si possono escludere interventi manuali, legati soprattutto alla necessità di modificare ed integrare le geometrie per garantire il rispetto delle regole stabilite per il geo-DBMS.

Per quanto riguarda il controllo di aspetti spaziali quali per esempio definizioni di indici spaziali o tipo di formato della componente geometrica, questi vengono gestiti direttamente nel geo-DBMS con le funzioni SQL adibite ai dati geografici.

Conclusioni

In queste poche righe abbiamo potuto solo fornire una sintetica introduzione ai geo-DBMS che, speriamo, consenta di apprezzare i notevoli vantaggi che questi presentano rispetto alle strutture tradizionali ed anche di rilevare le problematiche connesse alla loro introduzione.