

# FLI-MAP - Il rilievo aerotrasportato LIDAR in Alta Densità

**una nuova frontiera per il rilievo  
delle opere di ingegneria e del territorio**

La tecnologia HD-LIDAR (High Density Light Detection And Ranging), sta superando le barriere e i limiti dei metodi tradizionali di rilievo. I sistemi di laser scanning permettono infatti il rilievo remoto in maniera veloce e precisa. Impiegati normalmente a bordo di vettori aerei quali elicotteri ed aerei, permettono di superare le normali condizioni del rilievo topografico, presentando forti vantaggi come la sicurezza, la produttività, l'occupazione limitata della sede del rilievo, e molti altri fattori. Nella maggior parte dei sistemi LIDAR tradizionali la precisione è però un aspetto critico che non può competere con le precisioni topografiche tradizionali (1-5-10 cm), ma ciò non è invece vero per i sistemi definibili come HD-LIDAR, dove attraverso il miglioramento di alcune compo-

nenti di sistema, si riesce a competere con i metodi tradizionali in quanto a precisione (precisione assoluta di 5-8 cm lungo i 3 assi x, y e z), affidabilità, rapidità (100-125 Km al giorno) e costi. Nella nota che segue viene presentato uno dei pochi sistemi al mondo della classe HD-LIDAR, disponibile oggi in Italia grazie alla partnership tra l'azienda Olandese Fugro Inpark (società operativa del gruppo FUGRO) e la società italiana GIOVE (società operativa di ELDA Ingegneria), specializzata nel rilievo orientato alle infrastrutture come strade, ferrovie, linee elettriche e "corridoi tecnologici" in genere. FLI-MAP può essere considerato a tutti gli effetti il precursore dei sistemi Laser Scanner Aerotrasportati al mondo, essendo ormai sul mercato dal lontano '95.

Fig. 1 - Il sistema FLI-map in azione



## I sistemi LIDAR tradizionali e HD

I vantaggi del rilevamento aereo sono molteplici: da un lato la sicurezza, in quanto gli operatori non occupano fisicamente l'area da rilevare; dall'altro, per quanto riguarda i trasporti, il rilievo aereo non intralcia il traffico su rotaia o su strada. Va aggiunto che il rilevamento aereo non compromette l'ambiente circostante, né richiede autorizzazioni per l'accesso alle proprietà.

Purtroppo la maggior parte dei sistemi LIDAR tradizionali non soddisfa i parametri di risoluzione e precisione richiesti per rilievi di natura ingegneristica e topografica, e nei casi specifici bisogna ricorrere a sistemi LIDAR di classe HD, equipaggiati e progettati appunto per applicazioni ingegneristiche.

L'olandese Fugro, una società multinazionale presente con oltre 275 uffici in 58 paesi, per rispondere a questa esigenza ha sviluppato un sistema ad hoc denominato FLI-MAP (Fast Laser Imaging And Mapping Airborne Platform). L'alta densità di punti (10-30 punti per m<sup>2</sup>) e l'alta precisione dei dati rilevati con FLI-MAP integrati con immagini video, permettono la mappatura di tutti gli elementi situati lungo la fascia rilevata. La mappatura di ferrovie o di linee elettriche può evidenziare in dettaglio la segnaletica, i binari, i raccordi, la flessione dei cavi elettrici, la posizione e l'altezza di edifici esistenti, e le molteplici altre informazioni geometriche anche per oggetti di piccole dimensioni.

Un programma di elaborazione dati appositamente sviluppato, fornisce algoritmi di filtraggio verso applicazioni CAD sui dati laser, così come sulle immagini video e fotografiche sincronizzate mediante *time coding*, mettendo l'operatore nella condizione di estrarre preziose informazioni dai dati LIDAR. Tali informazioni possono poi essere facilmente esportate verso altri applicativi specialistici come sistemi GIS, sistemi CAD/CA, sistemi SCADA, sistemi per la modellistica 3D, etc..

## Il sistema FLI-MAP

La tecnologia FLI-MAP per effettuare mappature a partire da dati laser, fu sviluppata e testata per la prima volta nel 1992, grazie ad un laser scanner montato su un gyrocopter (vedi fig.2). Già ad una prima analisi dei risultati fu evidente che gli oggetti a terra potevano essere identificati sui dati LIDAR rilevati, perciò si continuò a lavorare con l'obiettivo di sviluppare un sistema ad uso commerciale. Nel 1995 fu operativo FLI-MAP 1, un sistema fisso montato su un elicottero svedese.

Questo sistema di prima generazione fu sostituito nel 1999 da FLI-MAP 2, un sistema mobile adattabile su vari modelli di elicottero.

Ad oggi 4 sistemi mobili operano in tutto il mondo, mentre nell'area R&D di Fugro si lavora per migliorare continuamente la precisione, la qualità e le applicazioni di FLI-MAP, spesso in risposta a specifiche richieste del cliente.

## Il layout del sistema

Il sistema FLI-MAP nasce dall'integrazione di numerosi componenti di alta tecnologia così da costituire uno strumento di rilievo estremamente efficace. Ogni singolo componente è di altissima qualità e viene costantemente aggiornato per soddisfare i più alti standard possibili.

Una prima suddivisione del sistema riguarda la strumentazione aeroportata, la stazione a terra e le procedure e fasi di elaborazione.



Fig. 3 - Schema delle riprese realizzate con il FLI-MAP

Gli elementi aeroportati di FLI-MAP sono costituiti da una struttura montata sull'elicottero, una console computer e un'interfaccia pilota.



Fig. 4 - La struttura modulare con i sensori di ripresa installati sotto l'elicottero



Fig. 2 - Il primo sistema sperimentale installato su un gyrocopter nel 1992.

La struttura contiene tutti i sensori che sono collegati ai computer, in rete tra loro, situati all'interno dell'elicottero. I computer registrano i dati rilevati, calcolano in tempo reale le informazioni della navigazione e inviano le informazioni di navigazione al pilota attraverso una specifica interfaccia. Il funzionamento dell'intero sistema è controllato dall'operatore attraverso un PC portatile collegato al network di comunicazione del sistema.

Tutti i sensori sono situati all'interno di una struttura rigida. Gli offset tra sensori sono fissi e vengono attentamente calibrati, effettuando anche ulteriori calcoli di offset e verifiche dopo aver caricato l'equipaggiamento.

I componenti di terra di FLI-MAP sono costituiti semplicemente da alcune stazioni base GPS, che comprendono un generatore di corrente e un registratore dati. Durante il rilievo queste unità registrano i segnali GPS riferendoli a punti di cui sono note le coordinate.

Le postazioni di processing a terra vengono utilizzate per verificare e per memorizzare tutti i dati registrati dalle stazioni base e dal sistema aeroportato, al fine di effettuare la correzione differenziale e l'integrazione INS/GPS, per analizzare la qualità dei dati acquisiti.

## La sensoristica di rilievo

**Il GPS** - La struttura aeroportata di FLI-MAP ha due bracci sui quali vengono collocate le antenne GPS. Questa configurazione riduce al minimo i rumori di disturbo, gli effetti di multipath e l'oscuramento del segnale GPS da parte del motore dell'elicottero. L'uso di 2 antenne GPS assicura la ricezione continua dei dati da satellite, senza perdita del segnale e inoltre è un valido supporto per la determinazione di assetto. Il GPS acquisisce a 2 Hz così come le stazioni a terra.

Accanto all'antenna GPS è montata separatamente un'antenna Omnistar di Fugro che permette una navigazione DGPS in tempo reale a livello sub-metrico. Utilizzando il

segnale Omnistar, FLI-MAP può navigare lungo rotte predefinite indipendentemente dalla disponibilità di servizi DGPS locali o dal collegamento radio con le stazioni a terra.

**Il sistema INS** - L'assetto del sistema è garantito grazie ad una acquisizione a 200 HZ della piattaforma inerziale (IMU), che rileva i parametri di direzione, rollio e beccheggio, oltre alla velocità e accelerazione nelle tre direzioni. Le misurazioni del sistema IMU sono trasmesse al sistema INS (Inertial Navigation System), per calcolare quindi le componenti dell'assetto 3D dei sensori di rilievo.

Il sistema integra i dati di posizione e assetto, attraverso dei filtri di Kalman (Applix-Posproc), e grazie a ciò l'esatta posizione e l'assetto del sistema sono calcolati con una frequenza di 50 volte al secondo.

**Laserscanner** - Il sistema FLI-MAP utilizza 2 sistemi di scanner laser, realizzati appositamente per Fugro, e che producono una forte ridondanza di misure a garanzia della precisione e della qualità delle informazioni che si vogliono rilevare.

I sistemi laser sono in classe 1, e quindi assolutamente sicuri per l'uomo, e sono in grado di coprire con una sola strisciata una superficie ortogonale da 15 a 200 metri.

Ciascun laser è in grado di rilevare 200 punti circa per un angolo operativo di 60°, ovvero una copertura pari quasi all'altezza di volo. Per ogni record di scansione sono archiviate le informazioni di tempo e di range del laser, oltre ad altre informazioni a verifica dei dati e/o di errori, così come le informazioni sull'intensità del segnale riflesso. Informazioni che saranno successivamente impiegate per l'estrazione e il filtraggio dei dati. Operativamente i sistemi laser hanno una frequenza di 53 emissioni al secondo, corrispondente a circa 21.000 punti rilevati al secondo.

**La densità del rilievo** - La densità di punti rilevata è definita in funzione delle esigenze e delle specifiche del cliente, e può variare da 4 punti/m<sup>2</sup>, ad un'altezza di volo molto elevata, fino a oltre 25 punti/m<sup>2</sup> per rilevamenti di alto dettaglio e precisione con quote di volo min. di 50 m. circa.

I laser sono montati con un'inclinazione di +/-7° rispetto all'asse di volo, in maniera tale da minimizzare gli effetti d'ombra degli oggetti. Quest'ultima soluzione permette di avere il rilievo di entrambe le facce di un qualsiasi oggetto anche molto piccolo, quindi una alta ridondanza nella determinazione di qual-

siasi punto, con precisioni di posizionamento 3D anche di 3-5 cm.

**Le videocamere** -Due videocamere digitali fisse, sincronizzate al *time code* GPS, sono impiegate per identificare nel campo del visibile tutti gli elementi dell'area rilevata e le immagini sono registrate in formato digitale MPEG come sequenza continua. La risoluzione può variare in funzione della configurazione con *frame acquisition* da 1,2 a 3 Megabit al secondo. Anche le camere operano come i sistemi laser, ovvero con una copertura doppia, una rivolta in avanti lungo l'asse del rilievo, e una verso il basso inquadrando l'area rilevata dai 2 sistemi laser. Per mezzo del sistema di *time coding* del sistema FLI-MAP, e conoscendo la deviazione tra i sensori, le videoriprese possono essere integrate con i dati del sistema laser, e restituire così immagini georeferenziate e ortorettificate.

**Le fotocamere** - Oltre alle videocamere digitali, il sistema è asservito da due camere fotografiche ad alta risoluzione, collocate parallelamente alle 2 videocamere. Normalmente entrambe le camere acquisiscono una immagine al secondo, anche se possono essere configurate in maniera diversa. La risoluzione delle immagini ottenuta in una missione tipo, è di 3-10 cm circa per pixel in funzione della quota di volo.

Le immagini sono archiviate su memoria di massa in formato grezzo e senza degradazione, per essere successivamente ortorettificate ed impiegate per la fotomosaicatura, impiegando il software di elaborazione FLIP7 di Fugro o altri software commerciali.

L'elaborazione dei dati LiDAR in coordinate locali, avviene per mezzo di FLIP7, il software sviluppato appositamente da Fugro per l'elaborazione, la visualizzazione e la manipolazione delle informazioni rilevate da FLI-MAP LiDAR.

**Dal rilievo alle Coordinate** -Le coordinate dei punti rilevati nel formato WGS84 e con cadenza di 50 volte al secondo, in fase di elaborazione vengono trasformate nel sistema di coordinate locali, mediante allaccio alla rete di controllo a terra e attraverso una adeguata definizione del Datum e della proiezione cartografica. L'elaborazione dei dati LiDAR con l'apposito software FLIP7, prevede sia l'applicabilità di filtri selettivi sulle informazioni da restituire, sia la possibilità di esportare i risultati finali in diversi formati quali ASCII (X,Y,Z), DXF, o qualunque

altro formato compatibile con gli standard di mercato.

**Il Sistema di visualizzazione e di restituzione** - Il sistema FLI-MAP guida il pilota lungo le rotte di volo e di rilievo predefinite in fase di progetto, segnalandone la deviazione in senso orizzontale e verticale. La rotta orizzontale è determinata dal sistema di navigazione e di localizzazione, quella verticale è fornita dalla configurazione AGL del laser-scanner. Sia il pilota che l'operatore possono monitorare su uno schermo a colori le immagini delle due telecamere. L'operatore inoltre, attraverso un'interfaccia appositamente sviluppata, può monitorare lo stato del sistema durante le operazioni. Il sistema di elaborazione aeroportato è costituito da PC multi processore Intel che consentono la gestione dei dati durante le fasi di acquisizione, il controllo dei sensori ed il controllo della navigazione. Tutte le misurazioni effettuate dai diversi sensori sono memorizzate su schede di memoria temporanea.

**L'Elicottero** - FLI-MAP è certificato per essere installato sui diversi vettori, tra cui: Bell



Fig. 5 - L'integrazione dei dati laser con le riprese fotografiche

206 L (LongRanger), Bell 206 A/B (JetRanger), MD 500, Eurocopter AS350 (A-star) e AS355 (Twinstar). L'installazione della strumentazione aeroportata di FLI-MAP su uno di questi elicotteri richiede poche ore di lavoro, e al termine delle operazioni non è richiesta nessuna procedura di calibrazione, poiché tutti i sensori installati sono già calibrati con precisione millimetrica.

Le possibilità di manovra dell'elicottero in volo conferiscono grande flessibilità alle operazioni, consentendo a FLI-MAP di seguire con elevata precisione i profili a terra, di navigare lungo linee di volo predefinite e di prevedere eventuali cambiamenti sul piano di volo per cause esterne senza grosse

difficoltà. Tutto questo, in aggiunta al fatto che le operazioni avvengono a bassa quota, permette a FLI-MAP di acquisire i dati indipendentemente dalle condizioni meteorologiche.

**L'elaborazione dei dati** -L'elaborazione dei dati rilevati con FLI-MAP comprendono sostanzialmente 2 fasi: la pre-elaborazione e la post-elaborazione.

**La pre-elaborazione** dati avviene sul posto durante le fasi del rilievo, per un controllo immediato della qualità del dato. Nel caso di lacune nei dati raccolti, si possono ripercorrere determinate linee di volo, e garantire così la completezza della informazioni finali. Il pre-processing inizia con la riduzione dei dati GPS tra le stazioni base e le antenne del sistema aeroportato. I dati così calcolati, in combinazione tra loro forniscono la posizione esatta dell'elicottero in ogni istante del rilievo. Il posizionamento dato dal GPS viene integrato con i dati provenienti dalla piattaforma inerziale, calcolandone così l'esatta traiettoria del sistema.

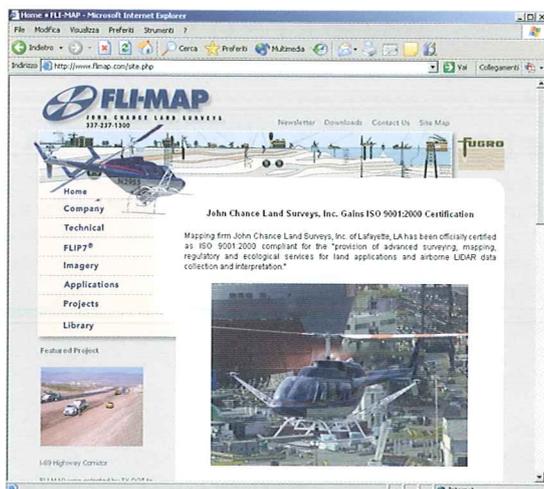
Allo stesso tempo viene verificata la copertura e la densità di punti, e da ultimo viene verificata l'assoluta precisione dei dati rilevati dal laser basandosi su eventuali punti di controllo a terra.

**La post-elaborazione** prevede invece tutte le fasi necessarie a estrarre i dati finali da FLI-MAP, se-



Fig. 6 - La ripresa di un traliccio delle linee elettriche

condo le specifiche esigenze del cliente. La procedura di elaborazione si compone di diversi moduli per il trattamento dati laser e delle immagini rilevate, e tutte le applicazioni risiedono in un applicativo unico denomi-



nato FLIP7 e sviluppato da Fugro insieme al sistema di rilievo. Con FLIP7 è possibile visualizzare, manipolare, analizzare i dati laser e le immagini digitali, così come applicare speciali filtri di selezione.

Procedure apposite sono implementate per la classificazione delle informazioni, o per l'estrazione di specifiche informazioni su punti e linee del rilievo, o per per la rettifica delle immagini e la loro fusione con i dati laser, ottenendo come prodotto finale una mosaicatura delle scene riprese ortorettificate e pronte all'uso. Le elaborazioni e i prodotti così ottenuti possono poi essere esportati in numerosi formati CAD, GIS e DTM compatibili con le diverse piattaforme di gestione di dati geospaziali.

Il sistema di elaborazione FLIP7 ha tutti gli strumenti per la gestione delle coordinate e le procedure per gestire contemporaneamente diversi sistemi di coordinate, garantendo così l'integrazione con dati provenienti da altre fonti, e riportando il tutto su un medesimo sistema di riferimento.

### Conclusioni

Non vi è dubbio che le tecnologie di laser scanning possono considerarsi ormai conso-

litate in termini di sensoristica e di operatività, ma come tutte le applicazioni tecnologiche, hanno bisogno di trovare il giusto rapporto tra soluzione specifica e esigenze applicative, e il sistema FLI-MAP, unico nel suo genere, risponde alle esigenze specifiche del rilievo geospaziale e geo-topografico in un settore, quale quello delle opere d'ingegneria, dove la precisione del dato, insieme alla sicurezza della soluzione sono esigenze non dilazionabili.

Si pensi al rilievo dei tracciati ferroviari, delle centinaia e centinaia di linee aeree dell'alta e della media tensione, o alle opere di ingegneria civile come dighe, strade ed autostrade, porti ed aeroporti.

Il sistema FLI-MAP, nato da sperimentazioni iniziate negli anni '90, si pone come soluzione verticale di alto livello, per documentare ex-novo i cosiddetti "corridoi tecnologici", si configura come soluzione unica nel suo genere in grado di rispondere alle esigenze del moderno settore di ciò che ormai viene denominato a livello internazionale come High Density Survey (HDS), ultima frontiera delle applicazioni topografiche per il rilievo del territorio e del costruito nell'era delle informazioni digitali.

*A cura della redazione*

### Riferimenti

Per un approfondimento informativo sul sistema FLI-MAP e sulle applicazioni correlate fare riferimento ai siti internet di Fugro Inpark e di GIOVE s.r.l. ai seguenti URL:

[www.flimap.com](http://www.flimap.com)

[www.giove.biz](http://www.giove.biz)



REPORTS



GPS PRODUCTS

# SF-2050G SF-2050M

**Ha reso obsoleti i tradizionali Ricevitori GPS RTK**



Con i nuovi sistemi **StarFire**<sup>®</sup>, che, grazie al software Gipsy in tempo reale, operano da soli senza stazione di riferimento e senza radio o GSM con precisione centimetrica, il topografo è libero di muoversi tra i punti da rilevare con il proprio ricevitore StarFire senza preoccuparsi di abbandonare un ricevitore fisso e senza temere la mancata copertura radio o gsm.

Il sistema StarFire opera ovunque tra +76° a -76°, non richiede inizializzazione né stazionamento sul punto da rilevare e garantisce 25 posizioni ogni secondo. Il sistema StarFire opera in coordinate geocentriche corrette e non richiede appoggi a caposaldi di coordinate note.

**Per notizie e dimostrazioni contatta il distributore italiano:**

**Guido Veronesi s.r.l.**

Via Caselle, 46  
40068 San Lazzaro di Savena  
Bologna  
Tel. 051 454733  
Fax 051 453181  
E-mail: [info@veronesi.org](mailto:info@veronesi.org)

**WWW.VERONESI.ORG**

# La tecnologia Oracle 10g a supporto dei GeoDatabase.

Il **GeoDatabase** è un generico database relazionale che integra oggetti Territoriali. Nell'ambito dei Sistemi Informativi Territoriali le entità cartografiche non sono più rappresentate da primitive geometriche (linee, punti, poligoni ...) bensì da oggetti Territoriali. Un generico oggetto Territoriale, come una *strada*, non viene più definito da una serie di linee o da un poligono ma da un *oggetto* contraddistinto da diversi attributi quali la codifica, la toponomastica, la viabilità e la geometria che, in questo caso, viene considerata proprio come uno dei tanti attributi dell'oggetto Territoriale *strada*. Gli oggetti Territoriali così concepiti si prestano ad essere integrati come semplici campi (o record) di una tabella del **GeoDataBASE**.

I requisiti principali di un GeoDatabase sono essenzialmente questi: Gestione degli Oggetti Territoriali in un RDBMS; Modelli Dati ed API di ausilio per le rappresentazioni geometriche.

L'Oracle Database 10g e l'opzione **Spatial** offrono una soluzione completa ed integrata per l'implementazione del GeoDatabase.

## Gli Oggetti Territoriali

L'infrastruttura dati del GeoDatabase deve soddisfare due proprietà fondamentali: *integrabilità* ed *accessibilità* degli oggetti Territoriali

**L'integrabilità** - Il DBMS Oracle garantisce completamente l'integrazione dei dati. Grazie all'innovativo modello di dati **ObjectRelational** e agli oggetti SDO\_Geometry che ne derivano è finalmente possibile strutturare Banche Dati con tipi di dati complessi e a lunghezza variabile - come i poligoni e le polilinee - con la stessa semplicità di un generico DataBase relazionale. L'integrazione tra gli Oggetti Territoriali e i vari contenuti informativi viene fornita *nativamente* dal DBMS Oracle.

Infine, per integrare efficientemente la componente geometrica degli oggetti Territoriali, la Spatial 10g fornisce procedure di indicizzazione spaziale, **R-Tree indexing**, e un tool completo per la gestione dei sistemi di coordinate, lo **Spatial Reference System**. Quest'ultimo supporta circa 1000 sistemi di riferimento noti per la trasformazione delle geometrie da un sistema di riferimento all'altro. Diversi sistemi di coordinate possono essere definiti dall'utente.

**L'accessibilità** - Linguaggi di query strutturati Human Readable come l'SQL, canali standard di accesso generico ai DataBase come JDBC e la rappresentazione delle geometrie Spatial in strutture **dati aperte** e conformi all'OpenGIS Consortium, forniscono l'accesso agli Oggetti Territoriali in modo facile e trasparente.

Gli **operatori spatial** consentono di stabilire relazioni topologiche e di distanza tra gli oggetti Territoriali appartenenti a più layer del GeoDatabase.

Per accedere ai dati cartografici non occorre più essere specializzati in software Gis particolari. Con Spatial è sicuramente più facile richiedere quali sono le particelle catastali che interagiscono con la ZONA X del piano regolatore:

```
SELECT c.Particella FROM TabParticelle c, TabPianoR d
WHERE d.zona = 'X' AND
SDO_ANYINTERACT (c.Particella,d.areaZona) = 'TRUE';
```

I dati geometrici restituiti sono leggibili ed interpretabili secondo le definizioni delle Simple Feature fornite dall'OGC.

```
SQL>SDO_GEOMETRY(2003, NULL, NULL, SDO_ELEM_INFO_ARRAY (1, 1003, 1), SDO_ORDINATE_ARRAY (1743525.39, 4901311.64, 1743529.15, 4901308.92, 1743529.33, 4901309.42, ... )
```

## I Data Model

L'opzione *Spatial* del DBMS Oracle 10g fornisce i principali modelli dati per la rappresentazione geometrica ed il versioning degli oggetti Territoriali: il Simple Feature Model, Topology Data Model, Network Data Model, Linear Referencing System, Georaster e Geocoding; tutti derivanti dall'approccio *Object Relational* del DBMS Oracle.

**Le Simple Feature** - L'oggetto SDO\_Geometry della Spatial consente di rappresentare tutte le geometrie derivabili dal Simple Feature della **OpenGIS Consortium**.

L'object DataType SDO\_Geometry costituisce la struttura dati geometrica di base per la definizione degli altri data Model della Spatial.

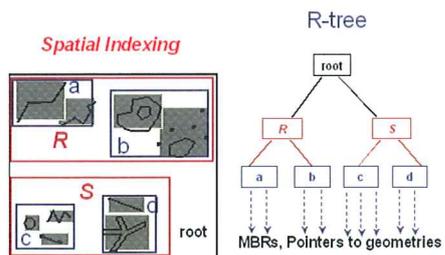
Le SDO\_Geometry vengono indicizzate e *confrontate* dalla SDO per stabilire le relazioni topologiche. Infine, per tali oggetti viene fornita una ampia gamma di tipiche funzioni di ausilio al GeoProcessing: operazioni booleane tra geometrie, calcolo dell'area dei poligoni, funzioni di aggregazioni geometriche, Buffering, generalizzazione, restituzione nel formato GML delle sdo\_geometry e tante altre descritte nella documentazione **Oracle Spatial User's Guide and Reference 10g Release 1 (10.1)** reperibile dal sito OTN.ORACLE.COM.

**Topology Data Model** - È lo *schema* e *data model* che consente di memorizzare in maniera *persistente* la Topologia nel GeoDatabase. In Oracle10g Spatial Topology Management gli oggetti Territoriali vengono memorizzati sotto forma di elementi topologici e di componenti territoriali: le **topology Primitives** e l'object dataType **sdo\_topo\_geometry**. Le primitive topologiche sono costituite da nodi, archi e aree; le sdo\_topo\_geometry vengono composte dalle primitive topologiche.

Il **Topology Geometry Layer Hierarchy** (estensione del Topology Data Model) viene ottenuto da relazioni gerarchiche stabilite tra topo\_geometry appartenenti a layer diversi.

Il prodotto è suddiviso in due principali componenti: DataBase Component e JAVA Component. Il *DataBase Component* provvede alla memorizzazione dei dati primitivi dello strato topologico e delle relative features tramite un apposito schema di tabelle relazionate. Tale schema include appropriate stored Procedure di editing e di validazione delle primitive topologiche. Le stesse stored Procedure vengono fornite in un package di API JAVA per lo sviluppo di applicazioni topologiche lato client.

Spatial Topology Management è in grado di contenere e supportare più di uno schema topologico soddisfacendo, in tal modo, esigenze di Spatial Warehouse costituiti da più rappresentazioni cartografiche

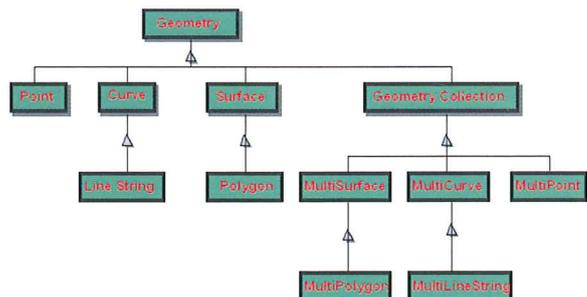


## Gli Operatori Spaziali

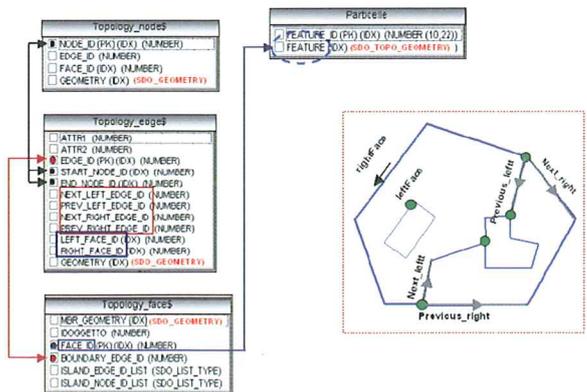
**Topological Operators**  
 Inside Contains  
 TouchDisJoint  
 Covers Covered By  
 Equal Overlap Boundary



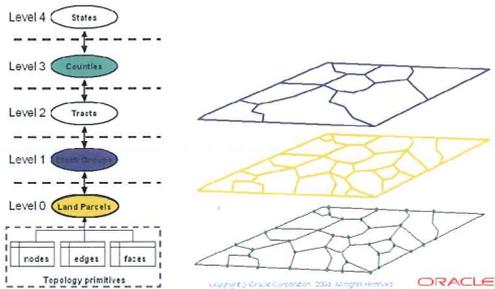
**Distance Operators**  
 Within Distance  
 Nearest Neighbor



## Persistent Topology Data Model



### Topology Layer Hierarchy Model



**Network Data Model** - È un'infrastruttura dati per la gestione di **grafi** definiti dalla relazione di nodi, connessioni (*link*), percorsi (*path*) e *pathLink* ovvero la tabella di aggregazione di link in percorsi. Il vantaggio principale fornito dal Network data model è la possibilità di conformare un Grafo ad altri modelli geometrici.

Due tipi di Network vengono supportati: il Logical Network e lo Spatial Network. La prima infrastruttura gestisce le relazioni degli elementi di un tipico grafo; la seconda, lo Spatial Network, è un grafo logico dove alle connessioni e ai nodi vengono attribuiti contenuti spaziali.

Gli attributi spaziali previsti per lo Spatial Network possono essere definiti da uno dei tre tipi geometrici della Spatial: SDO\_TOPO\_GEOMETRY o SDO\_GEOMETRY o di tipo LRS (Linear Referencing System)

Analogamente al modello topologico, l'infrastruttura del Network è suddivisa in due principali componenti: DataBase Component e JAVA Component

DataBase Component provvede alla gestione dei componenti del network. JAVA Component consiste in un toolkit per lo sviluppo di applicazioni basate sul network data model e un pacchetto di API per il **NetworkAnalysis**: funzioni per il percorso ottimale, percorso più breve etc.

Inoltre, col network hierarchy del Network Data Model di Oracle 10g è possibile modellare il grafo in una gerarchia a più livelli sintetizzando insieme di nodi in un unico nodo di livello superiore, idem per le connessioni: si possono così modellare grafi strutturati in gerarchie di livelli come il GDF 1 e 2.

**Linear Referencing System** - È una estensione dell'oggetto SDO\_Geometry. Costituisce un valido strumento per associare attributi o eventi a punti o tratte di entità lineari: linee, multiLinee e poligoni.

Il vantaggio principale dell'oggetto LRS consiste nella capacità di localizzare attributi ed eventi lungo una linea con un solo parametro (in genere la misura) invece delle coordinate x,y. In fase di creazione di oggetti LRS, la *segmentazione dinamica* può essere implementata indicando la misura Iniziale e Finale dell'entità lineare in esame, senza dover inserire le singole misure di ciascuno vertice: segmentazione esplicita.

Funzioni di ausilio al Linear Referencing System vengono supportate dall'Oracle Spatial LRS API descritte nella UserGuide della *Spatial*.

**GeoRaster Data Model** - Con GeoRaster si possono georeferire e gestire immagini raster integrandole direttamente con gli altri oggetti Territoriali del GeoDatabase.

GeoRaster consente di immagazzinare, indicizzare, selezionare, analizzare e fornire dati di tipo raster georeferenziati: **GeoRaster object**.

Fornisce due nuovi tipi di oggetto: *GeoRasterObject* e *RasterObject*; che integrati con l'infrastruttura Spatial definiscono il modello dei dati raster:

il **GeoRaster Data Model**.

Ciascun oggetto Georaster è caratterizzato da: un identificativo, un MBR (di tipo SDO\_Geometry) per l'estensione del geoRaster, un campo XMLtype per i **metadati**, una rasterTable contenente i *blocchi* raster.

Infine, il raster viene a sua volta scomposto in blocchi e memorizzati nella rasterTable. Ciascuno di tali blocchi viene definito da: un MBR di ingombro e da un BLOB dove fisicamente viene memorizzata la porzione di immagine del blocco interessato.

GeoRaster accoglie i formati immagine più diffusi: ESRI World File, **TIFF/GeoTIFF, JPEG, GIF, BMP, PNG, etc.** Produce immagini nel formato ESRI World File, TIFF, JPEG etc Viene fornito supporto al band interleaving per i formati BSQ (band sequential), BIL (band interleaved by line), o BIP (band interleaved by pixel).

**Geocoding** - Geocoding è il processo di geoCodificazione degli indirizzi (postali) associando a questi la locazione spaziale: le coordinate longitudine/latitudine. Spatial fornisce il dataType object **SDO\_GEO\_ADDR** per rappresentare indirizzi geoCodificati. La struttura dati dell'SDO\_GEO\_ADDR e le funzioni di ausilio al geoCoding consentono di rappresentare l'indirizzo in una codifica aderente a standard internazionali. L'oggettoTerritoriale SDO\_GEO\_ADDR fornisce i dati per *localizzare* un indirizzo tramite le sue *coordinate alfanumeriche* o tramite le coordinate spaziali.

**Versioning degli Oggetti Territoriali del GeoDatabase** - Workspace Manager consente di definire una tabella in piu' versioni di record *univoci*. I benefici offerti dal versioning di tabelle possono riassumersi come segue:

- |   |   |
|---|---|
| Gestire la visibilità dei dati:                             | Gestione di progetti collaborativi:                   |
| • i dati di produzione nel LiveWorkspace                    | • organizzazione di un progetto in workspace          |
| • i dati transitori nei workspace inferiori                 | • gestione dei privilegi di accesso ai workspace      |
| • creazione di scenari multipli per <i>what-if analysis</i> | • restriction: single-writer, read-only, or no access |

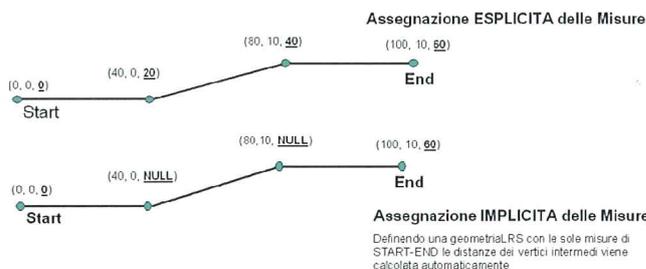
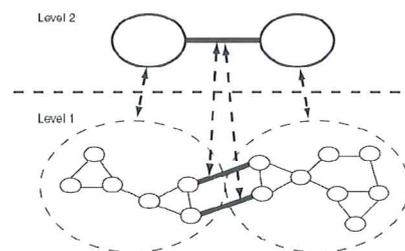
### Long-Transaction

History Option (la *dimensione tempo*): fornisce una versione per ogni modifica di un record.

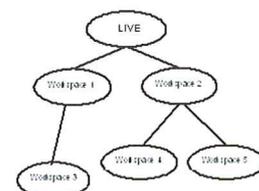
Gestisce i vincoli di integrità referenziale tra tabelle; mentre le operazioni di *versioning* su tabelle Topologiche si riflettono automaticamente sugli oggettiTerritoriali derivati dalle primitive topologiche.

**Conclusioni** - I GeoDatabase si rivelano fondamentali per le infrastrutture di quei sistemi che, basati sulla logica di cooperazione applicativa, sono dedicati all'interscambio di oggettiTerritoriali.

La crescente domanda di Sistemi Informativi finalizzati ad un'efficace gestione del territorio, impone sempre più l'adozione di moderne infrastrutture tecnologiche a supporto dell'informazione cartografica. Un progetto interessante da questo punto di vista è Sigmaster. Tale progetto, nell'ambito regionale, rappresenta una realizzazione concreta e di successo di un moderno GeoDatabase. L'utilizzo di una infrastruttura tecnologica Oracle si è rivelata indispensabile per l'interscambio degli oggettiTerritoriali tra le diverse amministrazioni coinvolte. Gli oggettiTerritoriali memorizzati nei GeoDatabase del Sigmaster sono tra loro relazionabili e predisposti ad integrarsi con gli altri dati del sistema informativo di base.



Copyright © Oracle Corporation, 2004. All rights reserved. ORACLE



GIOVANNI CORCIONE  
Consulting Oracle Italia