

UNO STRUMENTO WEB PER IL POSIZIONAMENTO DELLE STAZIONI RADIO PER LA LOCALIZZAZIONE DEGLI AEREI DELL'AVIAZIONE CIVILE IN AUSTRIA, BASATO SU GRASS, POSTGIS E MAPSERVER

Paolo VISKANIC (*), Peter HOPFGARTNER (*), Peter HARTL (*)

(*) R3-GIS srl, via Johann Kravogl, 2 – 39012 Merano (BZ) - paolo.viskanic@r3-gis.com

(**) R3-GIS srl, via Johann Kravogl, 2 – 39012 Merano (BZ) - peter.hopfgartner@r3-gis.com

(***) Klenkhart & Partner Consulting ZT G.m.b.H., Salzbergstr., 15 – A 6067 Absam – peter.hartl@klenkhart.at

Riassunto

La viazione civile in Austria sta realizzando un sistema di posizionamento per gli aerei basato su una rete di stazioni a terra che trasmettono e ricevono segnali dagli aerei in maniera analoga al sistema GPS. La posizione degli aerei viene calcolata in base alle risposte ottenute dai transponder situati sugli aerei stessi. Il posizionamento delle stazioni deve avvenire in maniera che su tutte le rotte ed a qualsiasi quota di volo siano sempre visibili almeno 4 trasmettitori, per permettere una triangolazione precisa della posizione dell'aereo.

Nell'articolo è esposto un applicativo, che permette di simulare la posizione dei trasmettitori e calcolare in tempo reale la visibilità da una griglia di punti di volo a differenti quote di altezza. Il software si basa sulla banca dati PostGIS, il server cartografico Mapserver e il software di analisi spaziale Grass. Tramite un'interfaccia grafica è possibile inserire le posizioni dei trasmettitori e poi analizzare la visibilità sulle varie rotte di volo. Questo permette agli operatori dell'ente preposto al controllo dei voli di verificare l'efficienza del posizionamento dei trasmettitori, e di valutare la ridondanza delle stazioni, verificando l'efficienza nel caso una o più stazioni non siano attive.

Nella presentazione verranno illustrate le soluzioni tecniche adottate e dimostrato come l'integrazione di Mapserver, PostGIS e Grass apre ad applicativi web tutta una serie di analisi spaziali normalmente disponibili solo su applicativi desktop.

Abstract

Civil aviation in Austria is building a system of transceivers on the ground, which transmit and receive signals from the planes and thus enable the exact location of the planes, using a methodology similar to the one used in GPS systems. The position is calculated through the signals received from the transponders located on the airplanes. The positioning of the ground stations needs to ensure that on all air routes and at different altitudes a minimum of 4 stations is always visible, in order to allow for an exact location of the plane.

The paper describes an application which allows to simulate the position of transmitters and to calculate in real time the visibility of the ground stations from a grid of points at different altitudes. The software is based on the geodatabase PostGIS, the cartographic server UMN Mapserver and the spatial analysis software Grass. Through a graphic interface the user can enter the position of transceivers and then start the analysis on the different flight routes. This allows the organization

responsible for flight control in Austria to verify the position of ground stations and simulate emergency situations with one ore more transceivers out of order.

During the presentation the authors will explain how the use of the different open source applications PostGIS, Mapserver and Grass Web applications can be implemented with advanced spatial analysis capabilities, normally only available on desktop applications.

Introduzione

Il controllo del traffico aereo (ATC - Air Traffic Control) è quell'insieme di regole ed organismi che contribuiscono a rendere sicuro, spedito e ordinato il flusso degli aeromobili sia al suolo che nei cieli di tutto il mondo. Ogni stato ha un organismo che fornisce i servizi di controllo del traffico aereo. La società Austro Control è responsabile del controllo del traffico aereo in Austria.

Il controllo del traffico aereo presuppone una conoscenza precisa e continua della posizione di ciascun velivolo. Il metodo classico utilizzato per definire la posizione di ogni velivolo è dato da una stazione radar, che scandisce ad intervalli regolari lo spazio aereo e riporta la posizione su uno schermo. Ogni velivolo è però anche dotato di un sistema che lo identifica e che trasmette su richiesta anche ulteriori informazioni sul velivolo e sulla rotta. Il segnale emesso da questo transponder, può anche essere utilizzato per calcolare la posizione precisa del velivolo, se ricevuto da più stazioni la cui posizione è nota. In questo caso il calcolo della posizione avviene tramite un processo di multilaterazione, determinando la posizione in base al tempo di ricezione del segnale in vari punti noti.

I classici sistemi di controllo basati su tecnologia radar vengono sempre più integrati o sostituiti da sistemi basati su multilaterazione, in quanto meno costosi, garantiscono una ridondanza del sistema ed hanno un impatto ambientale molto più basso. Basti pensare alle dimensioni, alla potenza di trasmissione ed ai costi di un impianto radar per rendersi conto degli elevati investimenti necessari per la realizzazione.

La multilaterazione

La multilaterazione permette di localizzare ed identificare velivoli cooperanti con elevata affidabilità, integrità e continuità; nelle aree aeroportuali i sistemi di multilaterazione (Mlat) sono ormai una realtà attuale con sicure prospettive di ulteriore sviluppo. Nelle fasi di approccio e nelle aree terminali essi costituiscono un possibile complemento e, secondo alcuni, un'alternativa al radar secondario.

Il principio che sta dietro al sistema di localizzazione tramite multilaterazione, è lo stesso applicato nei GPS. Cambiano le stazioni con una posizione nota, che a differenza del GPS non sono i satelliti, ma sono stazioni radio posizionate a terra, ad una latitudine, longitudine e quota nota. Il transponder sull'aereo viene stimolato, emette un segnale radio, che viene ricevuto da più stazioni. Moltiplicando il tempo impiegato dal segnale a raggiungere ciascuna stazione (Δt) per la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche (c) viene calcolata la distanza tra la stazione ed il velivolo ($c * \Delta t$). Con più distanze è possibile calcolare l'esatta posizione. È fondamentale che le varie stazioni siano sincronizzate fra di loro.

In base alla disposizione delle stazioni a terra, all'angolo di emissione del segnale dal transponder, all'angolo di ricezione del segnale da parte delle stazioni a terra, ed alla potenza del segnale e sensibilità del ricevitore, è possibile calcolare l'area di copertura da parte del sistema e la precisione del posizionamento.

Gli obiettivi del software

Austro Control è stata una delle prime Agenzie di controllo aereo a sperimentare i sistemi di localizzazione basati su multilaterazione. In particolare nella zona di Innsbruck, lungo la valle dell'Inn, sono state realizzate le prime sperimentazioni con questo sistema. Uno dei punti chiave nella realizzazione, specialmente in zone montuose, è la localizzazione delle singole stazioni. Un posizionamento ottimale deve garantire un ampio raggio di azione, alta precisione nella localizzazione dei velivoli e il funzionamento del sistema anche in caso di guasto ad una stazione.

Il software realizzato da R3 GIS in collaborazione con la ditta di consulenza Klenkhart & Partner Consulting di Innsbruck e con il politecnico di Vienna (Technische Universität Wien), ha lo scopo di:

- permettere in maniera semplice di testare e simulare il posizionamento delle stazioni radio usate per la localizzazione degli aerei, fornendo una stima dell'area coperta e della qualità del posizionamento;
- permettere la simulazione di situazioni di emergenza dovute al non funzionamento di una o più stazioni e l'effetto sulla qualità della localizzazione;
- permettere l'utilizzo del software in rete da parte di più utenti anche da uffici diversi.

Il sistema realizzato

Lo scopo principale del software realizzato era quello di permettere di calcolare per una griglia di punti alle diverse quote di volo il numero di stazioni visibili ed il grado di precisione della localizzazione. Inoltre era necessario permettere di individuare per aree non coperte in maniera ottimale, quali sono i punti a terra dove sarebbe opportuno posizionare un'ulteriore stazione in modo da garantire una migliore copertura ed una più elevata precisione. Entrambe queste funzioni richiedono l'utilizzo di algoritmi spaziali, che a partire dal modello digitale del terreno (DEM) e dalla posizione delle singole stazioni permettano di analizzare la visibilità tra le stazioni ed una griglia di ipotetici punti a diverse quote di volo. La base per questo tipo di analisi in ambiente open source è il software GRASS, che contiene una serie di algoritmi che permettono analisi spaziali tridimensionali.

Inoltre per gestire le posizioni delle singole stazioni e tutte le informazioni collegate, e gli altri dati vettoriali, si è deciso di ricorrere ad una banca dati PostGIS. Per la visualizzazione dei risultati intermedi e definitivi in un'interfaccia Web è stato infine utilizzato UMN Mapserver. In fig. 1 è riportato uno schema del funzionamento del sistema: l'utente tramite un browser web inserisce i parametri di configurazione e la posizione delle stazioni, decide per quali quote simulare il posizionamento, seleziona il DTM che vuole utilizzare ed infine fa partire il calcolo. Il server riceve i dati, lancia le routine di calcolo che leggono i dati della banca dati e li riscrivono in un layer postGIS, il quale viene visualizzato tramite mapserver nel browser dell'utente. Il client cartografico utilizzato è basato sul progetto open source p.mapper, modificato. In base al numero di stazioni presenti nella simulazione, alla precisione del DTM utilizzato ed alla densità dei punti per i quali viene simulata la localizzazione, cambia il tempo di calcolo, da pochi secondi ad alcune ore.

PostGIS è il modulo spaziale di PostgreSQL e consente di gestire nella banca dati tutte le informazioni spaziali in linea con le specifiche OGC (Open Geospatial Consortium). In questo progetto i geodati vettoriali, ma anche i singoli punti lungo le rotte di volo a varie altitudini vengono gestiti in PostGIS. Inoltre le funzioni spaziali disponibili in postGIS consentono di calcolare intersezioni fra aree di interesse definite dall'utente ed il modello digitale del terreno, limitando l'area di calcolo.

UMN Mapserver è il server cartografico che consente di rappresentare il modello digitale del terreno, le posizioni delle stazioni e tutte le altre informazioni geografiche contenute nella banca dati.

GRASS è il motore spaziale utilizzato per le varie operazioni necessarie nella simulazione. In realtà l'applicativo utilizza alcune funzioni di GRASS ed alcune funzioni di JGrass, una versione di Grass in ambiente Java:

- calcolo della visibilità sul DTM definendo un punto di osservazione direttamente sul DTM o ad una quota prestabilita. Questo calcolo utilizza il modulo di GRASS `r.loss`, modificato per tenere conto della curvatura della terra. Il risultato è dato dall'identificazione di tutte le celle visibili dalla posizione definita.
- Calcolo del numero di stazioni a terra visibili da ciascun punto di una maglia regolare a varie altitudini. Per realizzare questa funzione è stato modificato ed adattato uno specifico modulo di jGrass.
- Intersezione del punto con la posizione della stazione con il DTM e restituzione del valore della quota. Questa funzione di Grass è necessaria per assegnare alle varie stazioni inserite dall'utente la quota corretta dedotta dal DTM.

p.mapper è un client cartografico basato su php e mapscript e consente di creare interfacce per utenti che consentano di consultare e manipolare dati geografici. Il client del progetto MlatSim è stato realizzato con p.mapper.

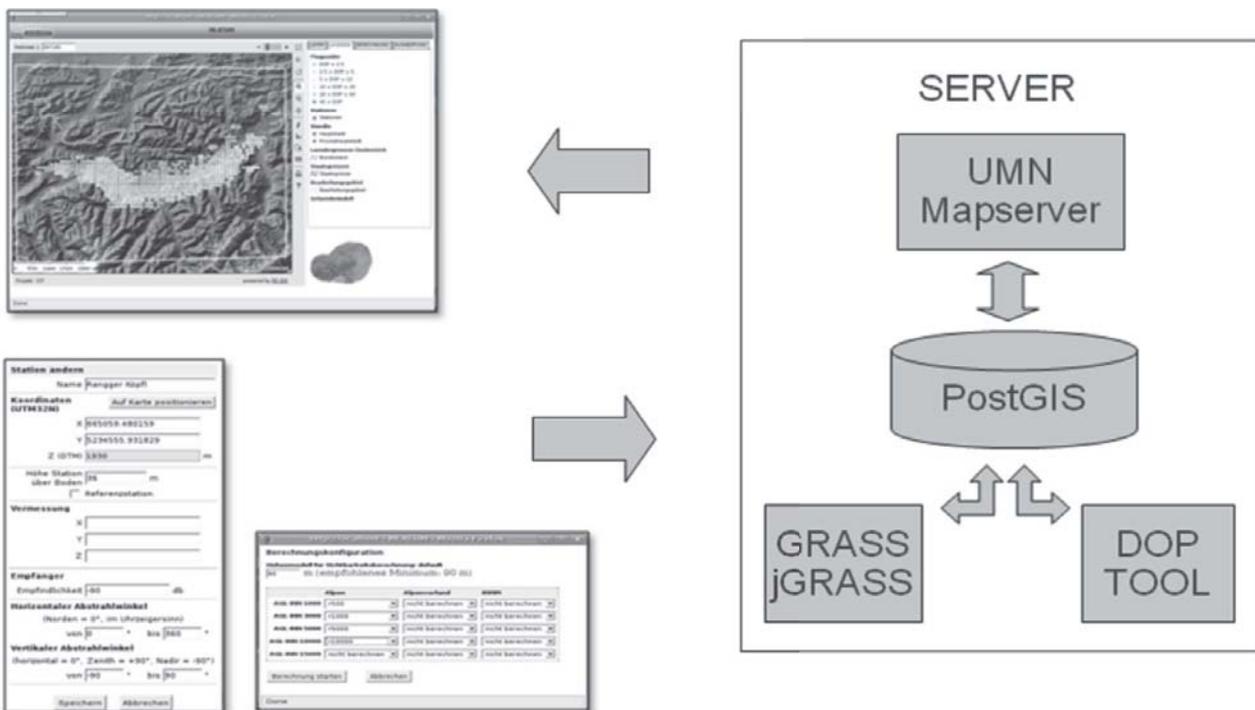


Fig. 1: architettura del sistema: a sinistra le schermate di configurazione e visualizzazione dei risultati via web, a destra i software open source lato server.

La diluizione della precisione (DOP) è il parametro di valutazione della disposizione delle stazioni visibili da ogni punto lungo le tratte di volo, ed esprime il livello di precisione della localizzazione. Più è basso il DOP, più è affidabile la localizzazione calcolata in quel particolare punto. Il programma che si occupa di calcolare il DOP è stato realizzato dal politecnico di Vienna (Technische Universität Wien), e consente di calcolare per ciascun punto fino a 15 diversi tipi di DOP, tenendo conto delle caratteristiche di ciascuna stazione.

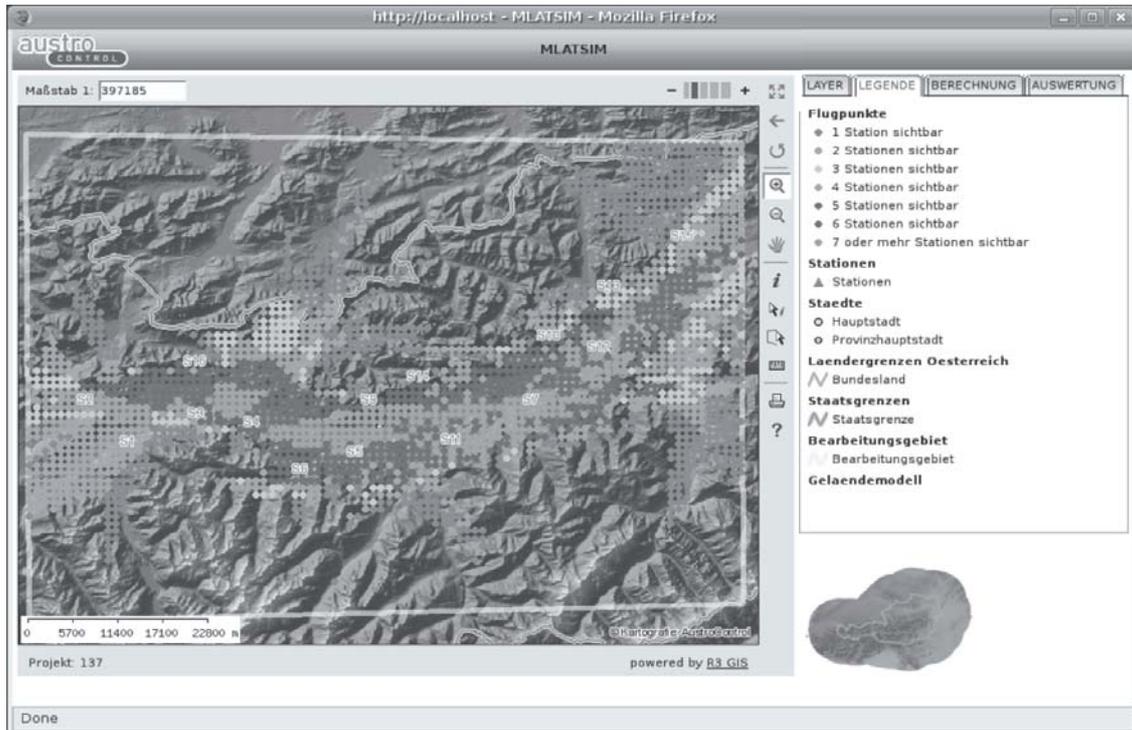


Fig. 2: risultato dell'analisi di una zona della valle dell'Inn in Austria. Il colore dei punti lungo le rotte di volo indica il numero di stazioni visibile.

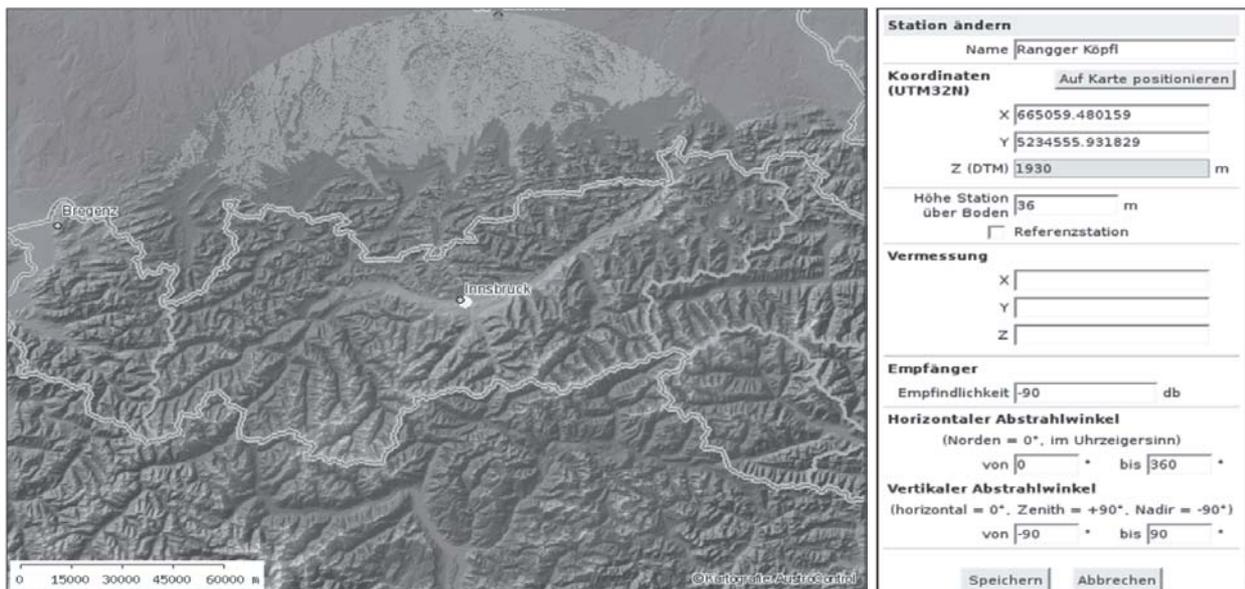


Fig. 3: analisi della visibilità di una stazione nei pressi di Innsbruck in un raggio di 100 km. I colori indicano la superficie visibile. Il pannello a destra consente di definire le caratteristiche della stazione prima di lanciare l'analisi.

Conclusioni

L'applicativo realizzato consente ad Austro Control di simulare e pianificare interventi legati al controllo del traffico aereo sui vari aeroporti di propria competenza ed è stato finora applicato alla valle dell'Inn in Tirolo e nella progettazione della nuova pista di atterraggio all'aeroporto di Vienna. In quest'ultimo caso il DTM utilizzato conteneva anche le sagome degli edifici, consentendo un calcolo preciso della visibilità nella zona intorno all'aeroporto.

I software open source utilizzati hanno consentito, data la disponibilità del codice e di una comunità di programmatori specializzati, di adattare determinate funzioni alle esigenze del progetto. Tutti i moduli specifici di Grass e Jgrass realizzati o modificati nell'ambito del progetto sono confluiti nei due applicativi.

Bibliografia

GRASS (Geographic Resources Analysis Support System): <http://grass.itc.it/>

UMN Mapserver: <http://mapserver.gis.umn.edu/>

PostGIS: <http://postgis.refractory.net/>

p.mapper - a MapServer PHP/MapScript Framework: <http://www.pmapper.net/>

jGRASS (Java Geographic Resources Analysis Support System): <http://jgrass.wiki.software.bz.it/>

R3 GIS: <http://www.r3-gis.com>