

ESTB – EGNOS SYSTEM TEST BED

SALVATORE GAGLIONE*, TOMMASO COZZOLINO*

SOMMARIO

Questo articolo descrive quali sono le informazioni aggiuntive che il sistema di augmentation EGNOS fornisce. In particolare si considerano le correzioni inviate dal primo prototipo di EGNOS (*European Geostationary Navigation overlay Service*) e cioè l' ESTB (*Egnos System Test Bed*). Per una più completa documentazione si può far riferimento a quella prodotta da Eurocontrol ed eventualmente contattare l'ing. Santiago SOLEY e l'ing. Rick Farnworth.

1. INTRODUZIONE

Il sistema EGNOS è attualmente in fase di sviluppo e dovrebbe divenire operativo nel 2004. EGNOS è un sistema di potenziamento satellitare (SBAS – Satellite Based Augmentation System) agli attuali sistemi di posizionamento satellitare.

L'implementazione di tali sistemi sembra ormai necessaria per poter arrivare a soddisfare tutte le richieste dei diversi utenti di un sistema satellitare, e in particolare della Navigazione Aerea che specialmente nelle fasi di approccio richiede alti livelli di precisione e sicurezza (informazioni di *integrità* del sistema). Il sistema ESTB è illustrato in figura 1:

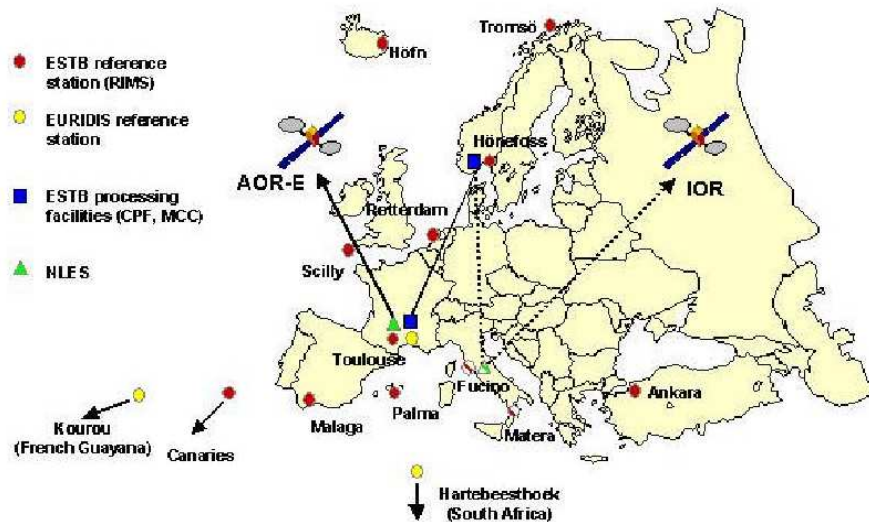


Figura 1 - Il sistema ESTB

* Dottorandi di ricerca in “Scienze Geodetiche e Topografiche” presso l’Università degli studi di Napoli Parthenope

Grazie a questo prototipo si sono già potuti effettuare tests soddisfacenti sui processi che intervengono nelle correzioni differenziali e dei dati d'integrità di un SBAS.

2. I MESSAGGI SBAS

Esistono vari tipi di correzioni e servizi aggiuntivi che può fornire un SBAS. Nella tabella sono riportati tutti i tipi di messaggi attualmente disponibili dal prototipo di EGNOS in esame:

Tabella 1 – Messaggi di EGNOS

Message Type	Purpose	Remark
0	Do Not Use The Geo For Anything	This Message type transmitted by the current ESTB version 1.1
1	PRN Mask Assignments	This Message type transmitted by the current ESTB version 1.1
2 - 5	Fast Correction	This Message type transmitted by the current ESTB version 1.1
6	Integrity Information	
7	Integrity Degradation Information	This Message type transmitted by the current ESTB version 1.1
9	SBAS Ephemeris	This Message type transmitted by the current ESTB version 1.1
10	Degradation of Fast, Slow and Ionospheric Correction	This Message type transmitted by the current ESTB version 1.1
12	SBAS Network Time/UTC Offset	This Message type transmitted by the current ESTB version 1.1
17	SBAS Almanac	This Message type transmitted by the current ESTB version 1.1
18	Ionospheric Grid Point Mask	This Message type transmitted by the current ESTB version 1.1
24	Mixed Fast Correction/Slow Corrections	Although specified in the MOPS [3], the current ESTB version 1.1 SIS does not contain this message type 24. Further details on the implementation could not be obtained at the moment of updating this document
25	Slow Correction	This Message type transmitted by the current ESTB version 1.1
26	Ionospheric Delay Corrections	This Message type transmitted by the current ESTB version 1.1
27	SBAS Service Region	Although specified in the MOPS [3], the current ESTB version 1.1 SIS does not contain this message type 27

Message Type	Purpose	Remark
62	Internal Test Message	Although this message as been intended to be used for internal test procedures, It is not know at the moment whether the current ESTB version 1.1 uses this message type. It is not specified specified in the broadcast schedule
63	Null Message	This Message type transmitted by the current ESTB version 1.1

Qui di seguito viene spiegato come applicare le varie correzioni.

Le correzioni si possono dividere in due classi, *Fast* e *Slow correction*. Le Fast correction devono essere utilizzate in tutte le fasi del volo da quello in rotta agli avvicinamenti di precisione. Esse sono necessarie per correggere gli errori che variano rapidamente, ad esempio gli errori degli orologi dei satelliti dovuti alla S/A (anche se questo disturbo è attualmente sospeso) . Queste correzioni sono applicate direttamente alle misure di range.

Le Fast Correction sono trasmesse insieme con i messaggi che contengono informazioni d'integrità. Queste informazioni d'integrità sono date sotto forma di User Differential Range Error (UDRE). Gli UDRE sono degli errori massimi espressi sotto forma di deviazione standard (vedi tabella 2) , che esprimono l'errore residuo sulla misura dopo che sono state applicate le correzioni, includendo la possibilità che qualche messaggio non sia pervenuto all'utente. Gli UDRE sono usati anche per stabilire i livelli di protezione e generare i messaggi d'allarme (alarm flags) per i quali ogni PRN (satellite) non deve essere utilizzato nel computo della posizione.

Tabella 2 - UDRE

UDREI	$\sigma_{i,UDRE}^2$	UDREI	$\sigma_{i,UDRE}^2$
0	0.0520 m ²	8	2.5465 m ²
1	0.0924 m ²	9	3.3260 m ²
2	0.1444 m ²	10	5.1968 m ²
3	0.2830 m ²	11	20.7870 m ²
4	0.4678 m ²	12	230.9661 m ²
5	0.8315 m ²	13	2078.695 m ²
6	1.2992 m ²	14	satellite not monitored!
7	1.8709 m ²	15	do not use satellite!

Lo scopo delle slow correction è quella di correggere gli errori variabili lentamente nel tempo come, ad esempio, gli errori di posizione dei satelliti dovuti ad imprecisioni nella trasmissione delle effemeridi o a degradazione di questa informazione dovuta al passare del tempo. Un altro esempio di correzione del tipo

slow potrebbe essere la correzione dell'offset dell'orologio del satellite anche se questa correzione è già contenuta nel messaggio di navigazione.

Etrambi i tipi di correzioni sono progettati per dare un'informazione sempre aggiornata all'utente. Ci sono, però, a causa della banda limitata utilizzata per l'invio della trasmissione, situazioni in cui non sono disponibili per gli utenti dati relativi all'epoca corrente. Inoltre c'è sempre la possibilità che l'utente non riceva uno di questi messaggi sia per momentanee assenze di segnale oppure per errori casuali.

Per garantire sempre l'integrità anche quando alcuni messaggi non sono ricevuti, l'utente deve applicare il modello della degradazione all'informazione delle correzioni trasmesse. Il fornitore del servizio inoltre controllerà tutti i vecchi dati per assicurare la loro validità in tutto l'intervallo di sospensione. Per le slow e le fast correction il modello di degradazione delle correzioni calcola un limite superiore di errore residuo (dopo l'applicazione della fast e slow correction) in forma di deviazione standard (cioè l'UDRE). La fast correction contribuisce anche, insieme ad altre informazioni, a calcolare il limite superiore dell'errore sulla pseudorange dopo che le correzioni sono state applicate.

3. LIVELLI DI PROTEZIONE

L'accuratezza del sistema di navigazione è definita in termini di errore totale del sistema TSE (Total System Error) che ha come riferimento, ad esempio per un aereo la traiettoria programmata relativa a ogni fase di volo. Per seguire la traiettoria programmata il sistema di navigazione stima la posizione del mobile e dispone i comandi appropriati. L'errore nella stima della posizione del mobile che è l'errore del sistema di navigazione NSE (Navigation System Error), non è altro che la differenza tra la posizione vera e quella stimata (vd. fig.2)

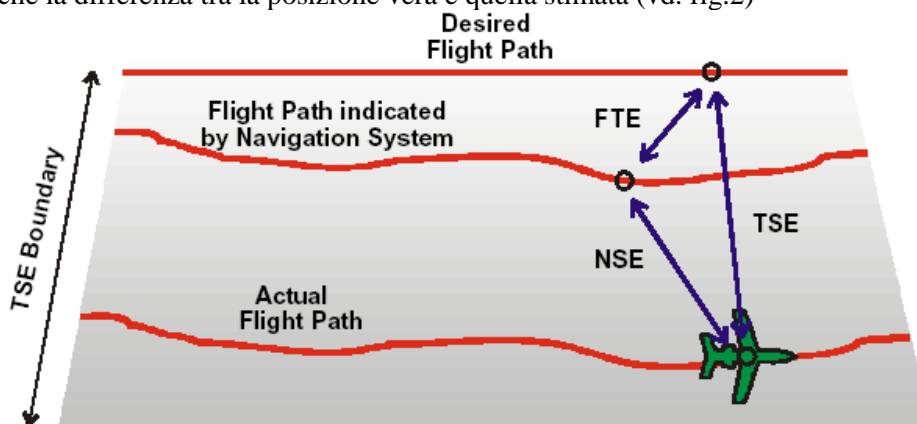


Figura 2 – Viali di Navigazione

La differenza tra la rotta programmata e quella calcolata dal sistema di navigazione è nota come FTE (Flight Technical Error) e contiene errori dovuti alla dinamica del mobile, effetti di turbolenza, errori umani ecc.

Il vettore somma di NSE e TSE è il FTE. Poiché il NSE non può essere osservato senza un sistema di riferimento d'alta precisione si è dovuto stabilire un procedimento con il quale stabilire un limite superiore per questo errore.

Il livello di protezione orizzontale HPL (Horizontal Protection Level) è il raggio del cerchio nel piano orizzontale (tangente all'ellissoide WGS84) con centro la posizione vera del mobile. Esso determina l'area in cui si assume possa essere il mobile senza che sia necessario un intervento di allerta.

Il livello di protezione verticale VPL (Vertical Protection Level) è la metà del segmento sull'asse verticale (perpendicolare al piano tangente al WGS84) nel cui centro è la posizione vera del mobile, esso determina l'area in cui si assume possa essere il mobile senza che sia necessaria una richiesta di allerta.

I livelli di protezione per un SBAS sono una funzione della costellazione satellitare e delle prestazioni stimate dell' SBAS. Quindi, usando le correzioni di un SBAS il livello di protezione può essere stimato senza la necessità di conoscere le reali misure di pseudorange. I livelli di protezioni calcolati devono essere confrontati con i limiti di allarme richiesti AL (Allarm Limits) per le particolari fasi di volo. Se i limiti sono rispettati allora l'integrità della soluzione può essere assicurata per quella determinata fase di volo.

$XLP < XAL$ l'integrità può essere assicurata

$XLP \geq XAL$ l'integrità non può essere assicurata

Dove con

XLP si indica il livello di protezione verticale o orizzontale

XAL si indica i limiti di allarmi verticali o orizzontali

I principali limiti di allarme sono inseriti nella tabella 3, in particolare l'integrità richiesta viene utilizzata per ricavare i limiti di protezione. La figura descrive la conseguente situazione nel piano orizzontale.

Tabella 3 – Limiti di allarme

Flight Phase	Integrity Re-quiriments ([11])	Orizontal Alert limit ([11])	Vertical Alert limit ([11])	Note
ENR	$1 \cdot 10^{-7}$ per hour	7400 m 3700 m 1850 m	N/A	Different alert limit for domestic and oceanic flight phases
TMA	$1 \cdot 10^{-7}$ per hour	1850 m	N/A	
NPA	$1 \cdot 10^{-7}$ per hour	600 m	N/A	
APV – I	$1 \cdot 2 \cdot 10^{-7}$ per approach	600 m	50 m	New flight phase defined in the current SARPS [11]
APV – II	$1 \cdot 2 \cdot 10^{-7}$ per approach	40 m	20 m	New flight phase defined in the current SARPS [11]
CAT - I	$1 \cdot 2 \cdot 10^{-7}$ per approach	40 m	10 m – 15 m	

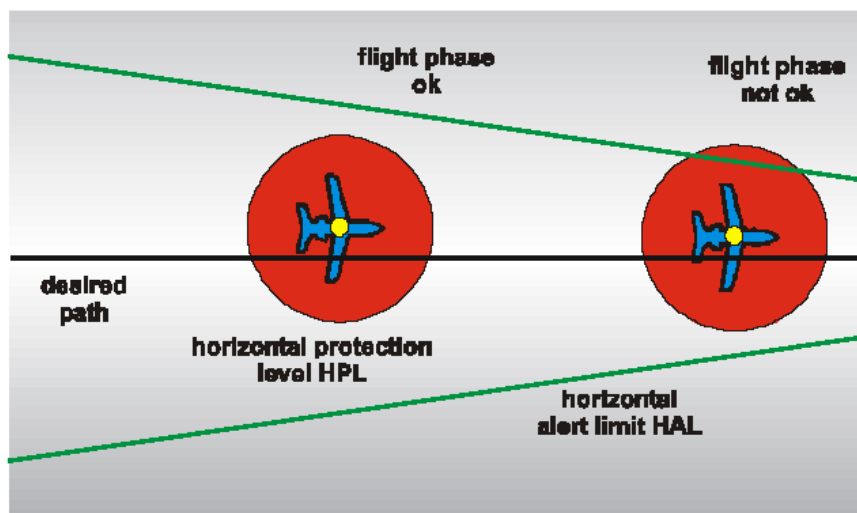


Figura 4 Diversi fasi di volo

La figura 4 presenta, nel primo caso, una situazione in cui non c'è un segnale d'allarme, mentre, nel secondo caso, esso deve essere generato essendo il livello di protezione maggiore del limite d'allarme.

4. CONCLUSIONI

Nell'articolo è stato introdotto il primo prototipo del sistema EGNOS è cioè l'ESTB. In particolare si è cercato di far comprendere quali sono le effettive informazioni che EGNOS sarà capace di fornire e secondo quale procedimento tale tipo di sistema garantirà il requisito di *integrità*.

5. REFERENCE

- [1] PEGASUS*Plus Technical Notes, EUROCONTOL
- [2] Minimum Operational Performance Standards for Airborne Supplemental Navigation Equipment Using GPS, RTCA Document 208, July 1991
- [3] RTCA: Minimal Operational Performance Standards for GPS/WAAS Airborne Equipment, Doc. No. Do 229 A, June 1998
- [4] ESTB SIS User Interface Description, ESA, Doc.-No. : E-TN-ITF-E31-0008-ESA, issue 0 revision 1, 20-06-00
- [5] GPS Standard Positioning Service Performance Standard, October 2001
- [6] ESA EGNOS web pages <http://www.esa.int/export/esaEG/estb.html>