

---

# **Il GPS differenziale in area locale**

# Il principio del GPS differenziale

---

*Per ridurre l'errore di stima di PVT del GPS:*

- ridurre il  $\sigma_{\text{UERE}}$  .

bisogna ridurre l'errore nella misura di pseudorange eliminando almeno le componenti più importanti.

- ridurre il valore del DOP:

bisogna agire (incrementare) sulla costellazione di satelliti in modo globale (aggiungere satelliti MEO), in modo su vasta area (aggiungere satelliti GEO) in modo locale (aggiungere pseudoliti)

*Il GPS differenziale mira a ridurre il  $\sigma_{\text{UERE}}$  .*

- stimare l'errore nella misura di ciascuno pseudorange misurato
- sottrarre tale stima dalle misure di pseudorange prima di risolvere il sistema di equazioni nonlineari che fornisce la misura di PVT.

# DGPS local area e wide area

---

## LOCAL AREA DGPS

- tutti gli effetti sono compensati contemporaneamente calcolando il bias complessivi sugli pseudorange

- **Correlazione spaziale:** *correzione poco efficace oltre i 50-100Km*
- **Correlazione temporale:** *efficacia della correzione dipende dall'aggiornamento  
l'accelerazione radiale cambia nel tempo per effetto del  
moto lungo l'orbita*

## WIDE AREA DGPS

- separazione degli effetti dei vari componenti ed interpolazione delle singole correzioni

- **Interpolazione ed uso di modelli su vasta scala spaziale:**  
*efficacia della correzione estesa al di fuori di una piccola  
area intorno alle stazioni di riferimento*

# Il GPS differenziale in area locale (I)

---

- anche in assenza di SA il SPS non è in grado di fornire accuratèzze sufficienti per tutte le applicazioni: si ha infatti un'accuratèzza dell'ordine di **25m (2drms, 95%) sul piano orizzontale e 43m (95%) nel piano verticale**.
- Il **GPS differenziale** rimuove le componenti di errore correlate spazialmente fra due ricevitori che vedono lo stesso satellite.
- un ricevitore fisso è chiamato **monitoring receiver** o **reference receiver** è in posizione nota con precisione. L'altro ricevitore, denominato **rover**, è in linea di vista con il riferimento
- la stazione di riferimento effettua misure di pseudorange con il codice esattamente come un ricevitore GPS normale, ma - conoscendo la sua esatta posizione - può calcolare il bias nelle misure di pseudorange
- i bias, denominati **correzioni differenziali**, vengono trasmessi in tempo reale per le applicazioni in tempo reale



$$\sqrt{(\hat{x}_j - x_{zif})^2 + (y_j - y_{zif})^2 + (z_j - z_{zif})^2}$$

$$\hat{\rho}_{zif}^j = \|\hat{s}_j - p_{zif}\| + c \delta_{zif} + \varepsilon_{clock, zif}^j + \varepsilon_{iono, zif}^j + \varepsilon_{trop, zif}^j + \varepsilon_{noise, zif}^j + \varepsilon_{multipath, zif}^j$$

$$\rho_{zif}^{jteo} = \|\hat{s}_j - p_{zif}\| + c \delta_{zif}$$

$$\Delta \rho_{zif}^j = \hat{\rho}_{zif}^j - \rho_{zif}^{jteo}$$

$$= \|\hat{s}_j - p_{zif}\| - \|\hat{s}_j - p_{zif}\| + \varepsilon_{clock, zif}^j + \varepsilon_{iono, zif}^j + \varepsilon_{trop, zif}^j + \varepsilon_{noise, zif}^j + \varepsilon_{multipath, zif}^j$$

$$\hat{\rho}_{user}^i = \underbrace{\|s_j - p_{user}\|}_{\Delta \rho_{mit}^j} + c \delta t_u + \underbrace{\varepsilon_{clk, user}^j}_{\uparrow} + \underbrace{\varepsilon_{iono, user}^j}_{\uparrow} + \underbrace{\varepsilon_{trop, user}^j}_{\uparrow} + \underbrace{\varepsilon_{toip, user}^j}_{\uparrow} + \underbrace{\varepsilon_{mpath, user}^j}_{\uparrow}$$

$\rho_{user}$  corretto

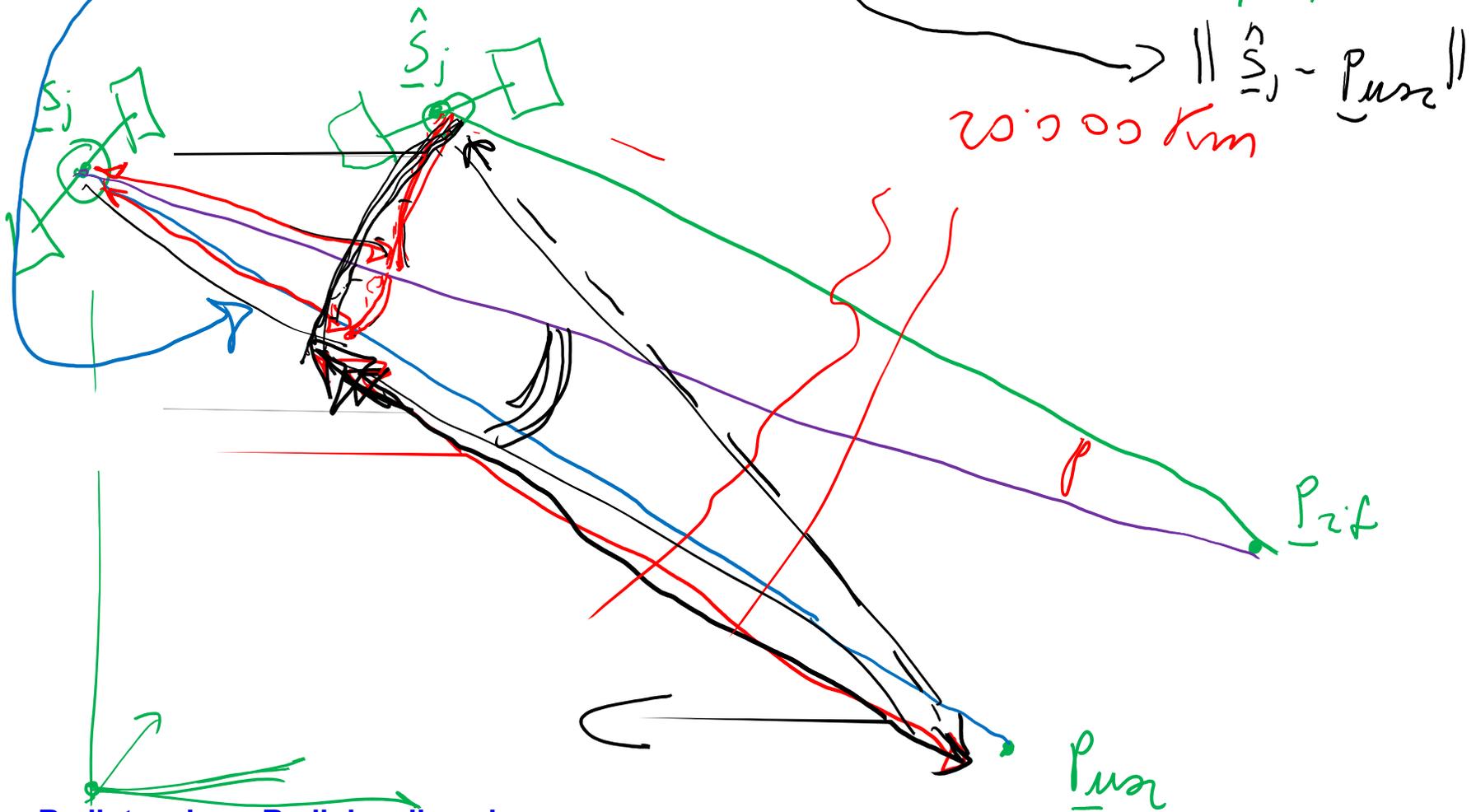
$$\hat{\rho}_{user}^i - \Delta \rho_{zif}^j = \|s_j - p_{user}\| - \left( \|s_j - p_{zif}\| - \|s_j^n - p_{zif}\| \right)$$

$$+ c \delta t_u + \left( \varepsilon_{clk, user}^i - \varepsilon_{clk, zif}^j \right) + \left( \varepsilon_{iono, user}^i - \varepsilon_{iono, zif}^j \right) + \left( \varepsilon_{trop, user}^i - \varepsilon_{trop, zif}^j \right) + \left( \varepsilon_{noise, user}^i - \varepsilon_{noise, zif}^j \right) + \varepsilon_{mpath, user}^i$$

$\approx 50 \text{ km}$   
 $\approx 50 : 120 \text{ km}$

$P_{user}^i$  conetto

$$P_{user}^i = \left( \| \underline{s}_j - \underline{P}_{user} \| + \left( \| \underline{s}_j - \underline{P}_{ref} \| - \left\| \hat{\underline{s}}_j - \underline{P}_{ref} \right\| \right) \right) + c \delta t_{\mu} + \phi + \phi + \phi + \varepsilon_{noise}^j + \varepsilon_{mpath}^j$$



---


$$\hat{\phi}_{i_{usr}}^j \text{ corretto} = \underbrace{\| \hat{S}_i - P_{usr} \|}_{\uparrow} + c \Delta t_u + \phi + \phi + \phi + \underbrace{\varepsilon_{i_{usr}}^i}_{\text{noise}} + \underbrace{\varepsilon_{i_{usr}}^j}_{\text{mult, } u_2}$$







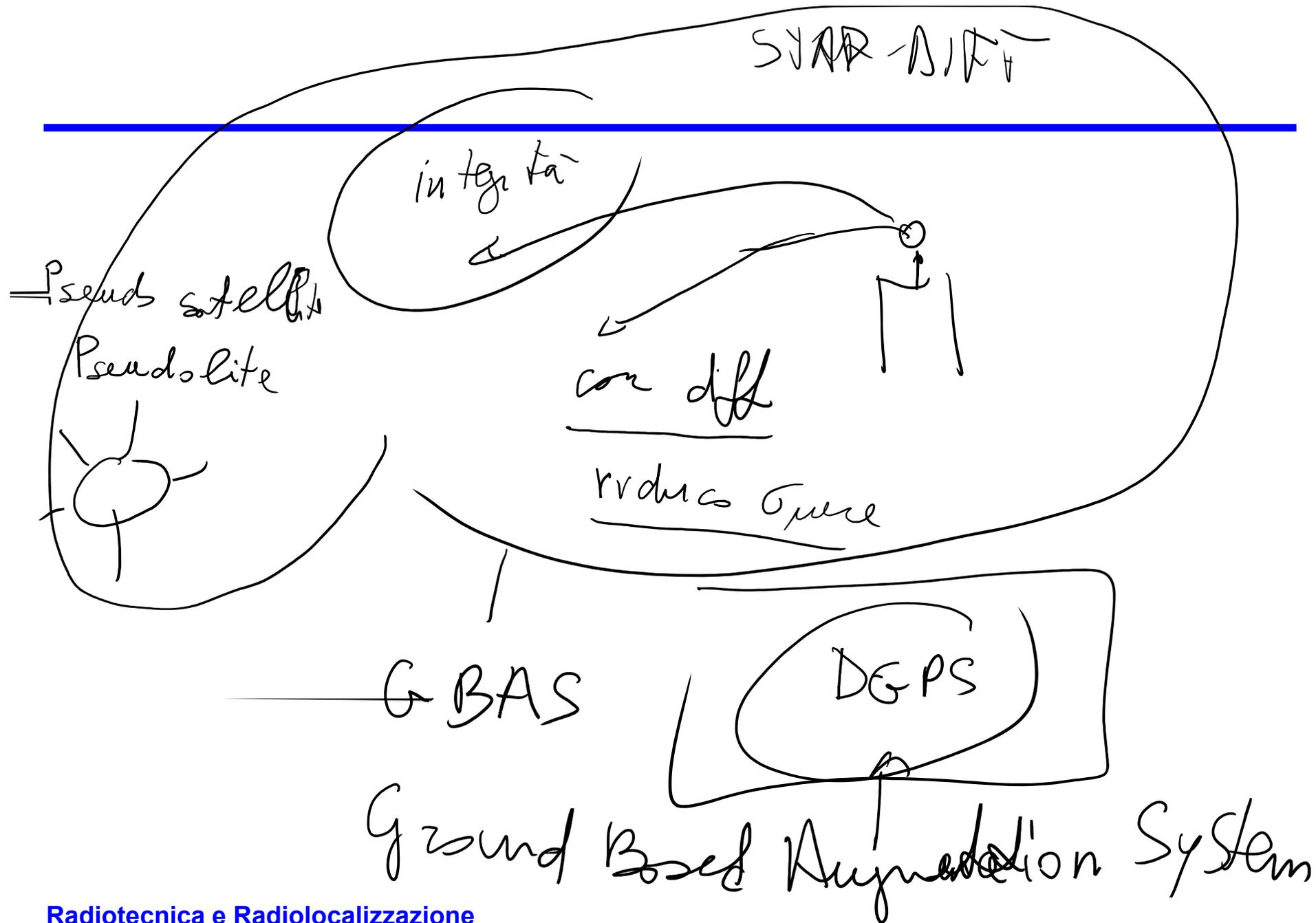












# Error budget per GPS con C/A

Segmento originatore	Sorgente di errore	errore ad $1\sigma$ (m)	
		GPS con SA	LADGPS
<i>Space</i>	stabilità del clock	3.0	0
	predicibilità delle perturbazioni del satellite	1.0	0
	disponibilità selettiva	32.3	0
	altro (radiazioni termiche, ecc...)	0.5	0
<i>Control</i>	errore di predizione delle effemeridi	4.2	0
	altro (prestazioni dei vettori)	0.9	0
<i>User</i>	ritardo ionosferico	5.0	0
	ritardo troposferico	1.5	0
	rumore del ricevitore e risoluzione	1.5	2.1
	multipath	2.5	2.5
	altro (disturbi intercanale)	0.5	0.5
<i>System UERE</i>	RMS totale	$\sigma_m$ 33.3	3.3

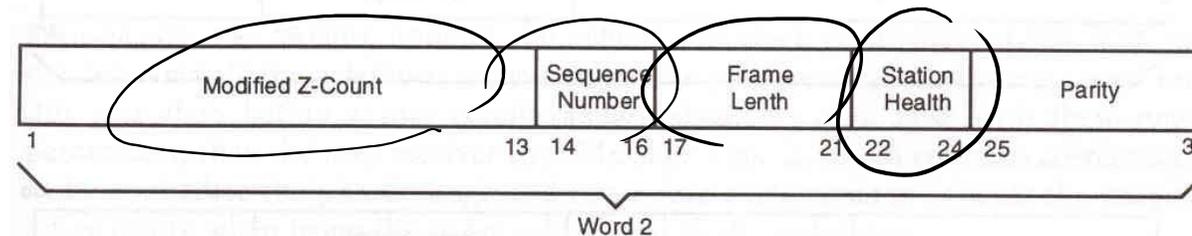
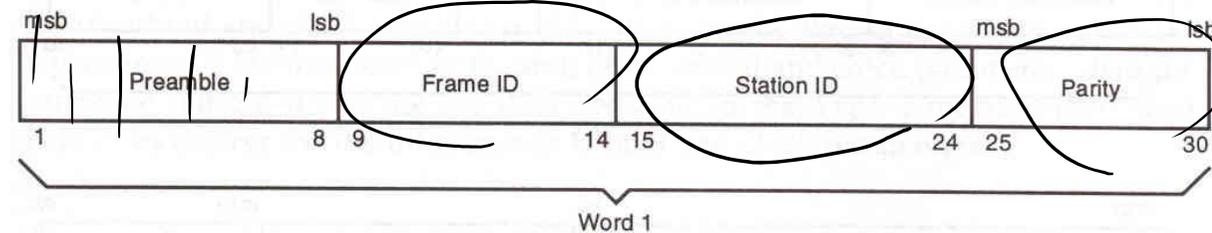
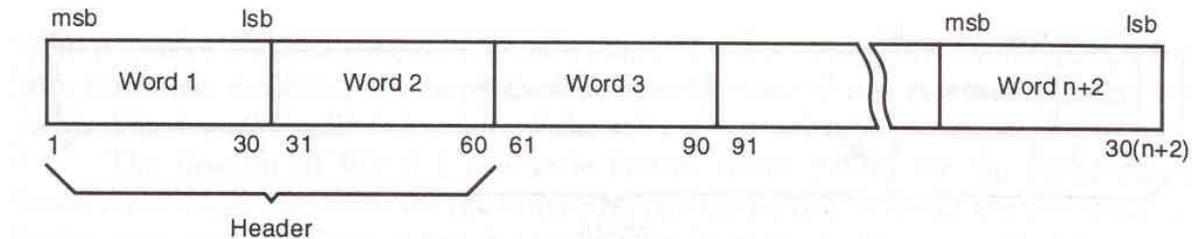
## Radiotecnica e Radiolocalizzazione

# Formato del messaggio RTCM SC-104 (I)

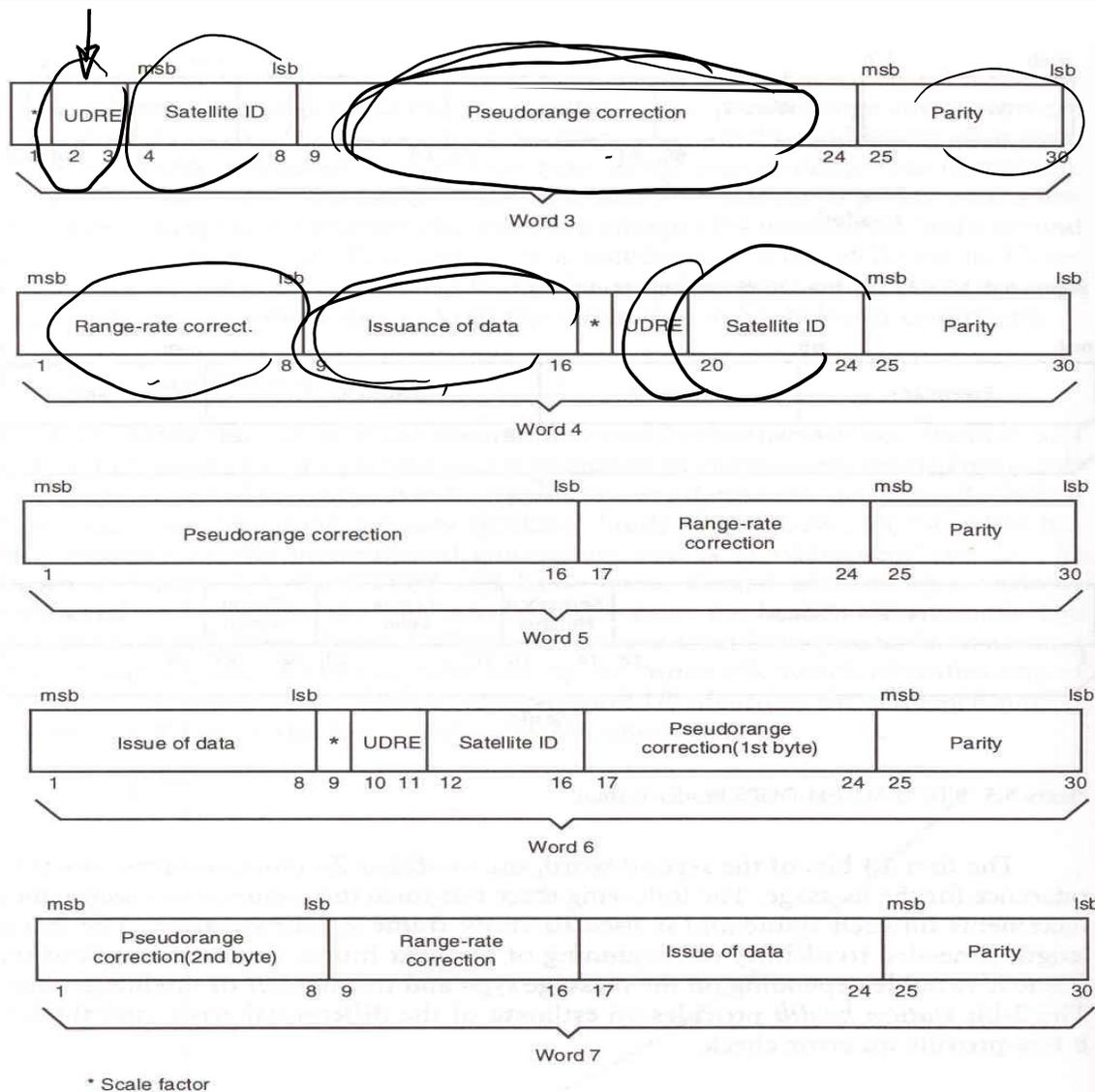
- Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM)  
Study Committee 104 (SC-104)

- standardizzazione del messaggio di correzioni differenziali a livello internazionale
- normalmente trasmesso in VHF (per applicazioni aeree e marine di corto raggio),  
trasmesso in MF per applicazioni di lungo raggio (fino a 400Km)

# Formato del messaggio RTCM SC-104 (II)



# Formato del messaggio RTCM SC-104 (III)



\* Scale factor

# Formato del messaggio RTCM SC-104 (IV)

Summary of RTCM SC-104 Message Types

<i>Message Type</i>	<i>Status</i>	<i>Use</i>
→ 1	Fixed	C/A-code pseudorange (PR) corrections
2	Fixed	PR correction difference data for use with old orbital and clock parameters
3	Fixed	Reference station coordinates
4	Retired	No longer used; superseded by Types 18 to 21
5	Fixed	Satellite constellation health information
6	Fixed	Filler message (Alternating 1's and 0's in body of message)
7	Fixed	Radio beacon network description
8	Tentative	Pseudolite almanac information
9	Fixed	C/A-code PR corrections for subsets of satellites (3 or less)
10	Reserved	P-code differential corrections
11	Reserved	C/A-code L2 corrections
12	Reserved	Pseudolite station parameters
13	Tentative	Ground transmitter parameters
14	Reserved	Auxiliary message for surveying
15	Reserved	Ionosphere and troposphere correction measurements
16	Fixed	ASCII-coded messages for display
17	Tentative	Ephemeris almanac
18	Tentative	Uncorrelated carrier phase measurements
19	Tentative	Uncorrected PR measurements (for surveying)
20	Tentative	Corrections to the carrier phase measurements
21	Tentative	Corrections to the PR measurements
22 to 58	—	Undefined
59	Tentative	Proprietary message
60 to 63	Reserved	Multipurpose messages