GIDE - EGNSS Interference Detection Instrument

Prof. Ernestina Cianca

TEAM

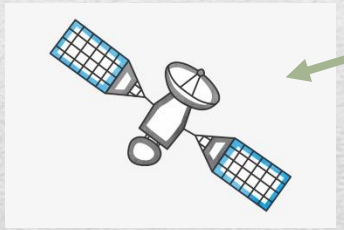
Società Proponente: TECS - Technological Consulting Services S.r.l.

Organismo di Ricerca di Riferimento: Univ. di Roma Tor Vergata, Dip. di Ing. Elettronica (Prof. Ernestina Cianca, Ing. Mauro de Sanctis)

Altro organismo di Ricerca: Univ. di Roma “La Sapienza”, Dip. di Ing. dell’Informazione, Elettronica e delle Telecomunicazioni
(Prof. Trifiletti, Ing. Pasquale Tommasino)

CONTESTO

- La necessità di monitorare l'ambiente elettromagnetico è vitale sia in ambito Governativo che Civile
- Particolarmente importante risulta proteggere i segnali EGNSS



Unknown satellite

Obiettivo

Contribuire alla realizzazione di uno strumento satellitare su standard cubesat (12U) che possa fornire:

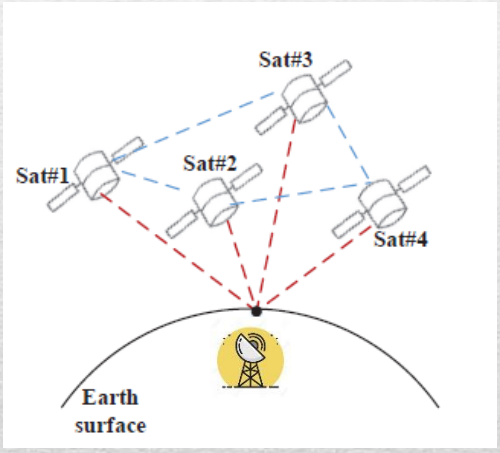
- Rilevamento, localizzazione e classificazione di segnali interferenti intenzionali (per atti di terrorismo o fuorilegge) e non intenzionali

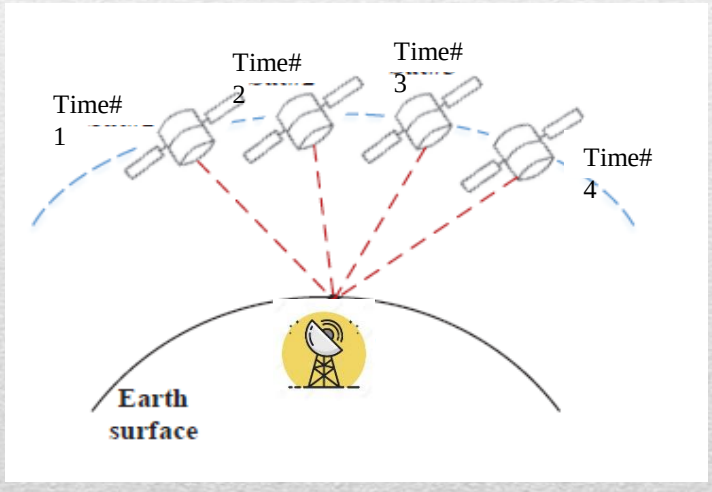
I dati di GIDE possono essere combinati con altri provenienti da sensori a terra e in aria per fornire:

- Allarme (Warning) per situazioni anomale in ambito dell'uso dello spettro elettro magnetico (per es. preparazione di azioni militari)

Obiettivo

Elemento essenziale è il Sistema di geolocalizzazione da satellite cubesat





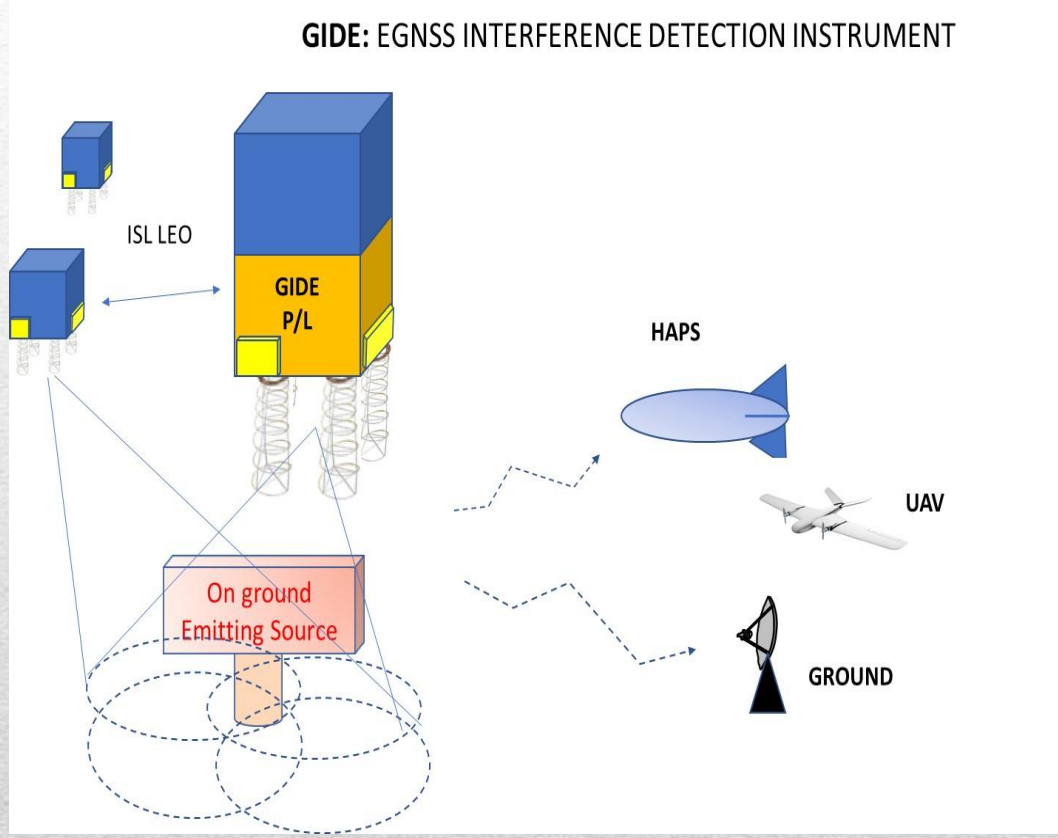
Soluzione Proposta

Sistema di geolocalizzazione basato su **Amplitude Monopulse Processing** con 4 elementi di antenna opportunamente *«squintati»*

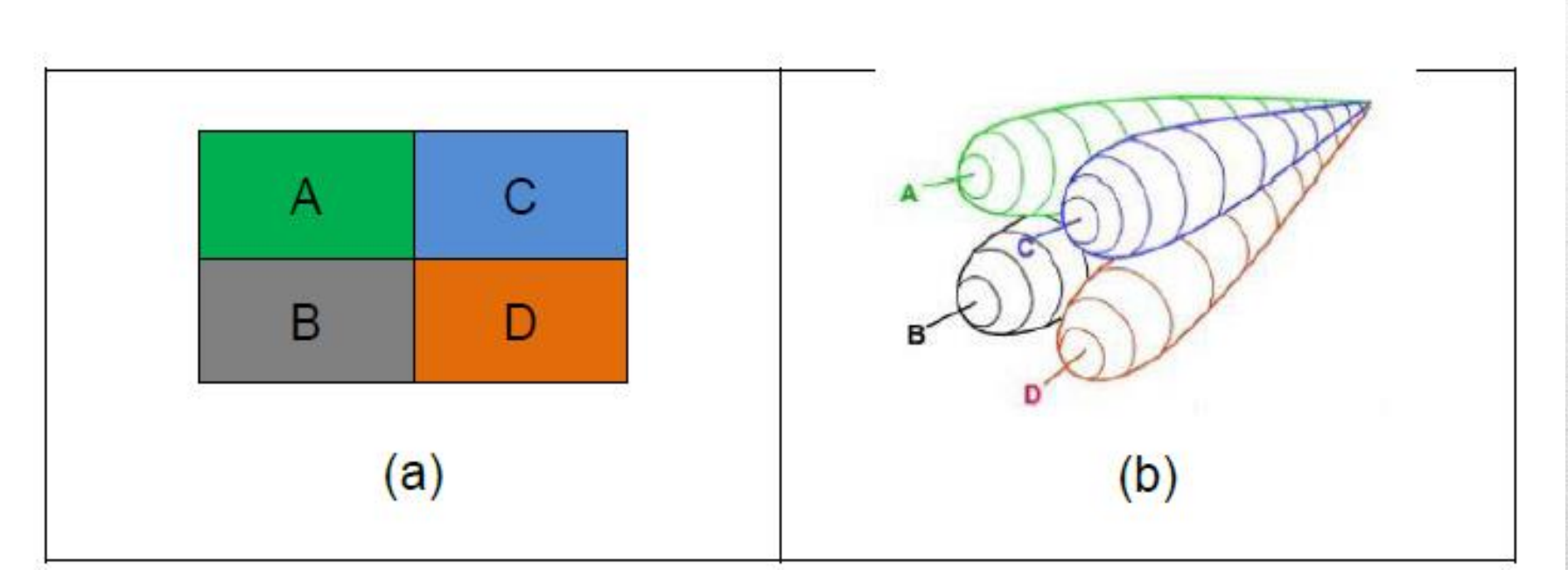
Molto minore complessità computazione rispetto ad altri algoritmi di AoA basati su antenne multiple

Capacità di lavorare con bassi SNR a fronte di prestazioni solo leggermente peggiori

Flessibilità di lavorare con singolo satellite o con più satelliti in formazione



Soluzione Proposta



Soluzione Proposta

N campioni (in banda base) nel dominio del tempo ricevuti sull'antenna i delle 4 antenne del monopulse:

$$G_i(\theta,\varphi)[s(1),s(2),\ldots.s(N)]$$

Per ogni campione *n* si calcolano i seguenti fasci differenza:

$$\Delta_\theta = s(n) * ((G_1(\theta,\varphi) + G_3(\theta,\varphi))\text{-}(\, G_2(\theta,\varphi) + G_4(\theta,\varphi)))$$
$$\Delta_\varphi = s(n) * ((G_1(\theta,\varphi) + G_2(\theta,\varphi))\text{-}(\, G_3(\theta,\varphi) + G_4(\theta,\varphi)))$$

e il seguente fascio somma

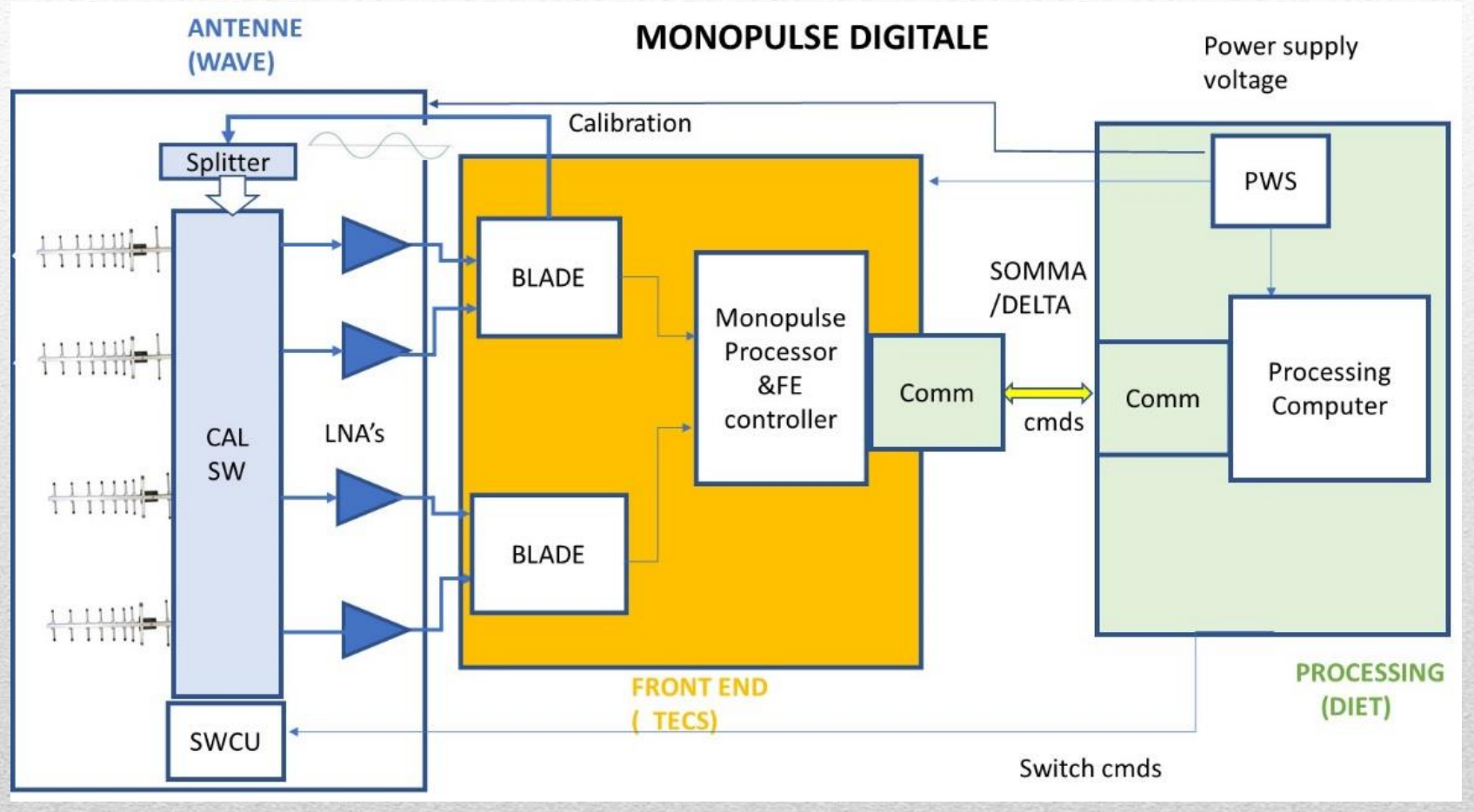
$$\Sigma = s(n) * (G_1(\theta,\varphi) + G_3(\theta,\varphi) + G_2(\theta,\varphi) + G_4(\theta,\varphi))$$

Nel caso ideale in cui non ci sia rumore, i rapporti seguenti:

$$\frac{\Delta_\theta}{\Sigma}, \frac{\Delta_\varphi}{\Sigma}$$

non dipendono più dall'ampiezza del segnale ricevuto s(n) ma solo dal guadagno e quindi dai due angoli da stimare

Soluzione Proposta

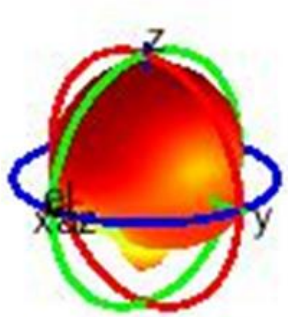


Attività Svolta

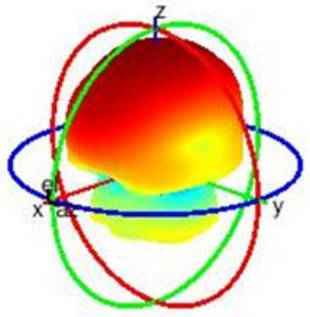
- Definizione dei requisiti di sistema
- Sviluppo simulatore per verificare prestazioni algoritmi di detection e geolocalizzazione
- Simulazione prestazioni e definizione degli algoritmi da utilizzare in fase di PoC
- Progettazione e realizzazione del FE and dell'unità di elaborazione dati
- Realizzazione di un dimostratore per la PoC

Attività Svolta

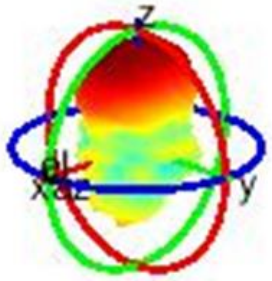
Simulazioni con il pattern di antenna reale (TSA800)



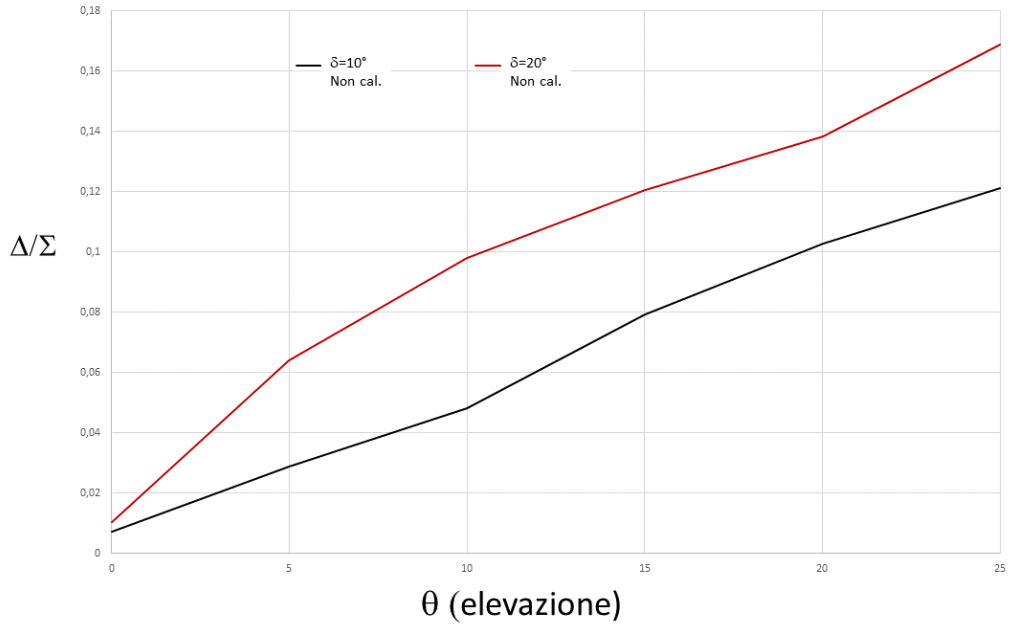
900MHz



1400MHz



2000MHz

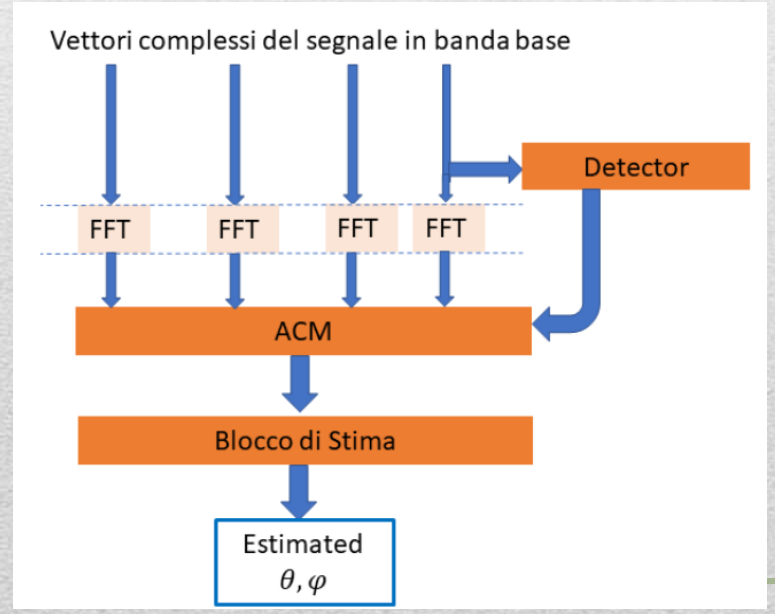


Attività Svolta

Elaborazione nel Dominio della Frequenza

Realizzando una FFT sugli N campioni in uscita da ogni antenna, il segnale digitale sarà:

$$G_i(\theta,\varphi)FFT[s(1),s(2),\ldots.s(N)] = G_i(\theta,\varphi)[S(1),S(2),\ldots.S(N)]$$



- Il processing ACM viene fatto solo sul picco della FFT
- In condizioni ideali, le prestazioni sono analoghe
- Permette la geolocalizzazione di interferenti che operano su frequenze non sovrapposte

Attività Svolta

Tempo osservazione 50μs

	C/N=10dB		C/N=20dB		C/N=30dB	
	media	var	media	var	media	Var
5°	0.23	0.13	0.04	0.01	0.02	0.001
45°	3	0.22	0.32	0.03	0.07	0.004

Tempo osservazione 200μs

	media	var	media	var	media	Var
5°	0.16	0.05	0.01	0.004	0.01	0.0001
45°	3	0.06	0.31	0.01	0.07	0.0001

Attività Svolta

Tabella 2.1 Prestazioni algoritmo ACM in frequenza

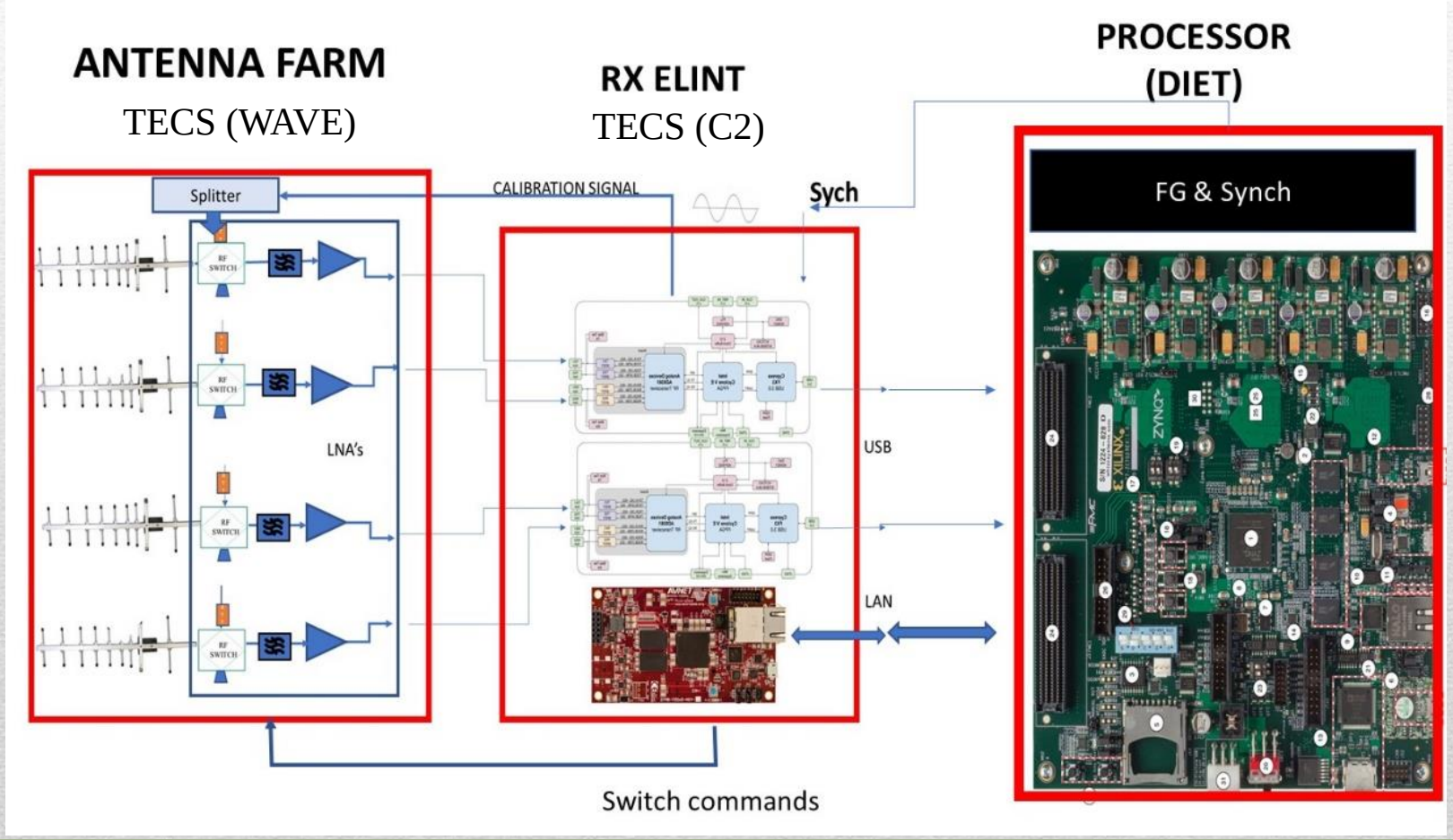
	C/N=10dB	C/N=20dB	C/N=30dB
mean	920m	396m	190m
Standard deviation	430m	331m	50m

Tabella 2.2 Prestazioni algoritmo ACM nel tempo

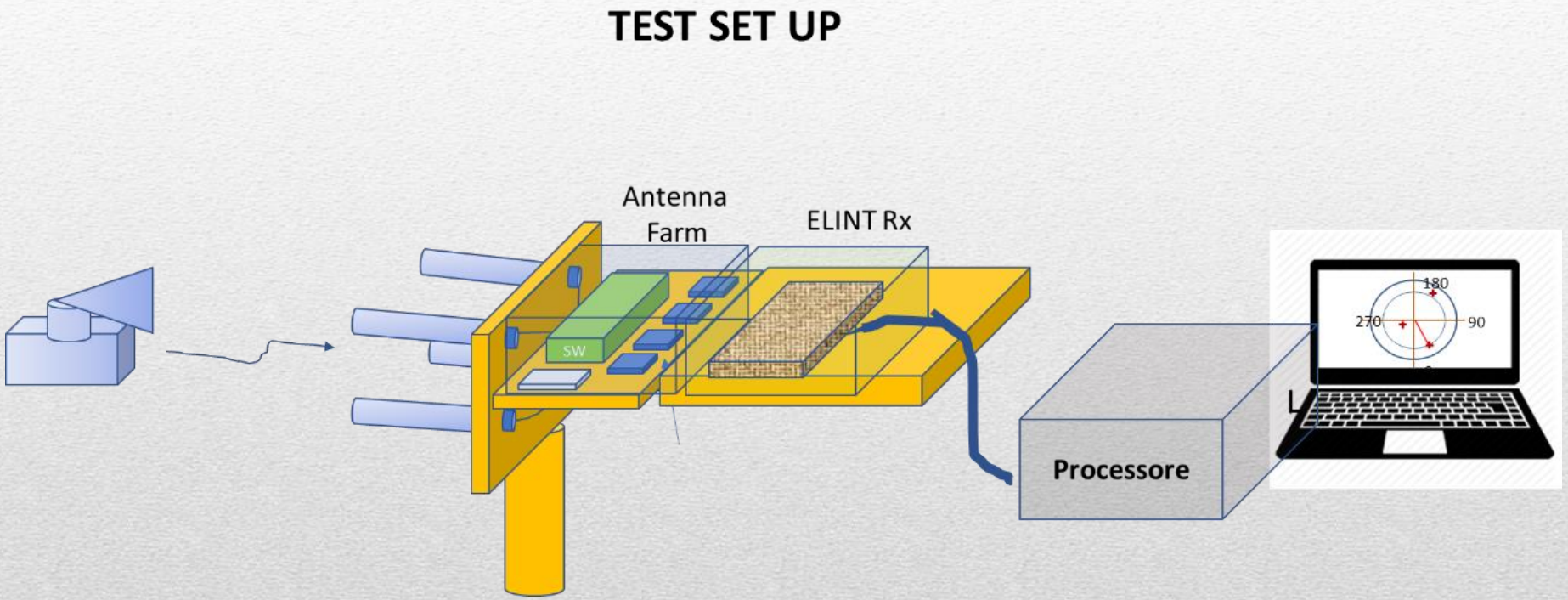
	C/N=10dB	C/N=20dB	C/N=30dB
mean	3km	1km	335m
Standard deviation	330m	200m	40m

Attività Svolta

Implementazione del Payload per la PoC



Proof-of-Concept



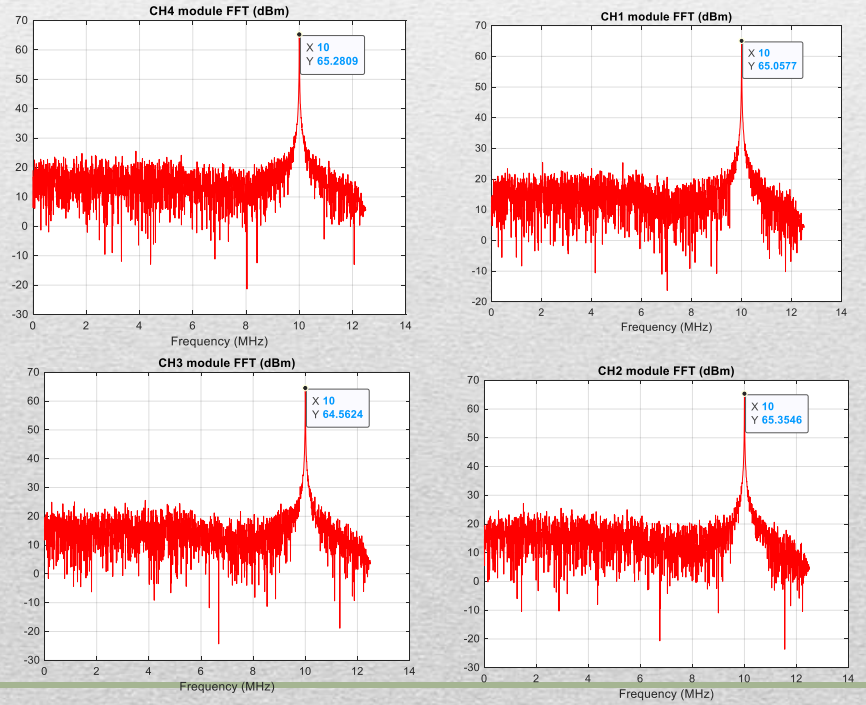
Università di Roma Tor Vergata

Proof-of-Concept

Proof-of-Concept

MISURE EFFETTUATE IL 29 MARZO PRESSO I LABORATORI DI TVG IN CAMERA ANECOICA

	Modalità	BW RX (MHz)	LO RX (MHz)	Fs RX (Msps)	Gain RX (dB)	Acquisition time (s)	BW TX (MHz)	Tone freq. (MHz)	Fs TX (Msps)	Gain TX (dB)	Transmission time (s)
Acquisition36	Calibrazione	10	1390	25	26	1	1	1400	25	46	5



Proof-of-Concept

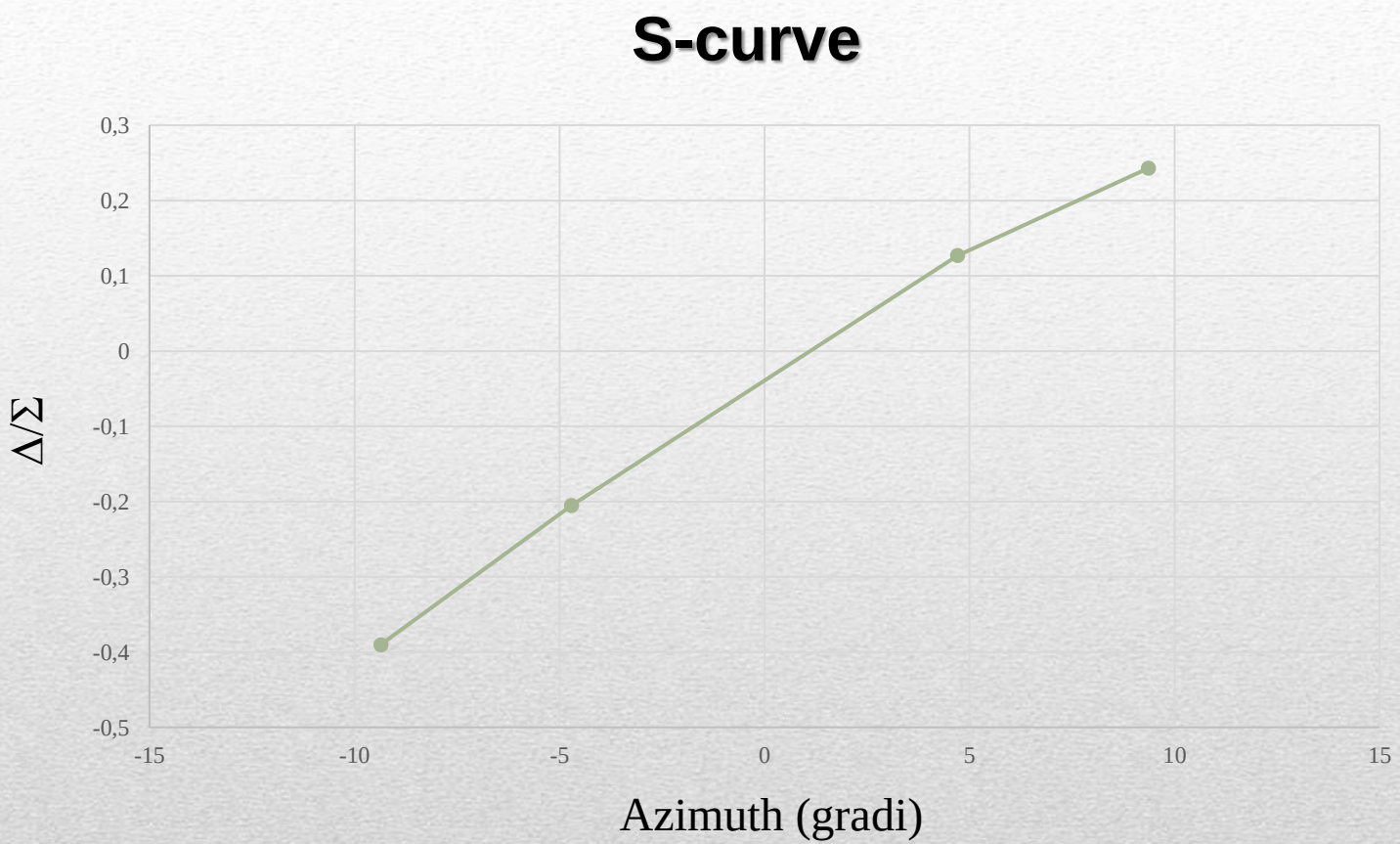
acquisizione	Elevazione (gradi)		Azimuth (gradi)	
	reale	stimato	reale	stimato
24	3.27	3.73	0	0.42
26	6.5	5.72	0	0.1
27	4.46	4.46	0	0.17

acquisizione	Elevazione (gradi)		Azimuth (gradi)	
	reale	stimato	reale	stimato
51	0	0.67	4.71	4,6
52	0	1.5	9.36	8.74
53	0	-0.7	-4.71	-4.51
54	0	-1.1	-9.36	-9.12

Errore sull'AoA:
Tra -6° - 6° l'errore si mantiene tra 0.5 e 0.7 gradi

Oltre arriva fino a gradi circa 1.5 gradi

Proof-of-Concept



Lineare tra -5° - + 5°

Conclusioni

- La fattibilità del sistema proposta è stata dimostrata
- L'Algoritmo ACM nel dominio del tempo non ha dato risultati coerenti poiché i campionatori delle 4 antenne non sono perfettamente sincronizzati, c'e' una differenza di 2-3 campioni
- Questo problema può essere risolto o aumentando la frequenza di campionamento (di almeno 3 volte) o utilizzando HW più preciso e più costoso

- L'elaborazione nel dominio della frequenza non è invece sensibile a tale problema
- Un limite dell'elaborazione nel dominio della frequenza che per lavorare con FFT non troppo complesse, si lavora su un numero minore di campioni (nel nostro caso N=4096) e questo riduce le prestazioni di qualche decimo di grado.

- Siamo pronti per una industrializzazione del sensore