

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni

Tesi di Laurea

**Rivelazione di Segnali a Fase Continua
per Comunicazioni via Satellite**

Relatori:

Prof. Ing. Marco LUISE

Prof. Ing. Michele MORELLI

Dott. Ing. Marilena MAIOLO

Candidato:

Gabriele BOCCOLINI

Anno Accademico 2004-2005

Sommario

Si propone qui uno studio sulle *Modulazioni a Fase Continua* (CPM). Dopo una prima parte rivolta all'analisi di un metodo numerico per il calcolo della densità spettrale, ci concentreremo sulle prestazioni dei segnali CPM valutandone efficienza energetica ed efficienza spettrale al variare di alcuni parametri (indice di modulazione, ordine della costellazione, forma degli impulsi). I risultati ottenuti saranno poi visualizzati sul piano di Shannon per poter avere un confronto con le attuali tecniche di modulazione digitale normalmente in uso. Infine focalizzeremo l'attenzione sull'analisi della probabilità di errore in presenza di errori di fase.



Indice

Sommario	4
Introduzione	5
1 Modulazioni a Fase Continua	9
1.1 Amplificazione non Lineare nelle Comunicazioni via Satellite	10
1.2 Introduzione alle Modulazioni di Fase	13
1.2.1 PSK e CPFSK	14
1.3 Modulazioni a Fase Continua	16
1.3.1 Modello del Segnale	16
1.3.2 Ricevitore Ottimo	21
1.3.3 Distanza Euclidea	27
1.4 Diagrammi I-Q	29
2 Analisi Spettrale	33
2.1 Analisi dei metodi per il calcolo della DSP	34
2.2 Metodo Numerico	35
2.2.1 Calcolo della Funzione di Autocorrelazione	36
2.2.2 Densità Spettrale di Potenza	38
2.2.3 Risultati Numerici	41
2.2.4 Breve Riepilogo dell'Algoritmo	49
2.3 Comportamento Asintotico dello Spettro	51
3 Prestazioni del Sistema	53
3.1 Descrizione del Sistema	53

3.2	Upper Bound della Distanza Euclidea Minima	55
3.2.1	Sistemi a Risposta Piena	56
3.2.2	Sistemi a Risposta Parziale	62
3.3	Distanza Euclidea Minima	69
3.3.1	Sistemi a Risposta Piena	71
3.3.2	Sistemi a Risposta Parziale	77
3.4	Piano di Shannon	82
3.4.1	Efficienza Energetica e Spettrale dei Segnali CPM	85
4	Ricezione in Presenza di Offset di Fase	89
4.1	Limiti di Prestazione nelle Sincronizzazioni	89
4.1.1	Limite di Cramer-Rao	90
4.2	Stima di Fase per Segnali CPM	92
4.2.1	Stima di Fase ad Anello Chiuso	93
4.2.2	Stima di Fase ad Anello Aperto	96
4.3	Probabilità di Errore	96
4.3.1	Distanza Euclidea Modificata	97
4.3.2	Prestazioni	101
4.4	Risultati delle Simulazioni	102
	Conclusioni	105
	Bibliografia	107