

Tecnica per il Partizionamento Ottimo in Antenne a Schiera Lineari con Massima BCE mediante Contiguous Partition Method

L. Poli, P. Rocca, A. Massa

Abstract

La sintesi di antenne a schiera lineari per applicazioni WPT (Wireless Power Transmission) a massima efficienza (tale efficienza viene considerata in termini di rapporto tra la potenza radiata su un'area desiderata e la potenza totale radiata, BCE: Beam Collection Efficiency) mediante architetture a sub-array è trattata in questo documento. I gradi di libertà del problema di sintesi in questione (ossia l'indice di appartenenza di ciascun elemento ad un specifico sub-array e le ampiezze d'eccitazione di tali sub-arrays) sono determinati mediante una tecnica di "excitation matching" che sfrutta la conoscenza della configurazione ottima delle eccitazioni che garantisce massima BCE.

Contents

I Risultati e simulazioni array lineari

1	ARRAY LINEARE 16 ELEMENTI ($N = 2 \times M = 16$; $Q = 2, \dots, 8$)	3
1.1	Descrizione del test case	3
1.2	Pattern di Riferimento: BCE 90%	3
1.3	Pattern di Riferimento: BCE 95%	4
1.4	Pattern di Riferimento: BCE 100%	4
1.5	Parametri numerici pattern di riferimento	5
1.6	Risultati	5
1.6.1	Parametri vs Numero di subarray	5
1.6.2	Studio casi significativi ($Q = 2, 4$)	7
2	ARRAY LINEARE 32 ELEMENTI ($N = 2 \times M = 32$; $Q = 2, \dots, 16$)	10
2.1	Descrizione del test case	10
2.2	Pattern di Riferimento: BCE 90%	10
2.3	Pattern di Riferimento: BCE 95%	10
2.4	Pattern di Riferimento: BCE 100%	11
2.5	Parametri numerici pattern di riferimento	11
2.6	Risultati	12
2.6.1	Parametri vs Numero di subarray	12
2.6.2	Studio casi significativi ($Q = 2, 4, 6$)	14
3	ARRAY LINEARE 128 ELEMENTI ($N = 2 \times M = 128$; $Q = 2, \dots, 32$)	17
3.1	Descrizione del test case	17
3.2	Pattern di Riferimento: BCE 90%	17
3.3	Pattern di Riferimento: BCE 95%	17
3.4	Pattern di Riferimento: BCE 100%	18
3.5	Parametri numerici pattern di riferimento	18
3.6	Risultati	19
3.6.1	Parametri vs Numero di subarray	19
3.6.2	Studio casi significativi ($Q = 2, 4, 6, 8$)	21
4	ARRAY LINEARE 512 ELEMENTI ($N = 2 \times M = 512$; $Q = 2, \dots, 64$)	24
4.1	Descrizione del test case	24
4.2	Pattern di Riferimento: BCE 95%	24
4.3	Parametri numerici pattern di riferimento	24
4.4	Risultati	25
4.4.1	Parametri vs Numero di subarray	25
4.4.2	Studio casi significativi ($Q = 4, 6, 8$)	27
5	ARRAY LINEARE 1024 ELEMENTI ($N = 2 \times M = 1024$; $Q = 2, \dots, 64$)	28
5.1	Descrizione del test case	28
5.2	Pattern di Riferimento: BCE 95%	28
5.3	Parametri numerici pattern di riferimento	28
5.4	Risultati	29
5.4.1	Parametri vs Numero di subarray	29
5.4.2	Studio casi significativi ($Q = 4, 6, 8$)	31

Part I

Risultati e simulazioni array lineari

Suddivisione delle simulazioni

Come numero di elementi totali della schiera si è scelto un numero potenza di due quindi $N = \{16, 32, 128, 512, 1024\}$. Per i vari casi, si vuole considerare un diverso numero di subarray (Q) per valutare il valore di BE rispetto al variare di Q . Questo studio ha lo scopo di individuare il valore "ideale", ovvero quello che offre il maggior miglioramento delle prestazioni rispetto a $Q - 1$ e minor rispetto a $Q + 1, Q + 2, \dots$

I vari valori di Q per i vari test case è:

N	Q
16	[2 : 8]
32	[2 : 16]
128	[2 : 32]
512	[2 : 64]
1024	[2 : 64]

Per i test case a 16, 32, 128 elementi sono stati considerati tre pattern di riferimento differenti, più precisamente con $BCE_{target} = 90\%; 95\%; 100\%$.

1 ARRAY LINEARE 16 ELEMENTI ($N = 2 \times M = 16$; $Q = 2, \dots, 8$)

1.1 Descrizione del test case

- Schiera lineare - Numero di elementi: $N = 2 \times M = 16$
- Spaziatura tra gli elementi: $d = 0.5\lambda$
- Numero di subarray: $Q = 2, \dots, 8$
- Intervallo angolare $BCE_{max} u = [0.084171, 0.1017, 0.554]$
- Beam Collection Efficiency massima $BCE_{max} = [90\%, 95\%, 100\%]$

1.2 Pattern di Riferimento: BCE 90%

- Pattern somma di riferimento (Prasad, 1982)
- Efficienza di WPT teorico: $BCE = 90.00\%$
- Efficienza di WPT numerico: $BCE = 90.00\%$

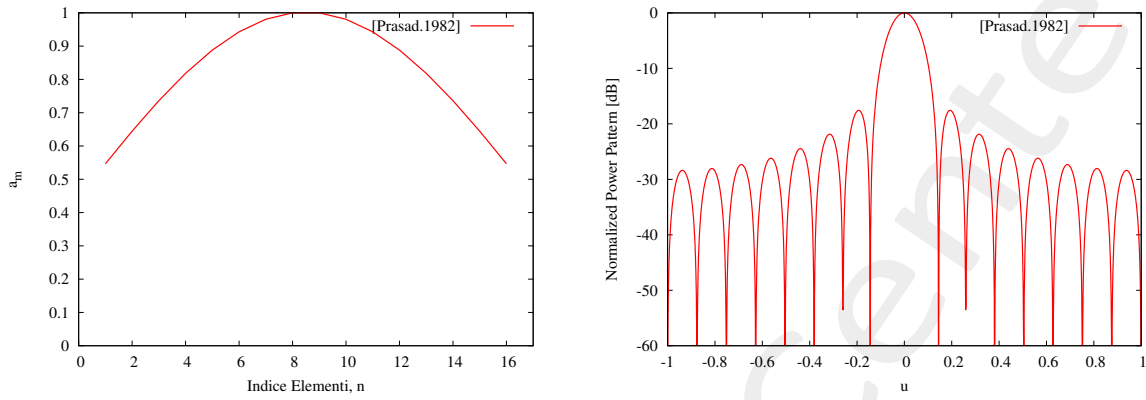


Figure 1: Eccitazione e pattern di riferimento

1.3 Pattern di Riferimento: BCE 95%

- Pattern somma di riferimento (Prasad, 1982)
- Efficienza di WPT teorico: $BCE = 95.00\%$
- Efficienza di WPT numerico: $BCE = 95.00\%$

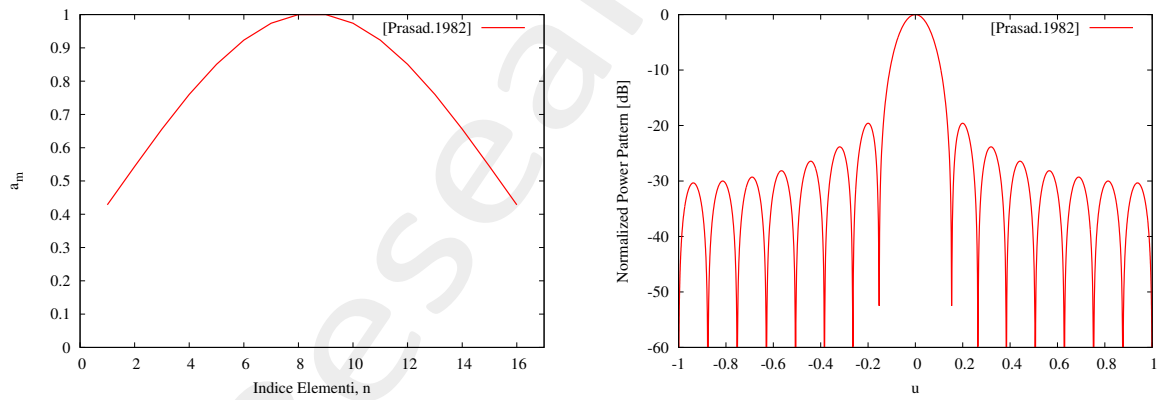


Figure 2: Eccitazione e pattern di riferimento

1.4 Pattern di Riferimento: BCE 100%

- Pattern somma di riferimento (Prasad, 1982)
- Efficienza di WPT teorico: $BCE = 100.00\%$
- Efficienza di WPT numerico: $BCE = 100.00\%$

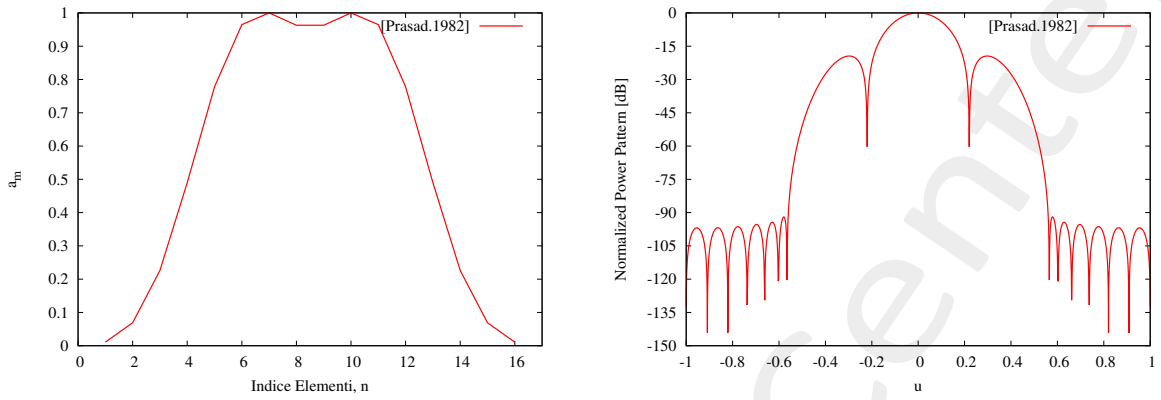


Figure 3: Eccitazione e pattern di riferimento

1.5 Parametri numerici pattern di riferimento

BCE	u	SLL [dB]		$First\ Null$ [rad]	BW [rad]	D_{max}	
		[dB]	[rad]			[dB]	[rad]
90.00%	0.084171	-17.569853	0.604825	8.3000001	0.122108	11.889896	$0.13411E-05$
95.00%	0.101700	-19.606461	0.631704	8.8000001	0.126924	11.768044	$0.13411E-05$
100.00%	0.554000	-19.424185	0.934230	12.699999	0.177381	10.325794	$0.13411E-05$

1.6 Risultati

1.6.1 Parametri vs Numero di subarray

Beam Collection Efficiency vs Numero di subarray

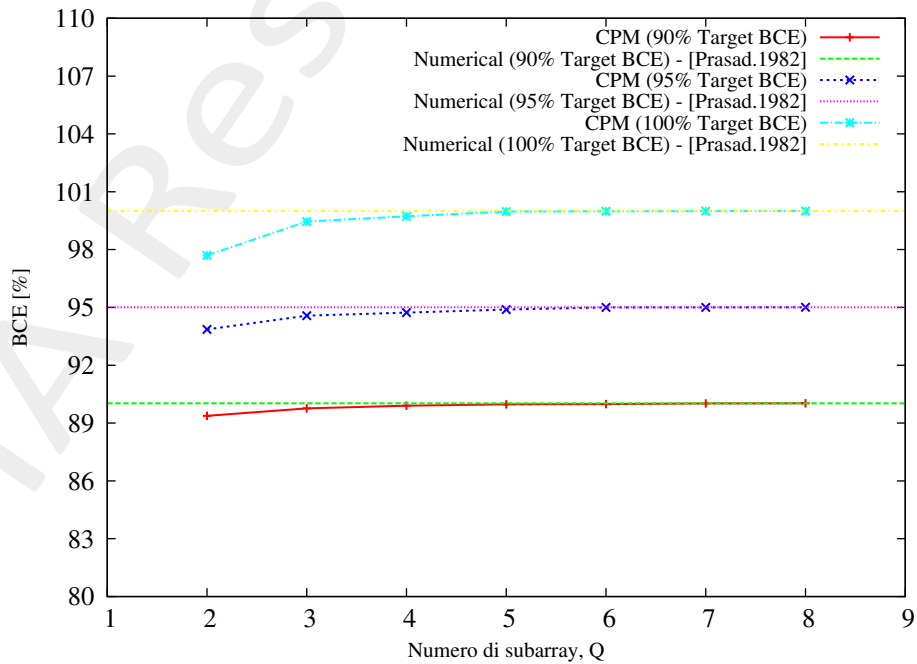
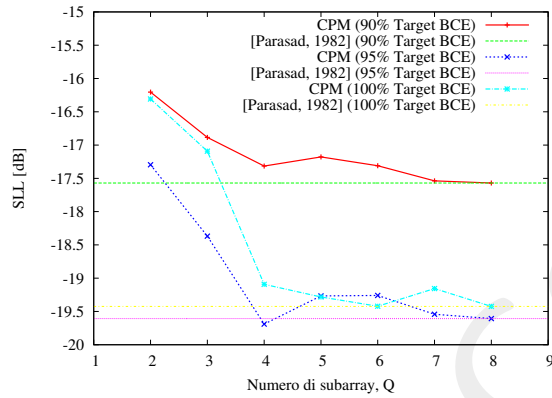
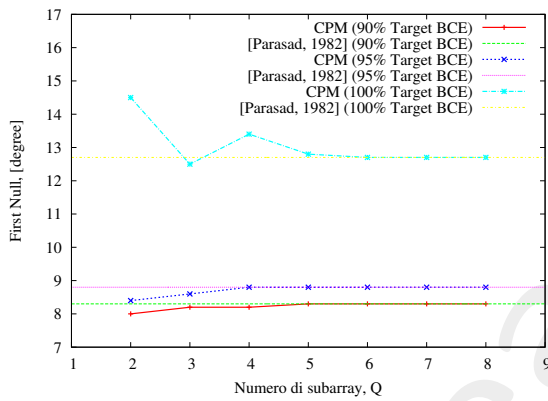


Figure 4: BCE vs Subarray

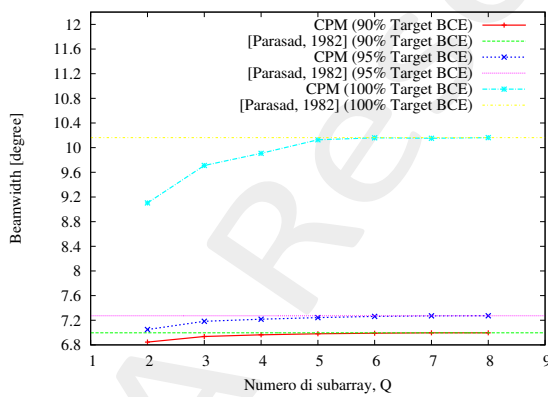
Max SLL vs Numero di subarray



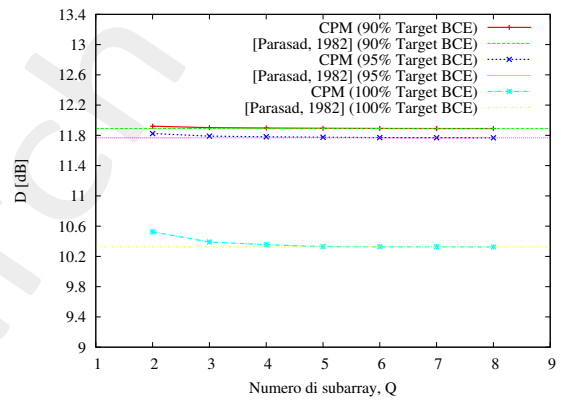
First Null vs Numero di subarray



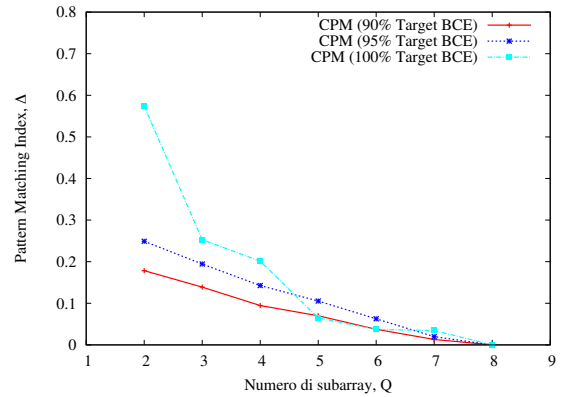
Beamwidth vs Numero di subarray



Direttività vs Numero di subarray



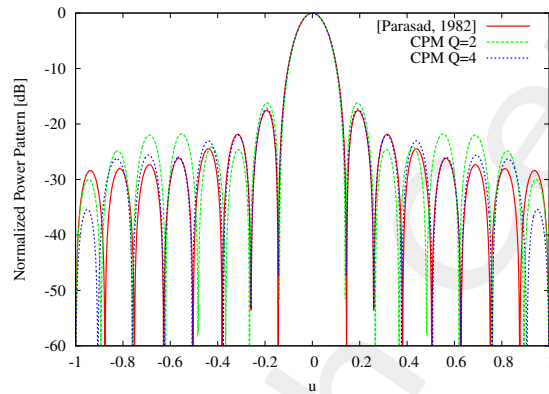
Delta vs Numero di subarray



1.6.2 Studio casi significativi ($Q = 2, 4$)

PARAMETRI CON TARGET BCE 90%

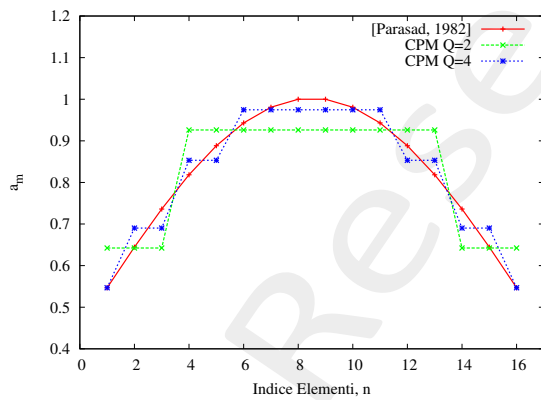
Beam pattern



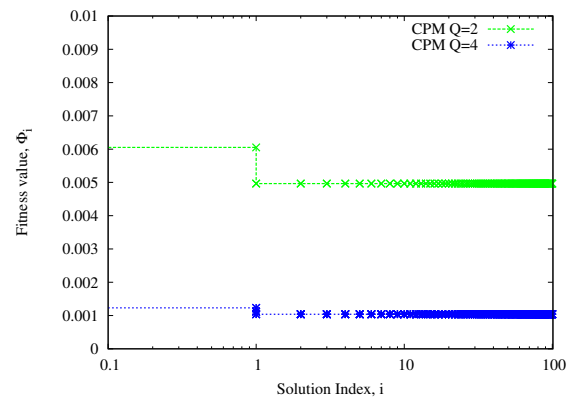
Parametri numerici

#Q	SLL		First Null [rad]	BW [rad]	Δ_{norm}	D_{max}		BCE [%]
	[dB]	[rad]				[dB]	[rad]	
2	-16.205141	0.599444	8.000000	0.119476	0.178589	11.921003	$0.1341E-05$	89.37
4	-17.314863	0.610205	8.199999	0.121537	0.094654	11.896392	$0.1341E-05$	89.90

Configurazione delle eccitazioni

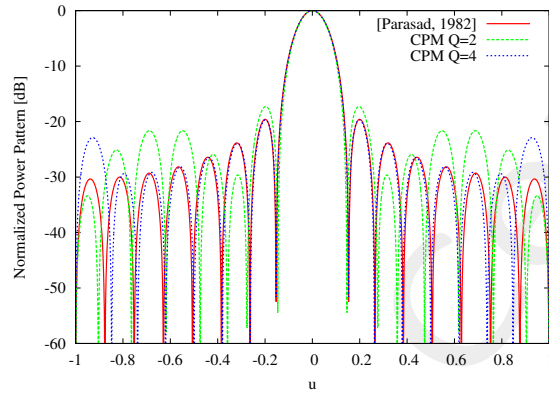


Evoluzione funzionale di costo CPM



PARAMETRI CON TARGET BCE 95%

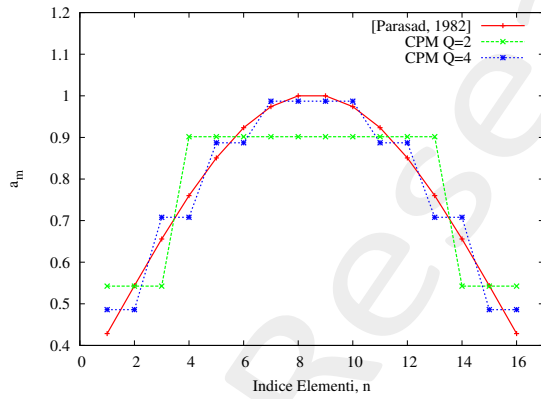
Beam pattern



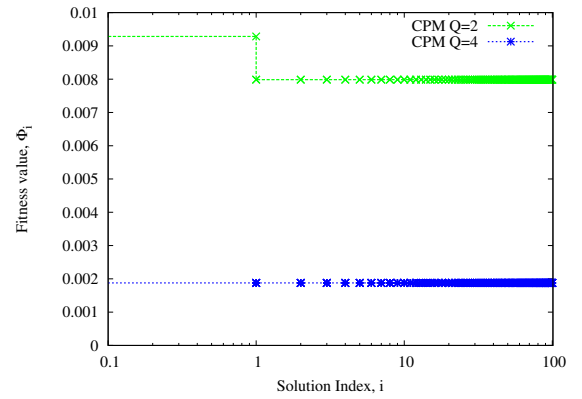
Parametri numerici

#Q	SLL		First Null [rad]	BW [rad]	Δ_{norm}	D_{max}		BCE [%]
	[dB]	[rad]				[dB]	[rad]	
2	-17.296265	0.620958	8.399999	0.123025	0.249069	11.823758	$0.1341E-05$	93.86
4	-19.689453	0.620958	8.800000	0.125963	0.142764	11.781076	$0.1341E-05$	94.73

Configurazione delle eccitazioni

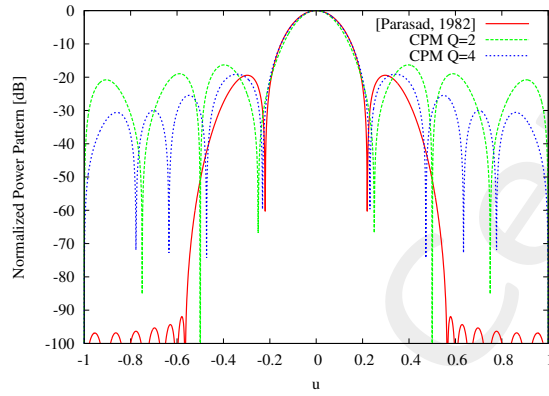


Evoluzione funzionale di costo CPM



PARAMETRI CON TARGET BCE 100%

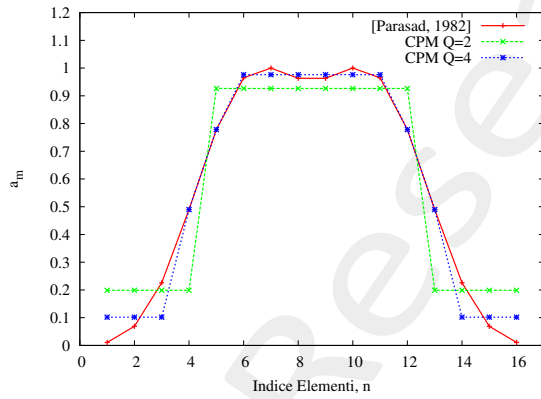
Beam pattern



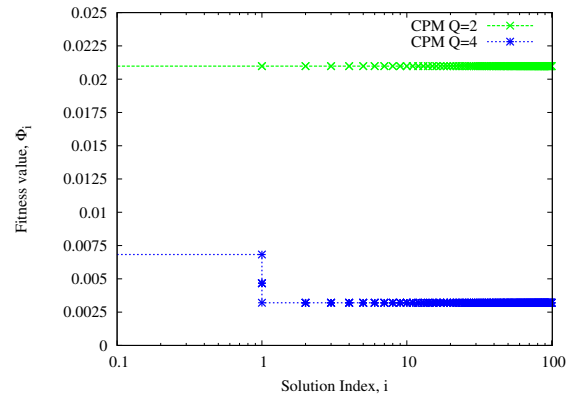
Parametri numerici

#Q	SLL		First Null [rad]	BW [rad]	Δ_{norm}	D_{max}		BCE [%]
	[dB]	[rad]				[dB]	[rad]	
2	-16.308102	1.252707	14.500000	0.158887	0.573712	10.524103	$0.1341E-05$	97.69
4	-19.092052	1.0744880	13.399999	0.172934	0.201291	10.355520	$0.1341E-05$	99.72

Configurazione delle eccitazioni



Evoluzione funzionale di costo CPM



2 ARRAY LINEARE 32 ELEMENTI ($N = 2 \times M = 32$; $Q = 2, \dots, 16$)

2.1 Descrizione del test case

- Schiera lineare - Numero di elementi: $N = 2 \times M = 32$
- Spaziatura tra gli elementi: $d = 0.5\lambda$
- Numero di subarray: $Q = 2, \dots, 16$
- Intervallo angolare $BCE_{max} u = [0.0421522, 0.05096, 0.207]$
- Beam Collection Efficiency massima $BCE_{max} = [90\%, 95\%, 100\%]$

2.2 Pattern di Riferimento: BCE 90%

- Pattern somma di riferimento (Prasad, 1982)
- Efficienza di WPT teorico: $BCE = 90.00\%$
- Efficienza di WPT numerico: $BCE = 90.00\%$

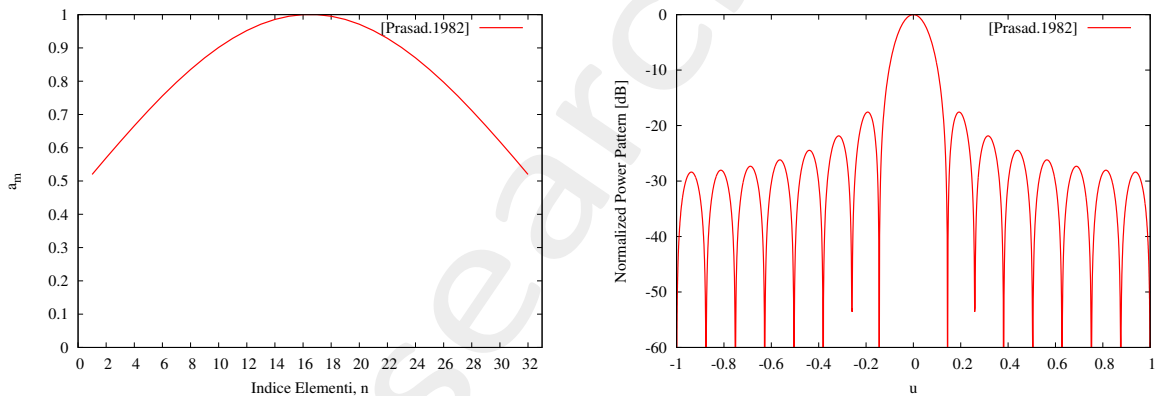


Figure 5: Eccitazione e pattern di riferimento

2.3 Pattern di Riferimento: BCE 95%

- Pattern somma di riferimento (Prasad, 1982)
- Efficienza di WPT teorico: $BCE = 95.00\%$
- Efficienza di WPT numerico: $BCE = 95.00\%$

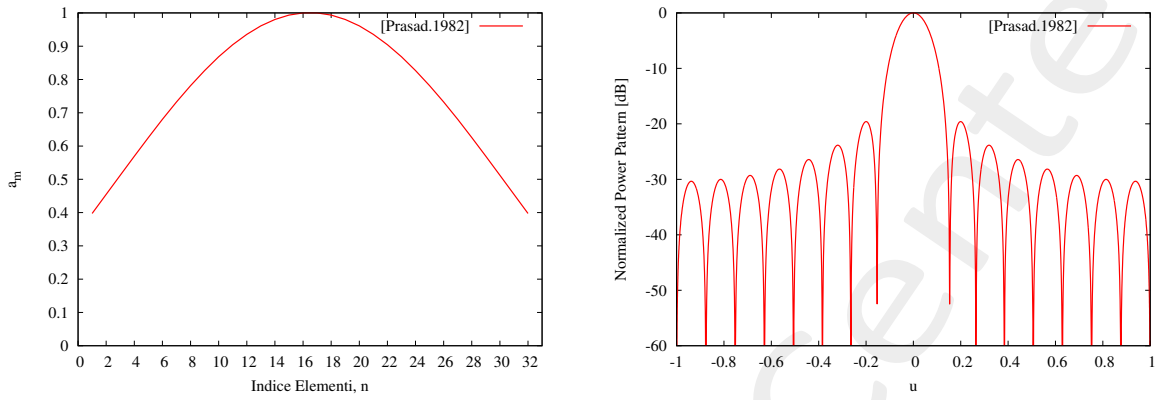


Figure 6: Eccitazione e pattern di riferimento

2.4 Pattern di Riferimento: BCE 100%

- Pattern somma di riferimento (Prasad, 1982)
- Efficienza di WPT teorico: $BCE = 100.00\%$
- Efficienza di WPT numerico: $BCE = 100.00\%$

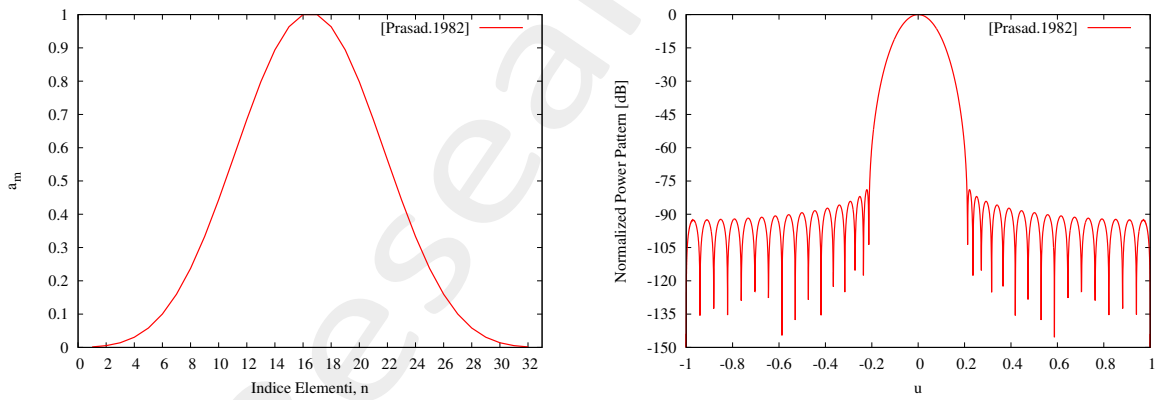


Figure 7: Eccitazione e pattern di riferimento

2.5 Parametri numerici pattern di riferimento

BCE	u	SLL [dB]		$First\ Null$ [rad]	BW [rad]	D_{max}	
		[dB]	[rad]			[dB]	[rad]
90.00%	0.0421522	-17.670437	0.303837	4.150000	0.061026	14.897696	0.13411E-05
95.00%	0.0509600	-19.720516	0.317477	4.400000	0.063470	14.773743	0.13411E-05
100.00%	0.2070000	-78.921997	0.696015	12.300000	0.109213	12.394770	0.13411E-05

2.6 Risultati

2.6.1 Parametri vs Numero di subarray

Beam Collection Efficiency vs Numero di subarray

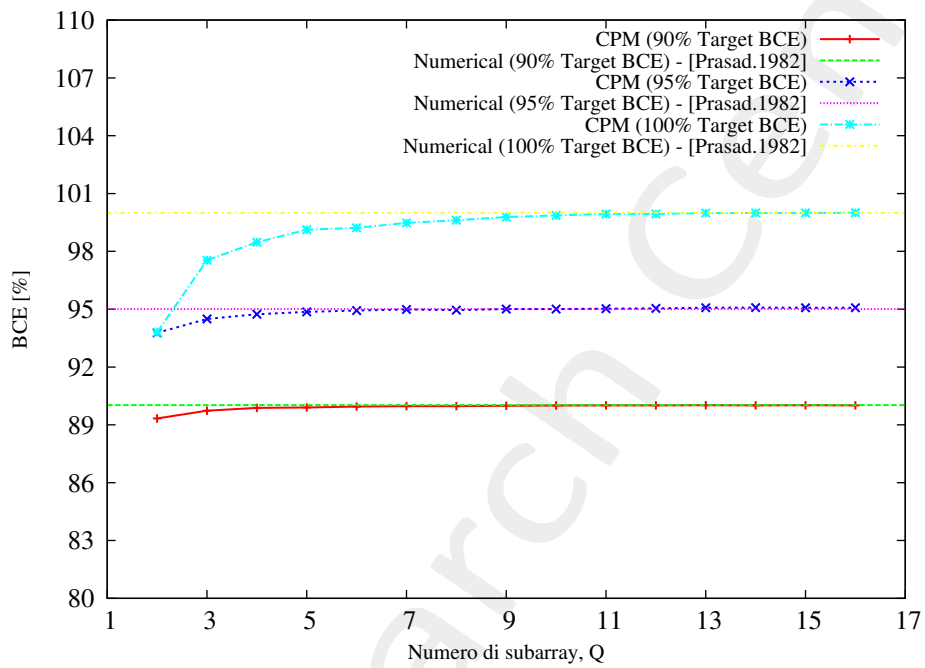
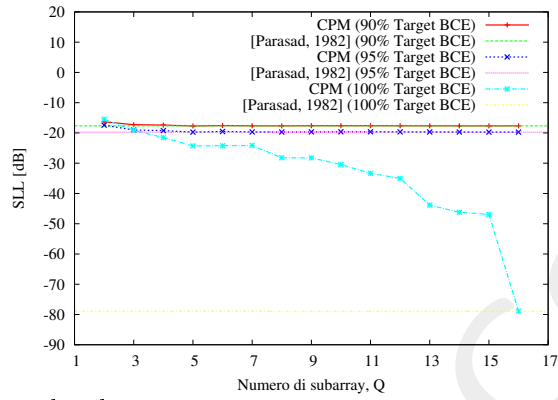
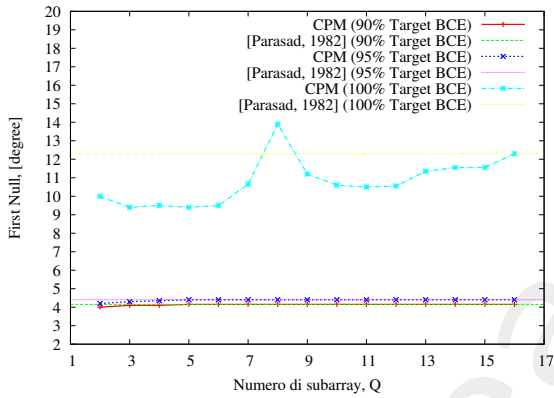


Figure 8: BCE vs Subarray

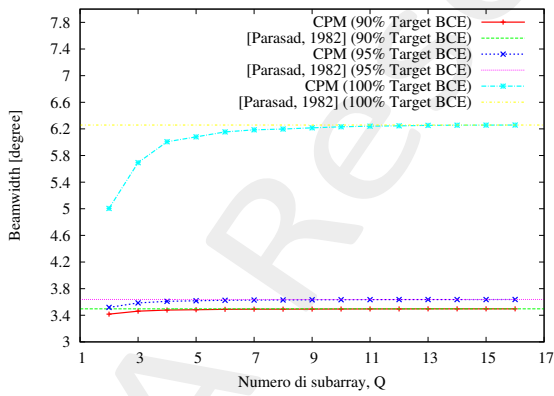
Max SLL vs Numero di subarray



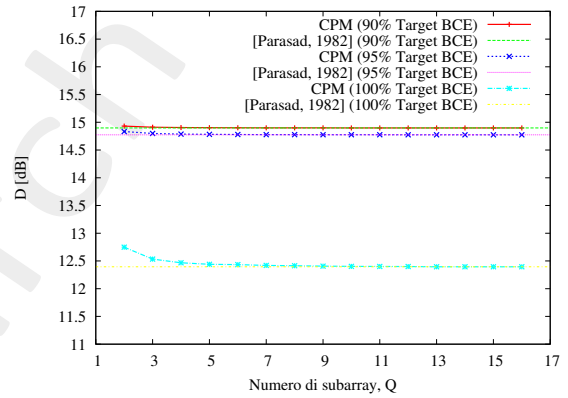
First Null vs Numero di subarray



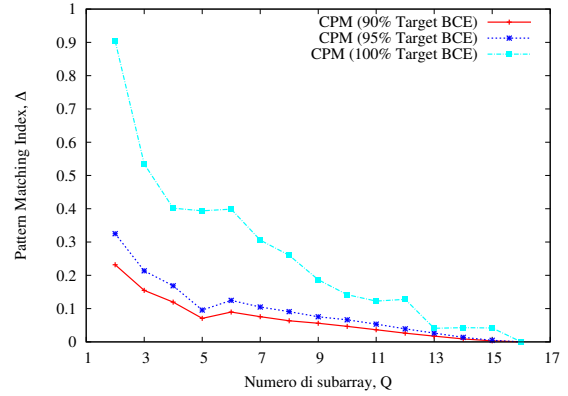
Beamwidth vs Numero di subarray



Direttività vs Numero di subarray



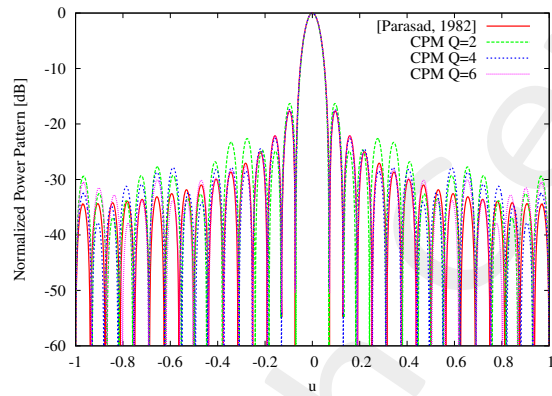
Delta vs Numero di subarray



2.6.2 Studio casi significativi ($Q = 2, 4, 6$)

PARAMETRI CON TARGET BCE 90%

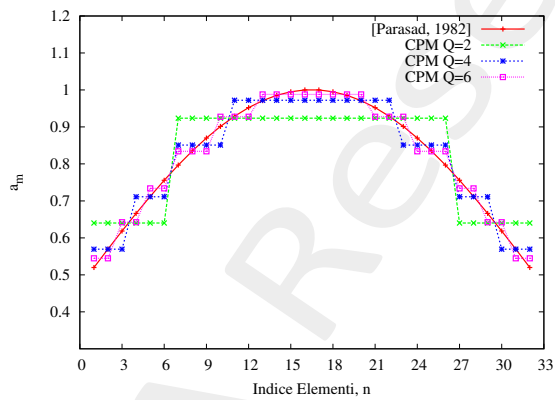
Beam pattern



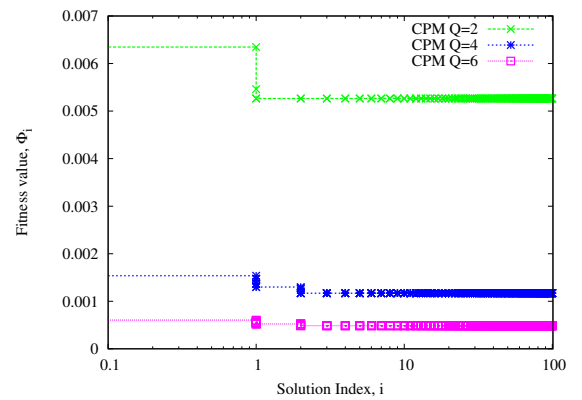
Parametri numerici

# Q	SLL		First Null [rad]	BW [rad]	Δ_{norm}	D_{max}		BCE [%]
	[dB]	[rad]				[dB]	[rad]	
2	-16.311737	0.301108	4.000000	0.059632	0.231677	14.930853	$0.1341E-05$	89.33
4	-17.401241	0.301108	4.099999	0.060705	0.119466	14.905044	$0.1341E-05$	89.87
6	-17.563618	0.303837	4.150000	0.608922	0.089771	14.900751	$0.1341E-05$	89.94

Configurazione delle eccitazioni

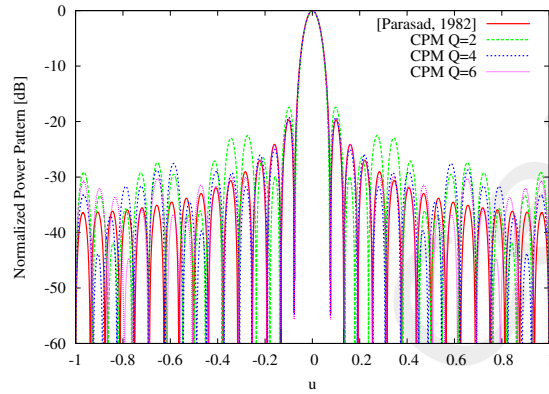


Evoluzione funzionale di costo CPM



PARAMETRI CON TARGET BCE 95%

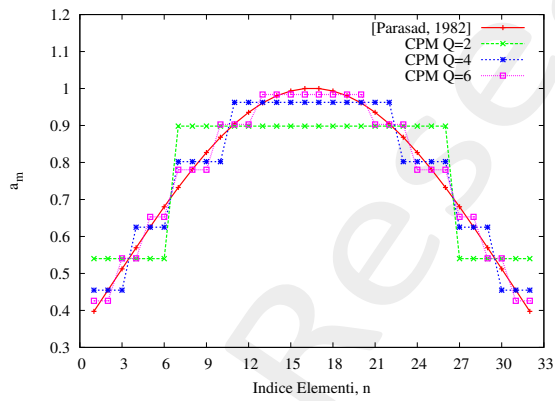
Beam pattern



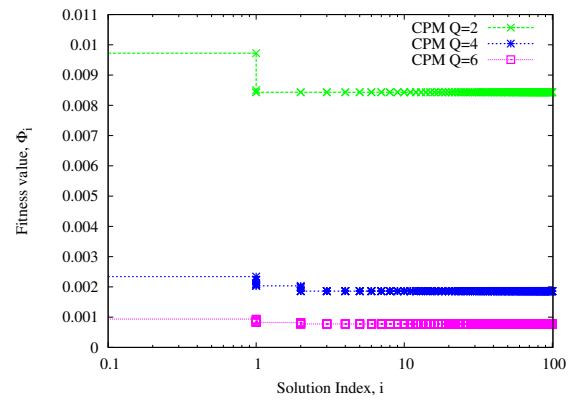
Parametri numerici

#Q	SLL		First Null [rad]	BW [rad]	Δ_{norm}	D_{max}		BCE [%]
	[dB]	[rad]				[dB]	[rad]	
2	-17.419680	0.312022	4.199999	0.061404	0.325121	14.833002	$0.1341E-05$	93.77
4	-19.232048	0.314750	4.349999	0.063000	0.168436	14.786745	$0.1341E-05$	94.73
6	-19.519979	0.312022	4.400000	0.063272	0.124671	14.779159	$0.1341E-05$	94.93

Configurazione delle eccitazioni



Evoluzione funzionale di costo CPM

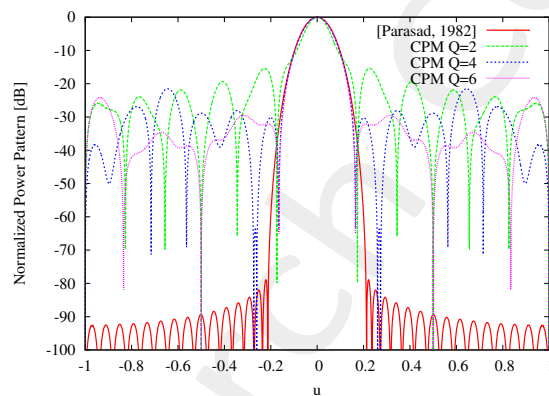


PARAMETRI CON TARGET BCE 100%

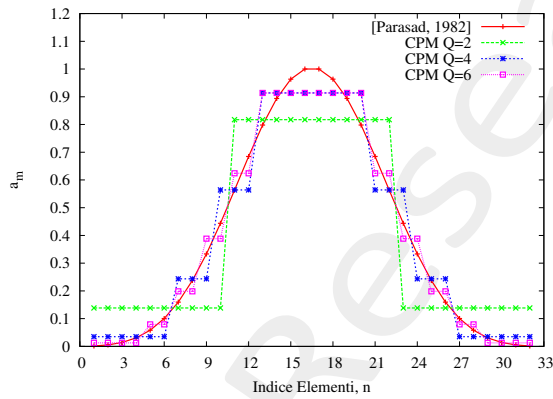
Parametri numerici

# Q	SLL		First Null [rad]	BW [rad]	Δ_{norm}	D_{max}		BCE [%]
	[dB]	[rad]				[dB]	[rad]	
2	-15.429324	0.712046	10.000000	0.087352	0.904349	12.748030	$0.1341E-05$	93.80
4	-21.530457	0.202357	95.000000	0.104838	0.401714	12.466980	$0.1341E-05$	98.47
6	-24.217289	2.940717	95.000000	0.107410	0.398999	12.434573	$0.1341E-05$	99.21

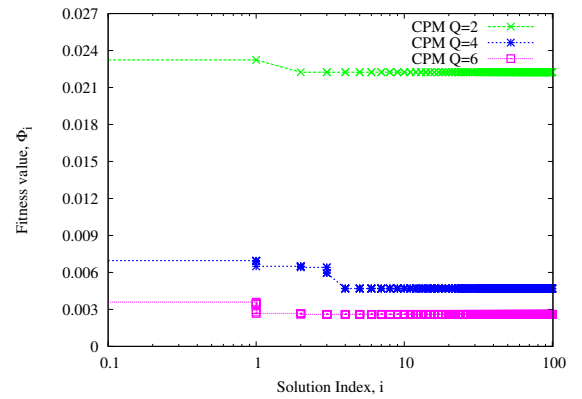
Beam pattern



Configurazione delle eccitazioni



Evoluzione funzionale di costo CPM



3 ARRAY LINEARE 128 ELEMENTI ($N = 2 \times M = 128$; $Q = 2, \dots, 32$)

3.1 Descrizione del test case

- Schiera lineare - Numero di elementi: $N = 2 \times M = 128$
- Spaziatura tra gli elementi: $d = 0.5\lambda$
- Numero di subarray: $Q = 2, \dots, 32$
- Intervallo angolare $BCE_{max} u = [0.01054328, 0.01275, 0.0766729]$
- Beam Collection Efficiency massima $BCE_{max} = [90\%, 95\%, 100\%]$

3.2 Pattern di Riferimento: BCE 90%

- Pattern somma di riferimento (Prasad, 1982)
- Efficienza di WPT teorico: $BCE = 95.00\%$
- Efficienza di WPT numerico: $BCE = 95.06\%$

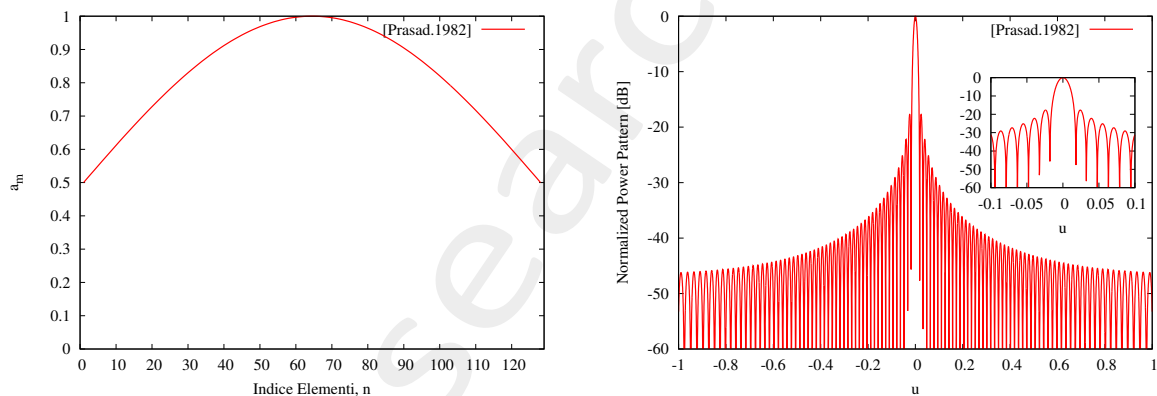


Figure 9: Eccitazione e pattern di riferimento

3.3 Pattern di Riferimento: BCE 95%

- Pattern somma di riferimento (Prasad, 1982)
- Efficienza di WPT teorico: $BCE = 95.00\%$
- Efficienza di WPT numerico: $BCE = 95.06\%$

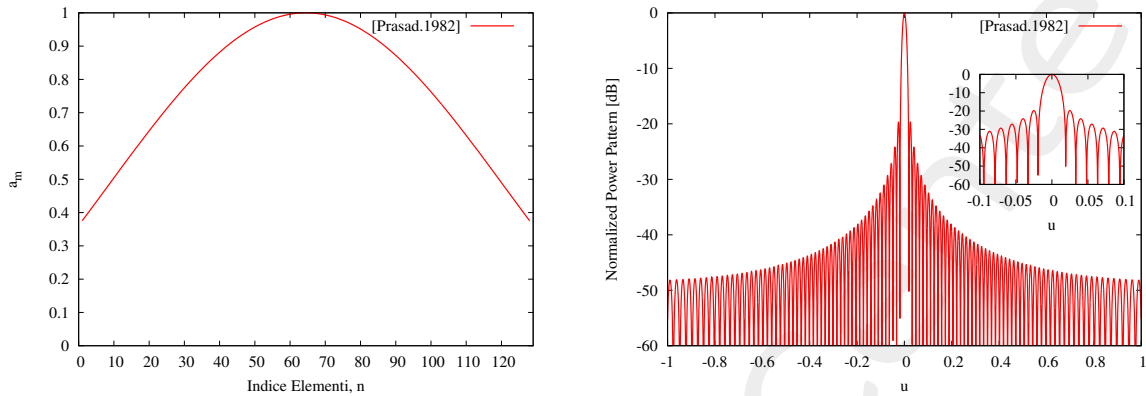


Figure 10: Eccitazione e pattern di riferimento

3.4 Pattern di Riferimento: BCE 100%

- Pattern somma di riferimento (Prasad, 1982)
- Efficienza di WPT teorico: $BCE = 95.00\%$
- Efficienza di WPT numerico: $BCE = 95.06\%$

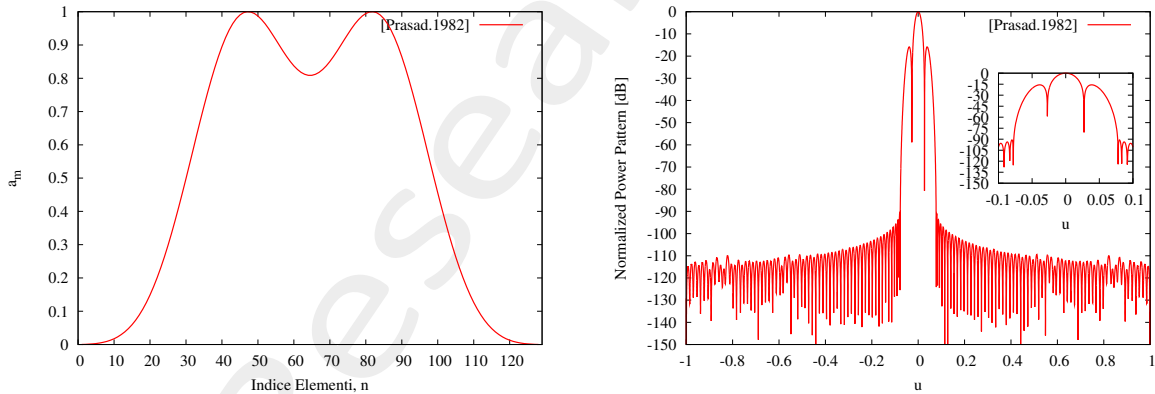


Figure 11: Eccitazione e pattern di riferimento

3.5 Parametri numerici pattern di riferimento

BCE	u	SLL [dB]		$First\ Null$ [rad]	BW [rad]	D_{max}	
		[dB]	[rad]			[dB]	[rad]
90.00%	0.01054328	-17.701712	0.075550	1.042000	0.015254	20.916975	0.006002
95.00%	0.01275000	-19.736679	0.078619	1.098000	0.015870	20.792315	0.006002
100.00%	0.07667290	-15.946039	0.122352	1.559999	0.022823	19.157747	0.006002

3.6 Risultati

3.6.1 Parametri vs Numero di subarray

Beam Collection Efficiency vs Numero di subarray

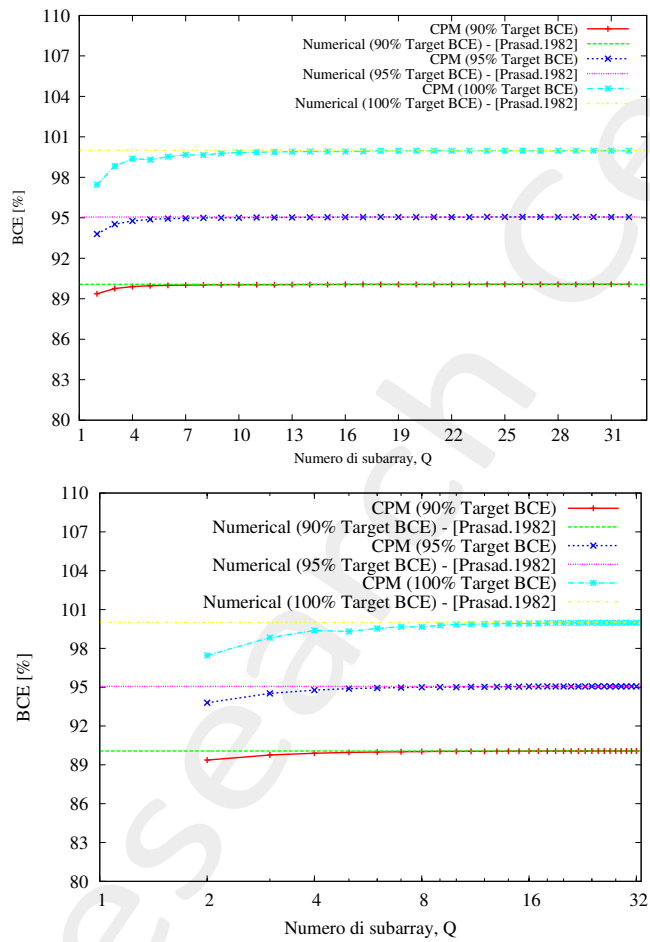
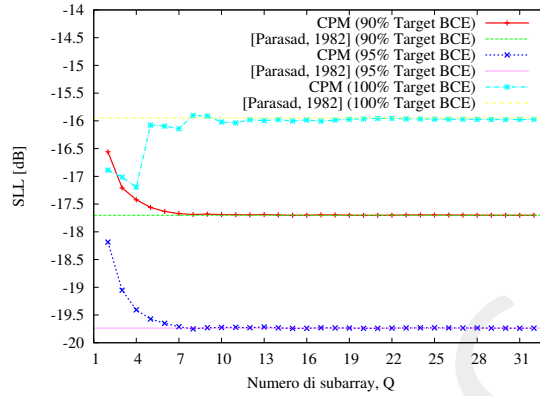
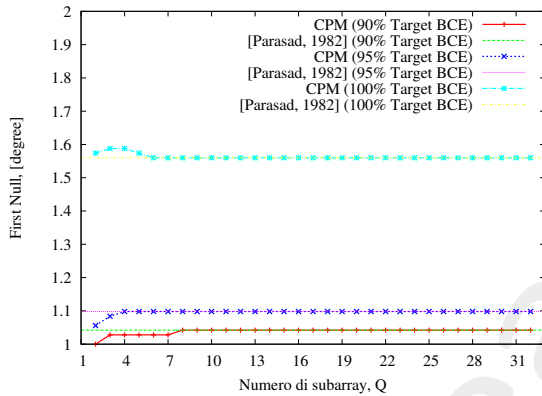


Figure 12: BCE vs Subarray

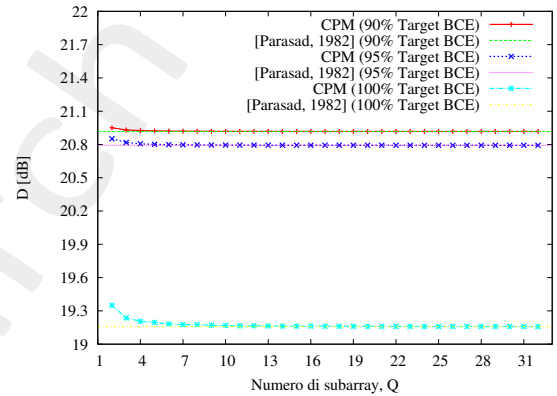
Max SLL vs Numero di subarray



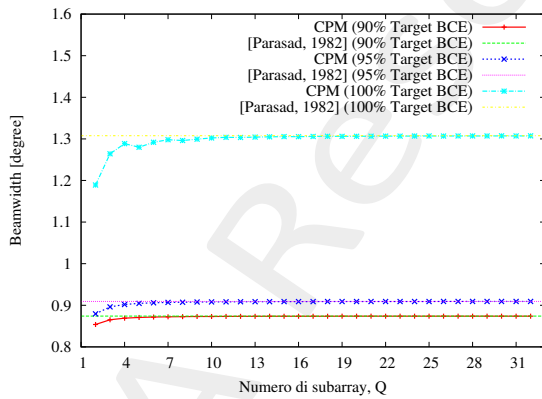
First Null vs Numero di subarray



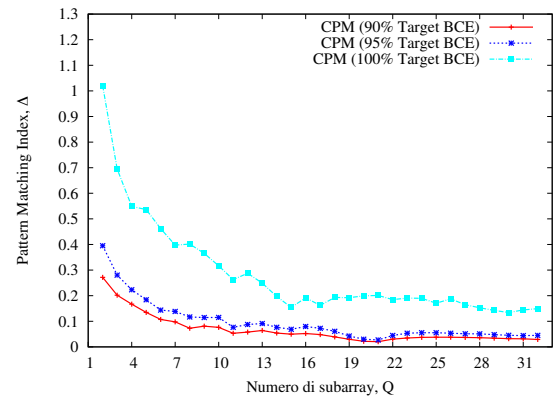
Direttività vs Numero di subarray



Beamwidth vs Numero di subarray



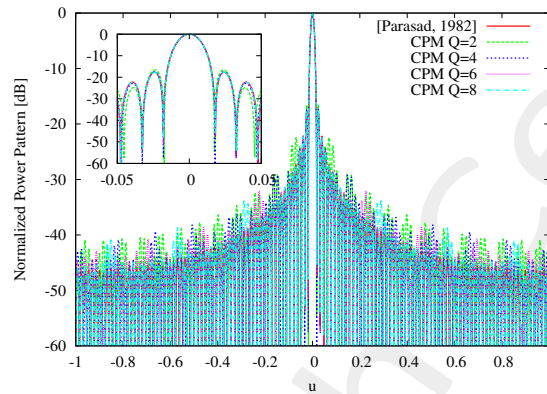
Delta vs Numero di subarray



3.6.2 Studio casi significativi ($Q = 2, 4, 6, 8$)

PARAMETRI CON TARGET BCE 90%

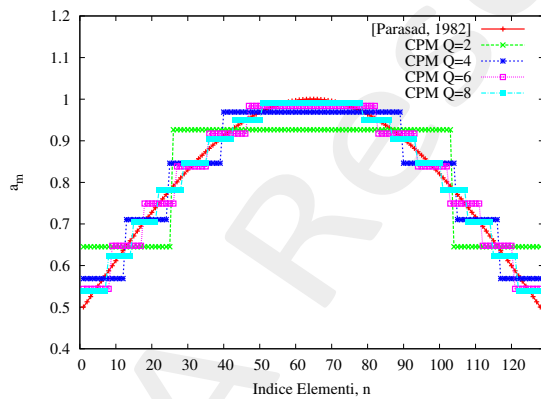
Beam pattern



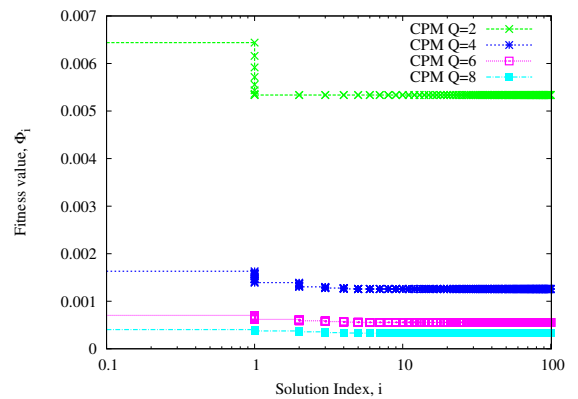
Parametri numerici

# Q	SLL		$First\ Null\ [rad]$	$BW\ [rad]$	Δ_{norm}	D_{max}		$BCE\ [%]$
	$[dB]$	$[rad]$				$[dB]$	$[rad]$	
2	-16.558220	0.074782	1.000000	0.014902	0.271668	20.950621	0.006002	89.36
4	-17.421358	0.076317	1.027999	0.015168	0.166948	20.924866	0.006002	89.89
6	-17.632193	0.076317	1.027999	0.015216	0.107095	20.920452	0.006002	89.98
8	-17.688787	0.075550	1.042001	0.015231	0.072872	20.919016	0.006002	90.02

Configurazione delle eccitazioni

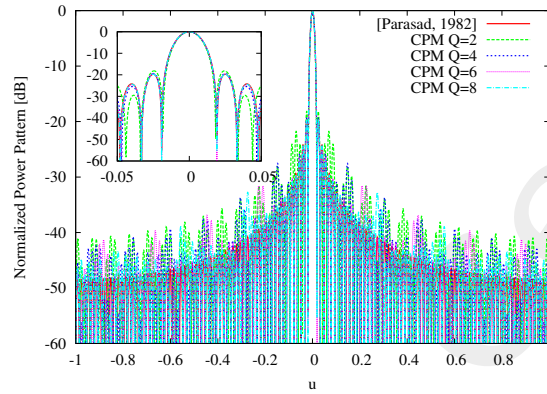


Evoluzione funzionale di costo CPM



PARAMETRI CON TARGET BCE 95%

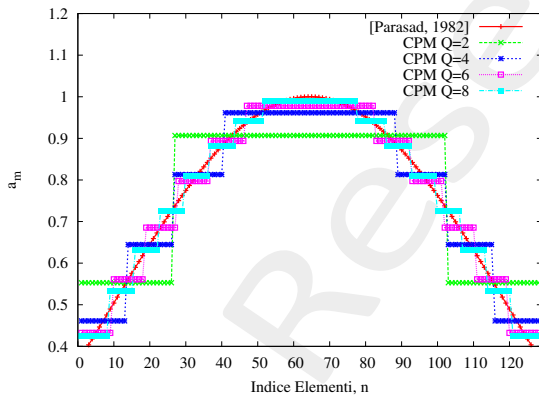
Beam pattern



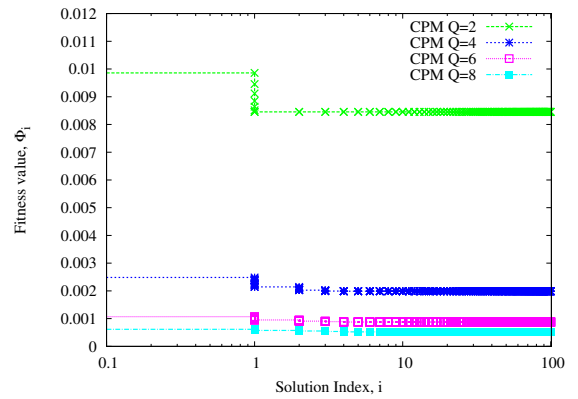
Parametri numerici

#Q	SLL		First Null [rad]	BW [rad]	Δ_{norm}	D_{max}		BCE [%]
	[dB]	[rad]				[dB]	[rad]	
2	-18.185812	0.077852	1.055999	0.015347	0.395191	20.851831	0.006002	93.79
4	-19.406563	0.078619	1.098001	0.015741	0.223199	20.806238	0.006002	94.76
6	-19.648733	0.078619	1.098001	0.015813	0.143755	20.798443	0.006002	94.93
8	-19.750174	0.078619	1.098001	0.015836	0.117055	20.795965	0.006002	94.99

Configurazione delle eccitazioni

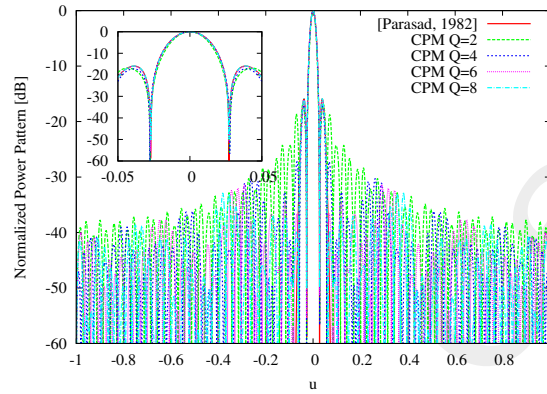


Evoluzione funzionale di costo CPM



PARAMETRI CON TARGET BCE 100%

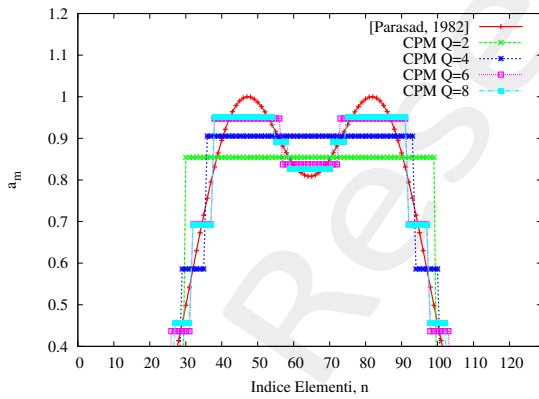
Beam pattern



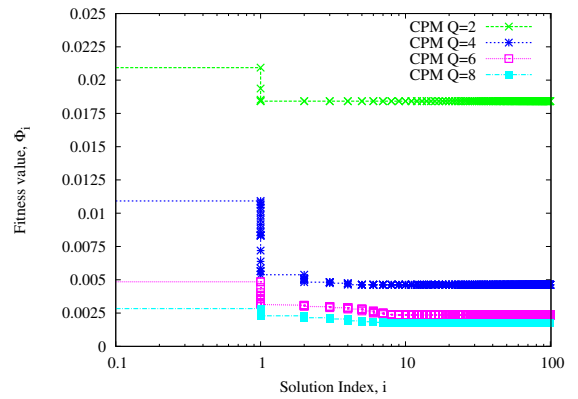
Parametri numerici

#Q	SLL		First Null [rad]	BW [rad]	Δ_{norm}	D_{max}		BCE [%]
	[dB]	[rad]				[dB]	[rad]	
2	-16.887691	0.136924	1.574001	0.020755	1.020542	19.350399	0.006002	97.45
4	-17.195057	0.123886	1.588001	0.0224899	0.548897	19.205357	0.006002	99.38
6	-16.094963	0.123886	1.559999	0.0225485	0.461851	19.181902	0.006002	99.53
8	-15.900734	0.122352	1.559999	0.0226213	0.401623	19.176001	0.006002	99.65

Configurazione delle eccitazioni



Evoluzione funzionale di costo CPM



4 ARRAY LINEARE 512 ELEMENTI ($N = 2 \times M = 512$; $Q = 2, \dots, 64$)

4.1 Descrizione del test case

- Schiera lineare - Numero di elementi: $N = 2 \times M = 512$
- Spaziatura tra gli elementi: $d = 0.5\lambda$
- Numero di subarray: $Q = 2, \dots, 64$
- Intervallo angolare $BCE_{max} u = 0.0031875$
- Beam Collection Efficiency massima $BCE_{max} = 95\%$

4.2 Pattern di Riferimento: BCE 95%

- Pattern somma di riferimento (Prasad, 1982)
- Efficienza di WPT teorico: $BCE = 95.00\%$
- Efficienza di WPT numerico: $BCE = 95.01\%$

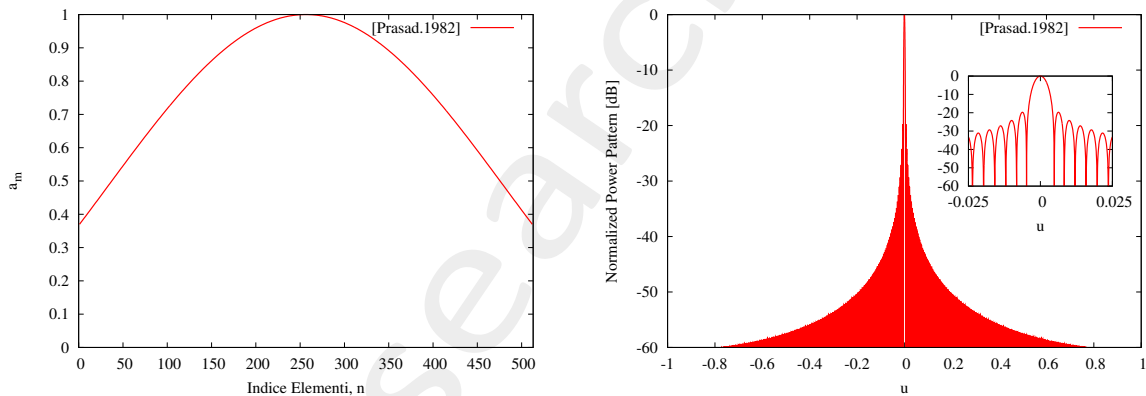


Figure 13: Eccitazione e pattern di riferimento

4.3 Parametri numerici pattern di riferimento

BCE	u	SLL [dB]		$First\ Null$ [rad]	BW [rad]	D_{max}	
		[dB]	[rad]			[dB]	[rad]
95.00%	0.0031875	-19.742664	0.019739	0.276001	0.003967	26.813356	$0.78231E - 06$

4.4 Risultati

4.4.1 Parametri vs Numero di subarray

Beam Collection Efficiency vs Numero di subarray

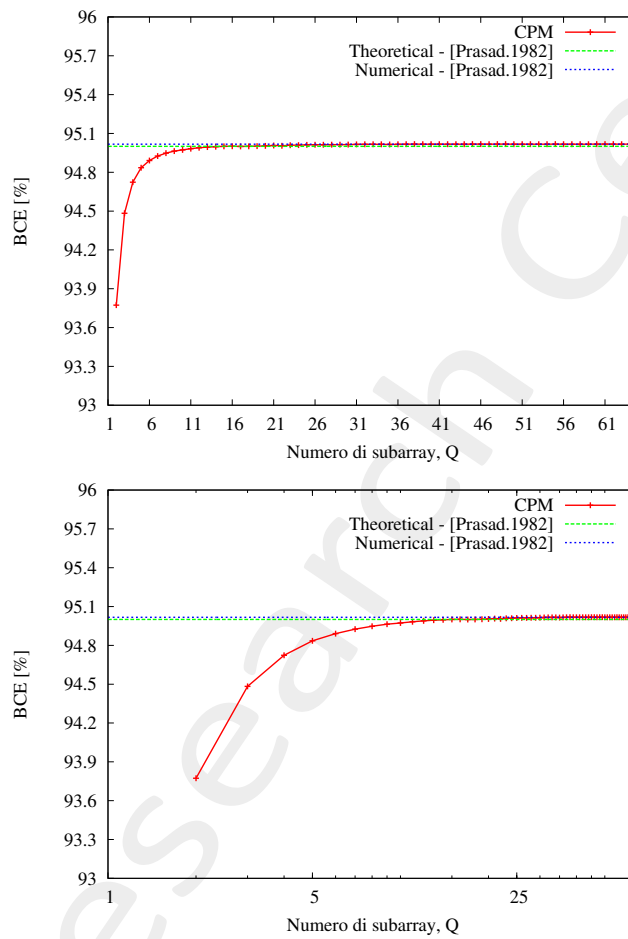
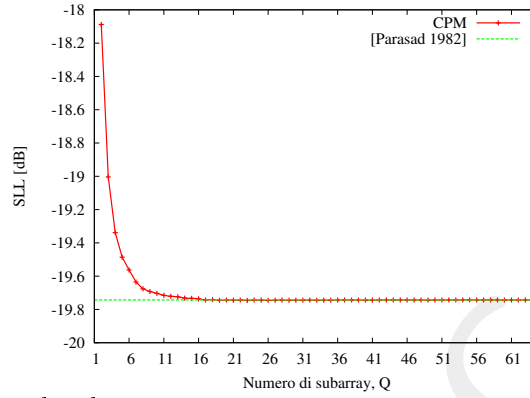
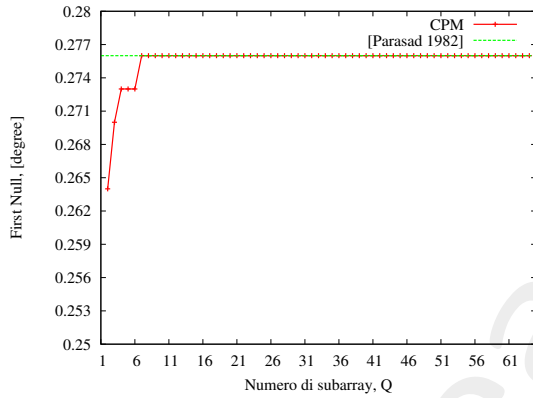


Figure 14: BCE vs Subarray

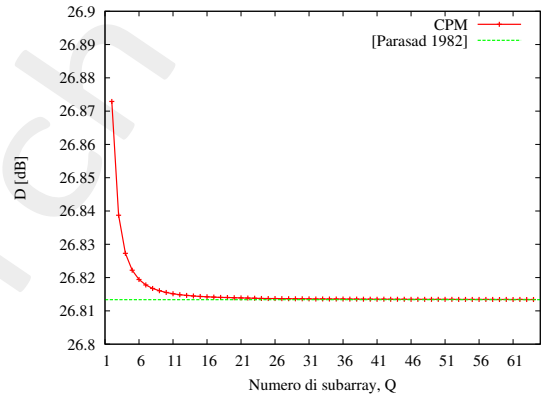
Max SLL vs Numero di subarray



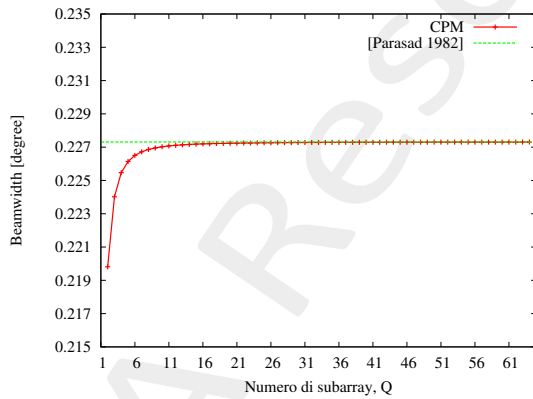
First Null vs Numero di subarray



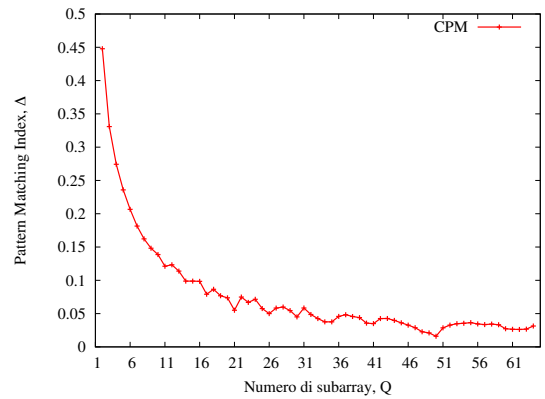
Direttività vs Numero di subarray



Beamwidth vs Numero di subarray



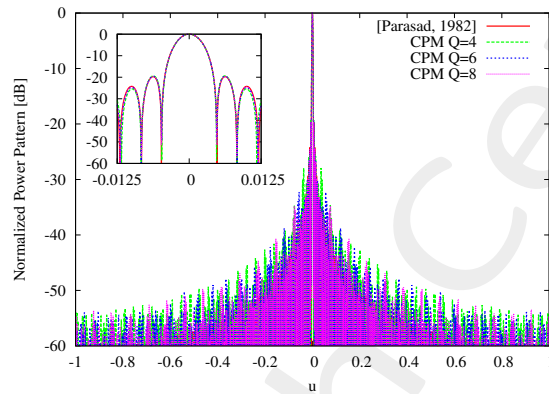
Delta vs Numero di subarray



4.4.2 Studio casi significativi ($Q = 4, 6, 8$)

PARAMETRI CON TARGET BCE 95%

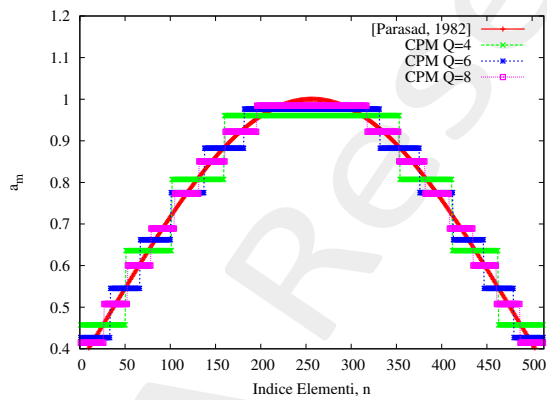
Beam pattern



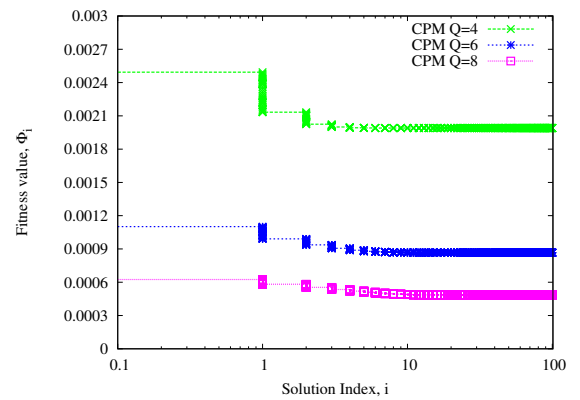
Parametri numerici

#Q	SLL		First Null [rad]	BW [rad]	Δ_{norm}	D_{max}		BCE [%]
	[dB]	[rad]				[dB]	[rad]	
4	-19.338524	0.019574	0.273001	0.003935	0.274248	26.827280	$0.7823E-06$	94.72
6	-19.562658	0.019574	0.273001	0.003953	0.206566	26.819422	$0.7823E-06$	94.89
8	-19.675886	0.019739	0.276001	0.003959	0.162290	26.816738	$0.7823E-06$	94.94

Configurazione delle eccitazioni



Evoluzione funzionale di costo CPM



5 ARRAY LINEARE 1024 ELEMENTI ($N = 2 \times M = 1024$; $Q = 2, \dots, 64$)

5.1 Descrizione del test case

- Schiera lineare - Numero di elementi: $N = 2 \times M = 1024$
- Spaziatura tra gli elementi: $d = 0.5\lambda$
- Numero di subarray: $Q = 2, \dots, 64$
- Intervallo angolare $BCE_{max} u = 0.001593875$
- Beam Collection Efficiency massima $BCE_{max} = 95\%$

5.2 Pattern di Riferimento: BCE 95%

- Pattern somma di riferimento (Prasad, 1982)
- Efficienza di WPT teorico: $BCE = 95.00\%$
- Efficienza di WPT numerico: $BCE = 95.04\%$

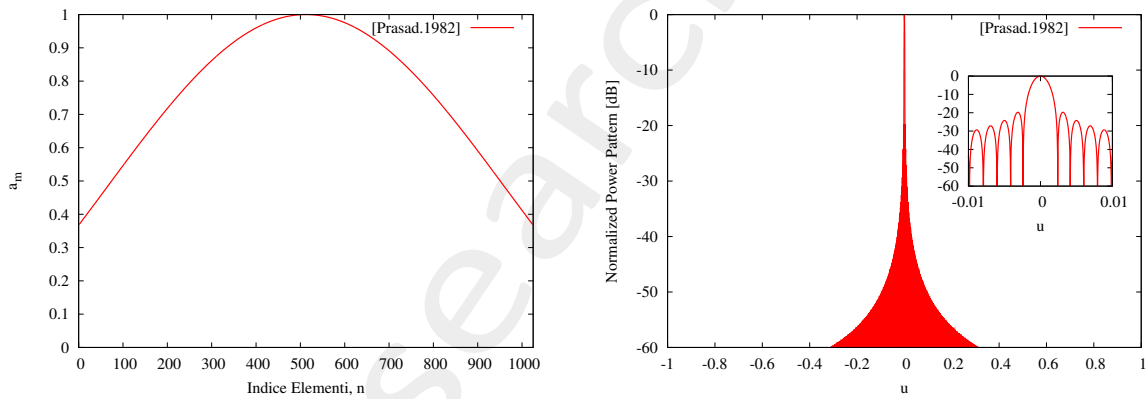


Figure 15: Eccitazione e pattern di riferimento

5.3 Parametri numerici pattern di riferimento

BCE	u	SLL [dB]		$First Null$ [rad]	BW [rad]
		[dB]	[rad]		
95.00%	0.001593875	-19.743761	0.009869	0.138000	0.001983

5.4 Risultati

5.4.1 Parametri vs Numero di subarray

Beam Collection Efficiency vs Numero di subarray

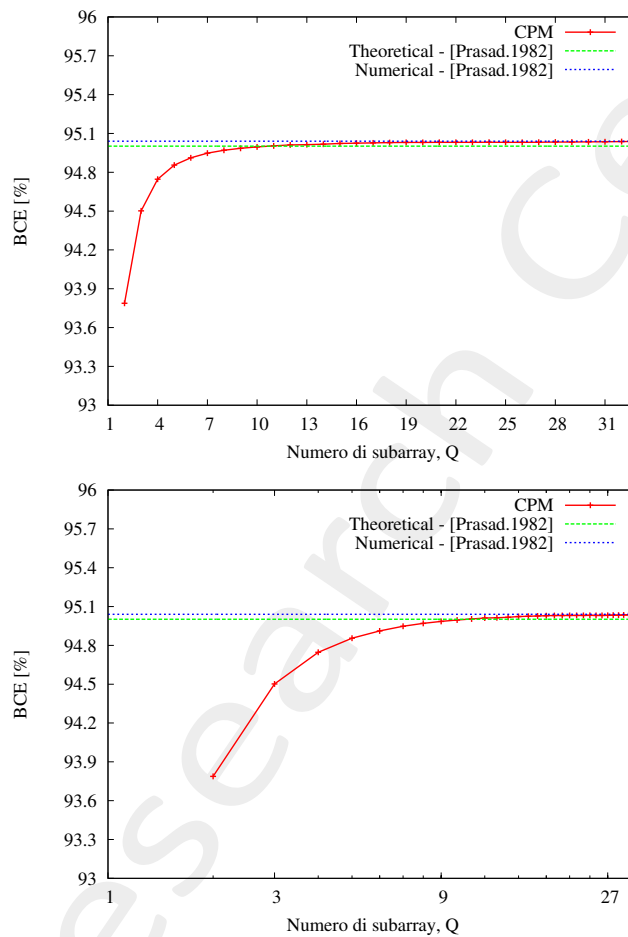
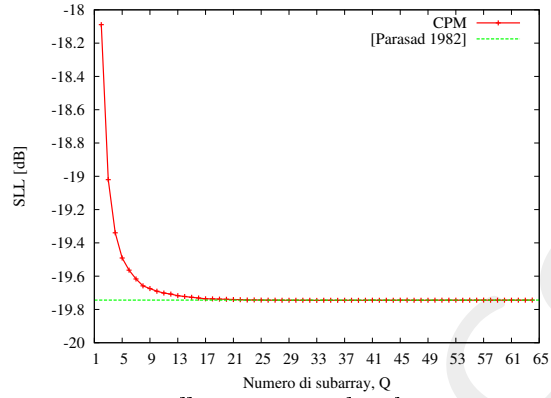
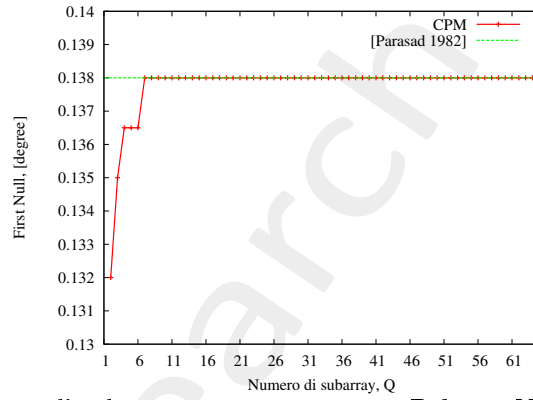


Figure 16: BCE vs Subarray

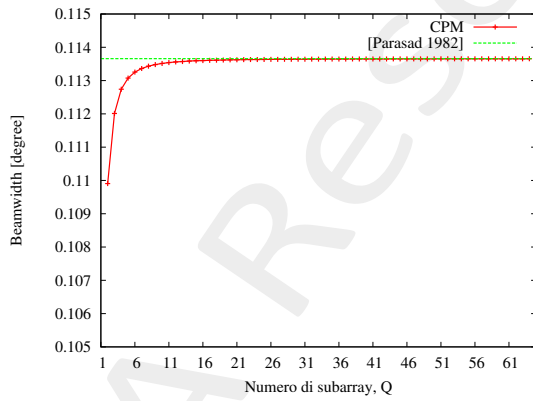
Max SLL vs Numero di subarray



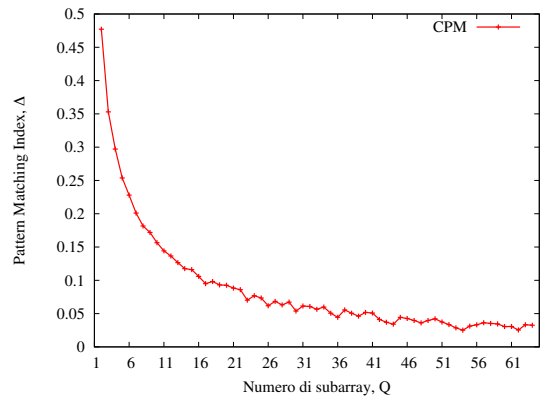
First Null vs Numero di subarray



Beamwidth vs Numero di subarray



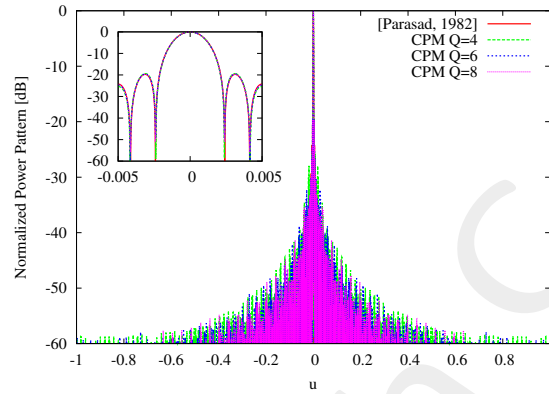
Delta vs Numero di subarray



5.4.2 Studio casi significativi ($Q = 4, 6, 8$)

PARAMETRI CON TARGET BCE 95%

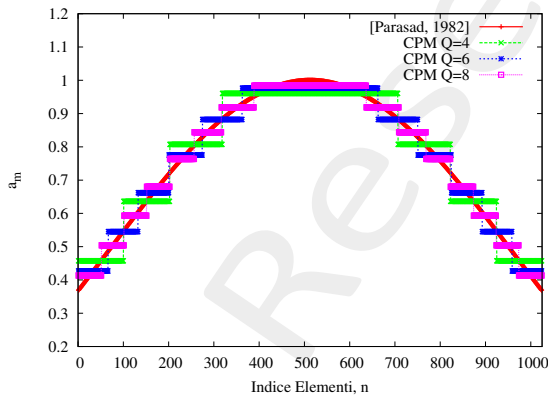
Beam pattern



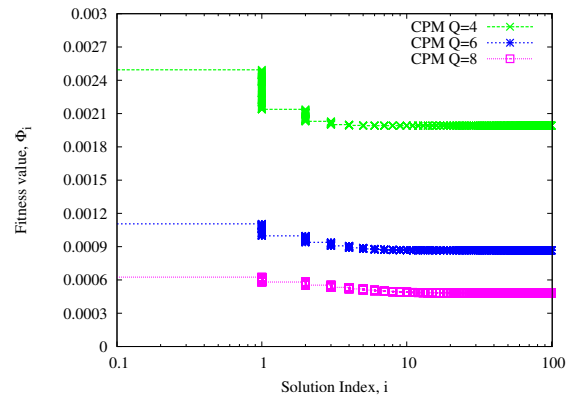
Parametri numerici

#Q	SLL		First Null [rad]	BW [rad]	Δ_{norm}	BCE [%]
	[dB]	[rad]				
4	-19.339449	0.009787	0.136501	0.001967	0.297115	94.74
6	-19.563732	0.009787	0.136501	0.001976	0.228061	94.91
8	-19.657997	0.009869	0.138001	0.001979	0.181588	94.97

Configurazione delle eccitazioni



Evoluzione funzionale di costo CPM



Appendix

BEAM COLLECTION EFFICENCY (BCE)

Per un'antenna il quale lobo principale è lungo l'asse z ($\theta = 0^\circ$) definiamo BE come:

$$BCE = \frac{\text{Potenza trasmessa (o ricevuta) in un certo angolo } \theta_i}{\text{Potenza trasmessa (o ricevuta) dall'antenna}} \quad (1)$$

dove θ_i è metà dell'angolo del cono all'interno del quale si trova la maggior percentuale della potenza totale.

$$BCE = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^{\theta_i} U(\theta, \phi) \sin\theta d\theta d\phi}{\int_0^{2\pi} \int_0^\pi U(\theta, \phi) \sin\theta d\theta d\phi} \quad (2)$$

Solitamente θ_i è scelto corrispondente al primo nullo, quindi BE rappresenta il rapporto tra la potenza del lobo principale rispetto alla potenza totale.

References

- [1] P. Rocca, L. Manica, R. Azaro, and A. Massa, "A hybrid approach for the synthesis of sub-arrayed monopulse linear arrays," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 57, no. 1, pp. 280-283, Jan. 2009.
- [2] L. Manica, P. Rocca, M. Benedetti, and A. Massa, "A fast graph-searching algorithm enabling the efficient synthesis of sub-arrayed planar monopulse antennas," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 57, no. 3, pp. 652-664, Mar. 2009.
- [3] P. Rocca, L. Manica, A. Martini, and A. Massa, "Compromise sum-difference optimization through the iterative contiguous partition method," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 3, no. 2, pp. 348-361, 2009.
- [4] L. Manica, P. Rocca, and A. Massa, "An excitation matching procedure for sub-arrayed monopulse arrays with maximum directivity," *IET Radar, Sonar & Navigation*, vol. 3, no. 1, pp. 42-48, Feb. 2009.
- [5] L. Manica, P. Rocca, A. Martini, and A. Massa, "An innovative approach based on a tree-searching algorithm for the optimal matching of independently optimum sum and difference excitations," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 56, no. 1, pp. 58-66, Jan. 2008.
- [6] P. Rocca, L. Manica, and A. Massa, "Synthesis of monopulse antennas through the iterative contiguous partition method," *Electronics Letters*, vol. 43, no. 16, pp. 854-856, Aug. 2007.
- [7] P. Rocca, L. Manica, A. Martini, and A. Massa, "Synthesis of large monopulse linear arrays through a tree-based optimal excitations matching," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 7, pp. 436-439, 2007.
- [8] P. Rocca, L. Manica, and A. Massa, "An effective excitation matching method for the synthesis of optimal compromises between sum and difference patterns in planar arrays," *Progress in Electromagnetic Research B*, vol. 3, pp. 115-130, 2008.
- [9] P. Rocca, L. Manica, and A. Massa, "Directivity optimization in planar sub-arrayed monopulse antenna," *Progress in Electromagnetic Research L*, vol. 4, pp. 1-7, 2008.
- [10] G. Oliveri, "Multi-beam antenna arrays with common sub-array layouts," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 9, pp. 1190-1193, 2010.
- [11] L. Manica, P. Rocca, G. Oliveri, and A. Massa, "Synthesis of multi-beam sub-arrayed antennas through an excitation matching strategy," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 59, no. 2, pp. 482-492, Feb. 2011.
- [12] L. Manica, P. Rocca, and A. Massa, "Design of subarrayed linear and planar array antennas with SLL control based on an excitation matching approach," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 57, no. 6, pp. 1684-1691, Jun. 2009.
- [13] P. Rocca, L. Manica, and A. Massa, "An improved excitation matching method based on an ant colony optimization for suboptimal-free clustering in sum-difference compromise synthesis," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 57, no. 8, pp. 2297-2306, Aug. 2009.
- [14] P. Rocca, L. Manica, and A. Massa, "Ant colony based hybrid approach for optimal compromise sum-difference patterns synthesis," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 52, no. 1, pp. 128-132, Jan. 2010.
- [15] P. Rocca, L. Manica, and A. Massa, "Hybrid approach for sub-arrayed monopulse antenna synthesis," *Electronics Letters*, vol. 44, no. 2, pp. 75-76, Jan. 2008.
- [16] P. Rocca, L. Manica, F. Stringari, and A. Massa, "Ant colony optimization for tree-searching based synthesis of monopulse array antenna," *Electronics Letters*, vol. 44, no. 13, pp. 783-785, Jun. 19, 2008.
- [17] A. Massa, G. Oliveri, F. Viani, and P. Rocca, "Array designs for long-distance wireless power transmission - State-of-the-art and innovative solutions," *Proceedings of the IEEE - Special Issue on "Wireless Power Technology, Transmission and Applications"*, vol. 101, no. 6, pp. 1464-1481, June 2013.

- [18] G. Oliveri, L. Poli, and A. Massa, "Maximum efficiency beam synthesis of radiating planar arrays for wireless power transmission," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, pp. 2490-2499, vol. 61, no. 5, May 2013.
- [19] G. Franceschetti, P. Rocca, F. Robol, and A. Massa, "Innovative rectenna design for space solar power systems," *IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on "Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications"* (IMWS-IWPT2012), Kyoto, Japan, pp. 151-153, May 10-11, 2012.
- [20] G. Oliveri, P. Rocca, F. Viani, F. Robol, and Andrea Massa, "Latest advances and innovative solutions in antenna array synthesis for microwave wireless power transmission," *IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on "Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications"* (IMWS-IWPT2012), Kyoto, Japan, pp. 71-73, May 10-11, 2012.
- [21] G. Oliveri, P. Rocca, and A. Massa, "Array antenna architectures for solar power satellites and wireless power transmission," *XXX URSI General Assembly and Scientific Symposium of International Union of Radio Science (URSI GASS 2011)*, Istanbul, Turkey, Aug. 13-20, 2011.