

Blind Beamforming for RIS-assisted Wireless Communication Systems 用於RIS無線輔助的盲波束成形通訊系統

指導教授:邱茂清, 專題學生:呂偉成(通訊工程學系)

I. 前言

為解決5G高頻訊號衰減的問題, 可重構智慧表面(Reconfigurable Intelligent Surface, RIS)技術誕生。本文提出了一種盲波束成形策略, 旨在透過缺乏通道資訊的情況下協調反射元件的相位偏移來提升信噪比(SNR)。不同於大多數現有方法先估計通道再優化相位偏移, 盲波束成形方法通過直接從隨機樣本的接收信號功率中提取統計特徵來探索無線環境, 從而無需獲取通道狀態資訊(CSI)。這種新方法只需演算法多項式的隨機樣本, 即可在反射元件數量增加的情況下提供二次的SNR增益, 從而達到使用者裝置(UE)信號的增益最大化。

II. 系統模型

RIS協助系統的接收信號可以表示為:

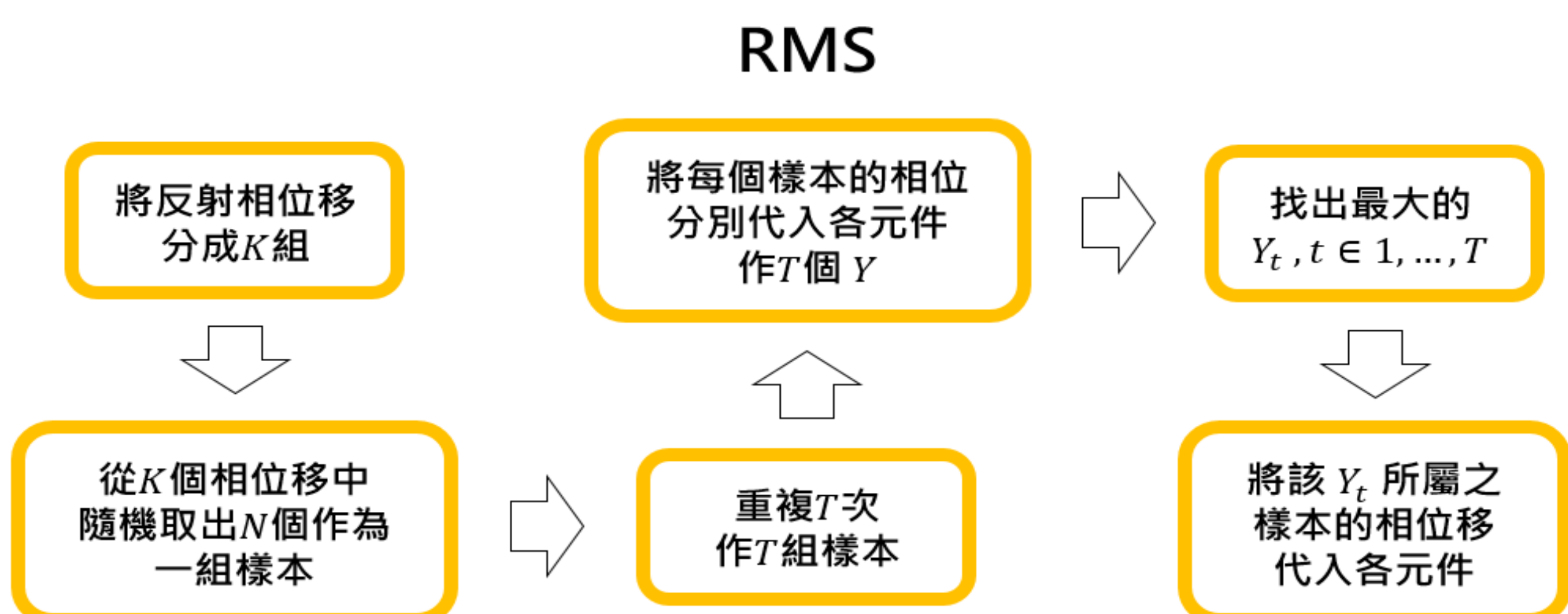
$$Y = \left(h_0 + \sum_{n=1}^N h_n e^{j\theta_n} \right) X + Z$$

RIS的目標是找到最大化信噪比增益的相位移 θ^* 。

信噪比增益(SNR boost)為:

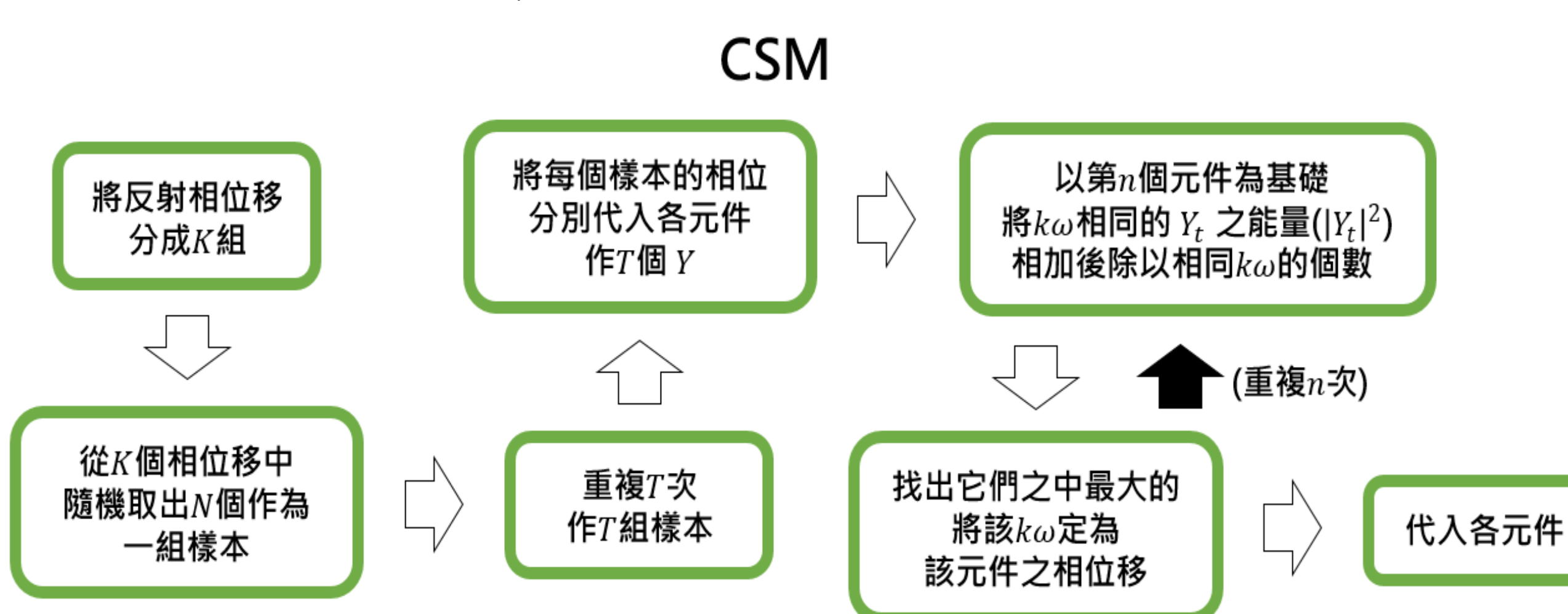
$$\frac{SNR}{SNR_0} = \frac{\mathbb{E}[|Y - Z|^2]}{\mathbb{E}[|Y_0 - Z|^2]} = \frac{\mathbb{E}[|(h_0 + \sum_{n=1}^N h_n e^{j\theta_n})X|^2]}{\mathbb{E}[|h_0 \cdot X|^2]}$$

IV. 傳統的盲波束成形方法



n \ t	1	2	3	4
1	$\pi/2$	$3\pi/2$	2π	π
2	$3\pi/2$	π	π	$\pi/2$
3	π	2π	π	$3\pi/2$
4	$\pi/2$	$3\pi/2$	$\pi/2$	2π
5	2π	2π	$3\pi/2$	$\pi/2$
6	π	$\pi/2$	2π	$3\pi/2$

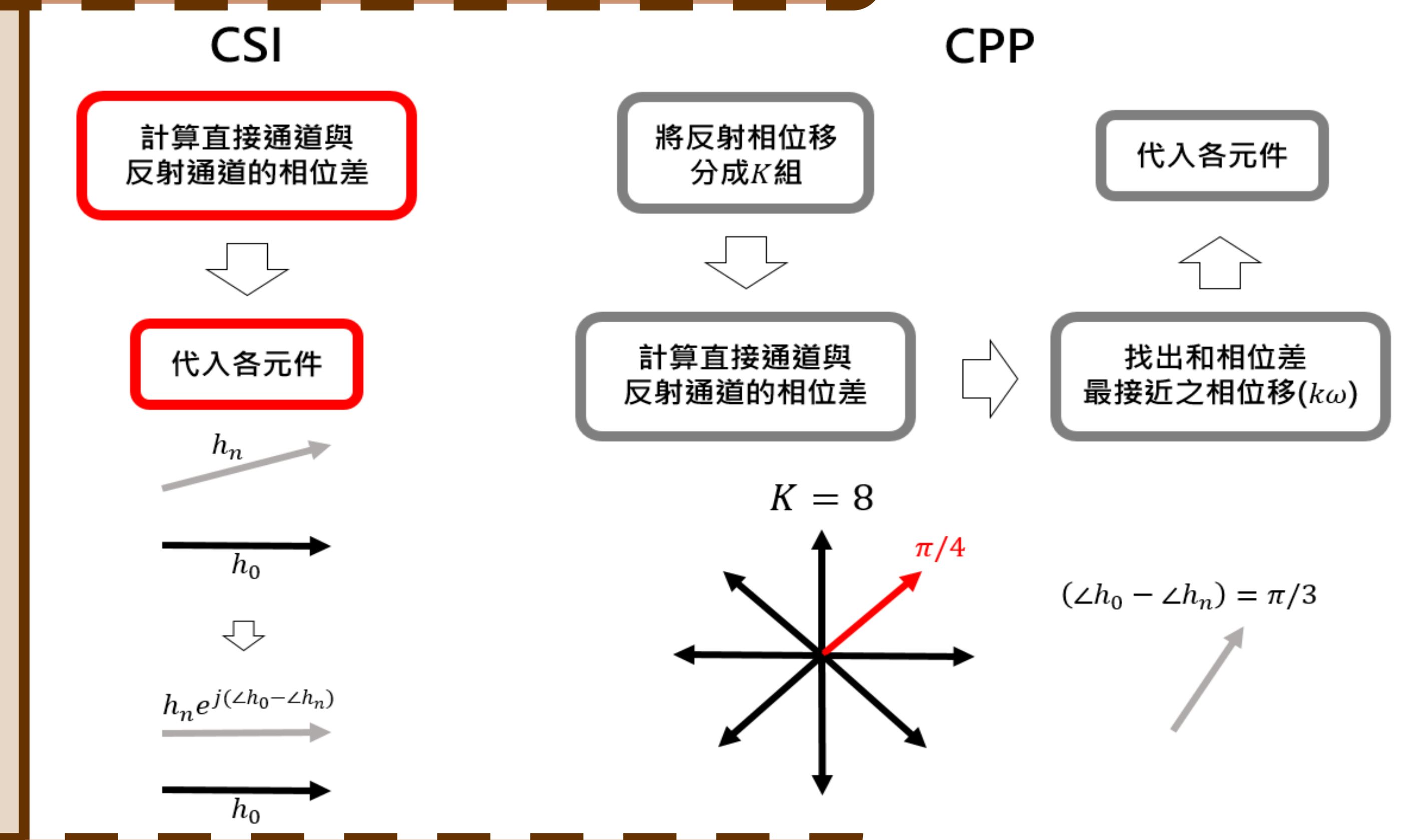
Y_1, Y_2, Y_3, Y_4



n \ t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$\pi/2$	$3\pi/2$	2π	π	$\pi/2$	$3\pi/2$	2π	π	$\pi/2$	$3\pi/2$
2	$3\pi/2$	π	π	$\pi/2$	$3\pi/2$	π	π	$\pi/2$	$3\pi/2$	π
3	π	2π	π	$3\pi/2$	2π	π	$3\pi/2$	π	2π	2π
4	$\pi/2$	$3\pi/2$	$\pi/2$	2π	$\pi/2$	$3\pi/2$	$\pi/2$	2π	$\pi/2$	$3\pi/2$
5	2π	2π	$3\pi/2$	$\pi/2$	2π	2π	2π	2π	$3\pi/2$	2π
6	π	$\pi/2$	2π	$3\pi/2$	π	$\pi/2$	2π	$3\pi/2$	π	$\pi/2$

$\frac{|Y_1|^2 + |Y_5|^2 + |Y_9|^2}{3}$
 $\frac{|Y_2|^2 + |Y_6|^2 + |Y_{10}|^2}{3}$
 $\frac{|Y_3|^2 + |Y_7|^2}{2}$
 $\frac{|Y_4|^2 + |Y_8|^2}{2}$

III. 通道估計的模型方法

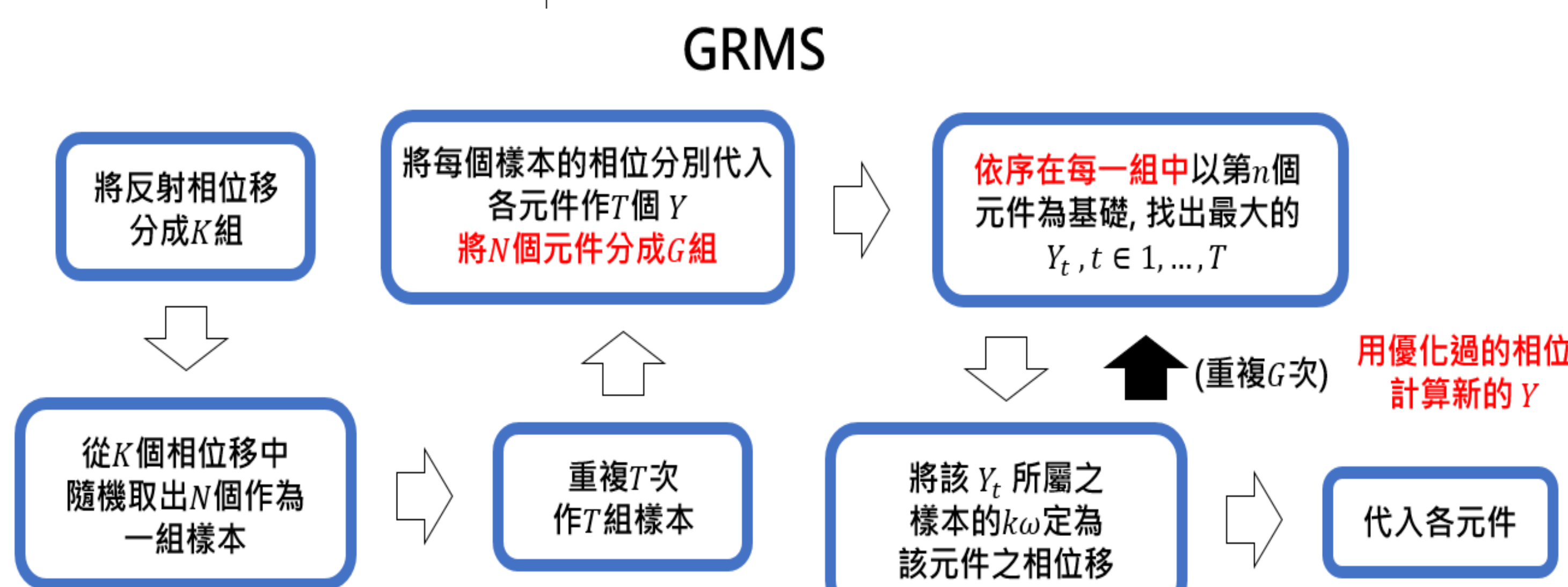


V. 分組的盲波束成形方法



n \ t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	π	π	π	π	π	π	π	π	π	π
2	$3\pi/2$	$3\pi/2$	$3\pi/2$	$3\pi/2$	$3\pi/2$	$3\pi/2$	$3\pi/2$	$3\pi/2$	$3\pi/2$	$3\pi/2$
3	π	2π	π	$3\pi/2$	π	2π	π	$3\pi/2$	π	2π
4	$\pi/2$	$3\pi/2$	$\pi/2$	2π	$\pi/2$	$3\pi/2$	$\pi/2$	2π	$\pi/2$	$3\pi/2$
5	2π	2π	$3\pi/2$	$\pi/2$	2π	2π	$3\pi/2$	$\pi/2$	2π	2π
6	π	$\pi/2$	2π	$3\pi/2$	π	$\pi/2$	2π	$3\pi/2$	π	$\pi/2$

已優化的相位
 正在優化的群組相位
 尚未優化的相位



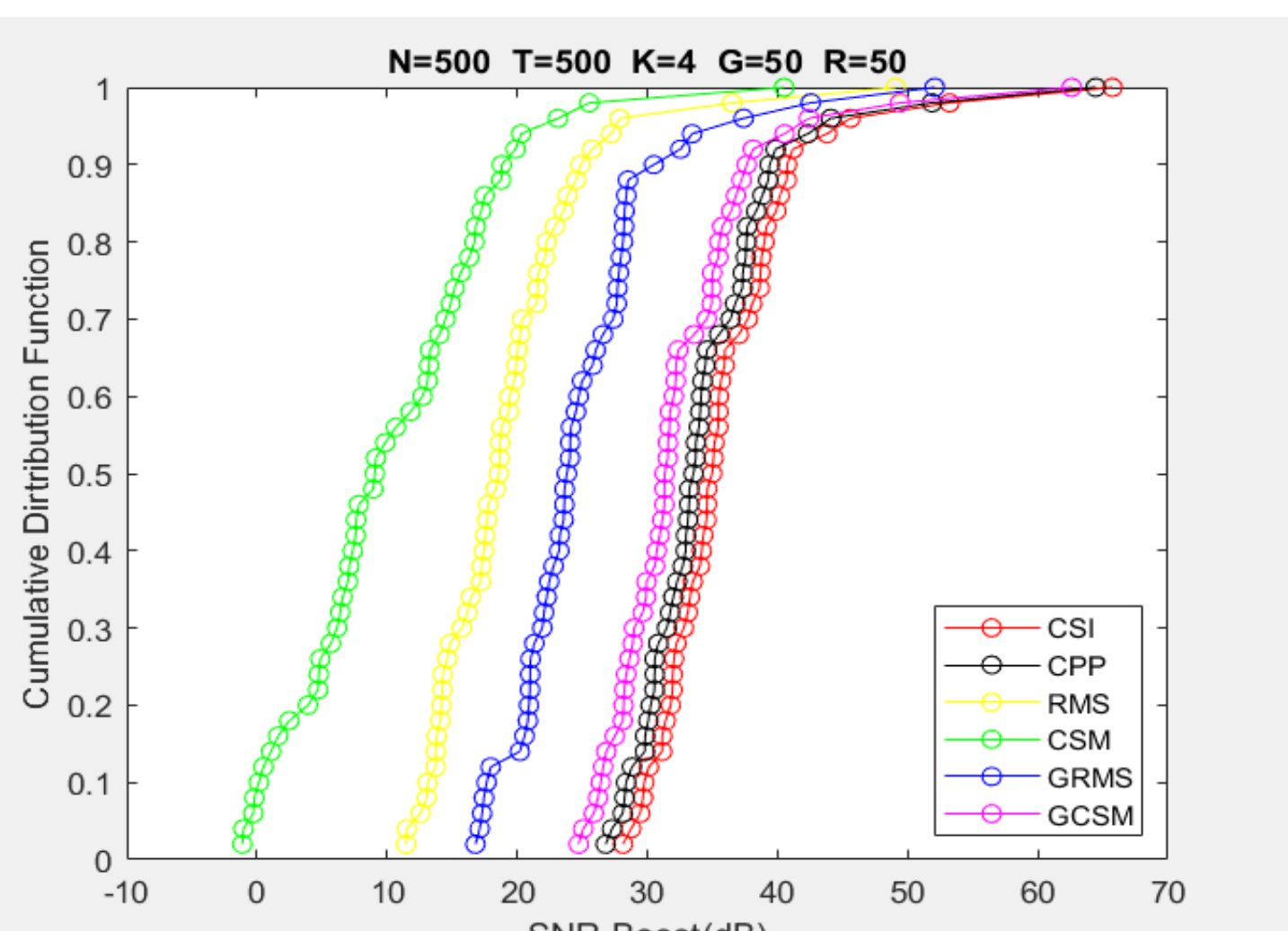
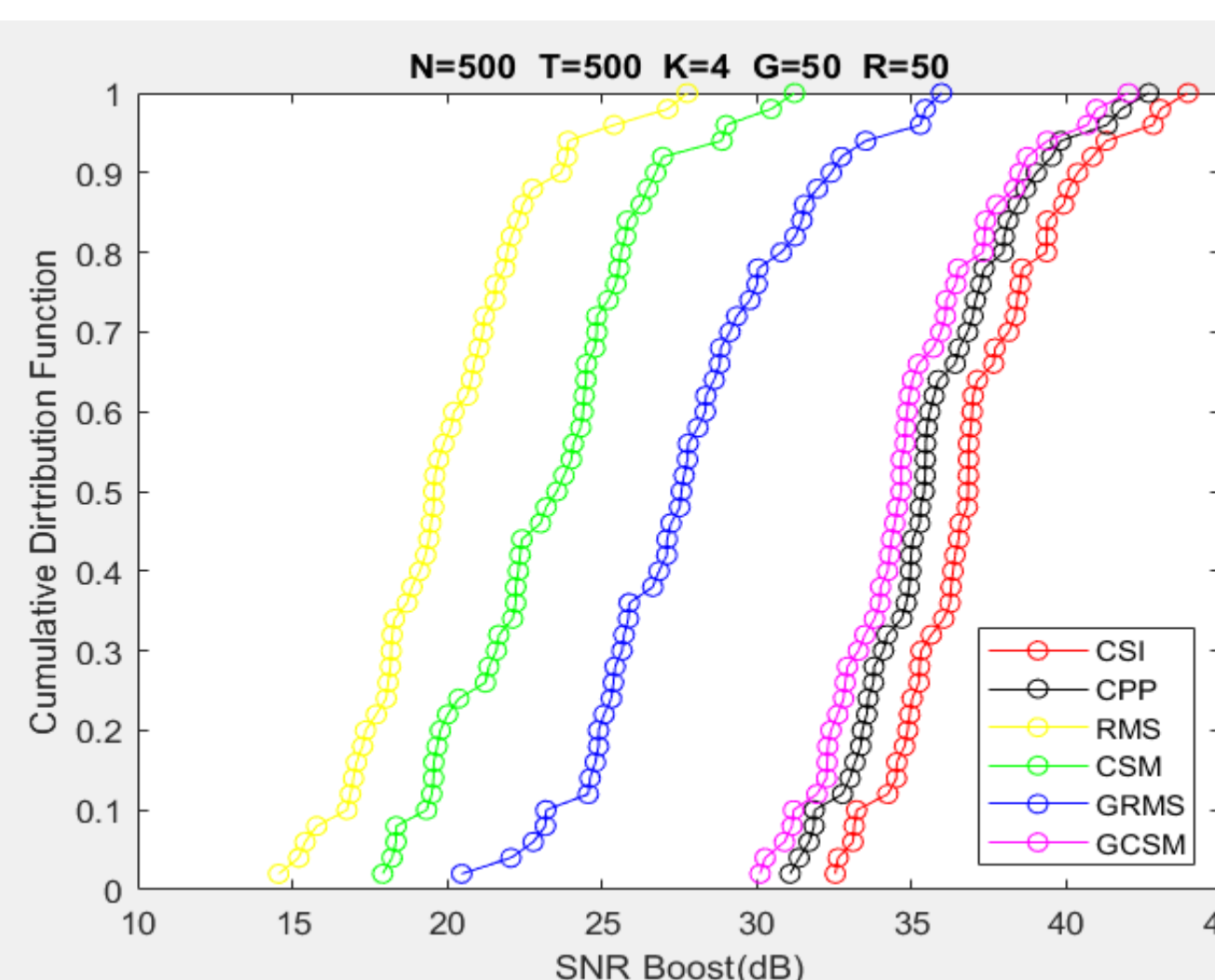
n \ t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$\pi/2$	$\pi/2$	$\pi/2$	$\pi/2$	$\pi/2$	$\pi/2$	$\pi/2$	$\pi/2$	$\pi/2$	$\pi/2$
2	2π	2π	2π	2π	2π	2π	2π	2π	2π	2π
3	π	2π	π	$3\pi/2$	π	2π	π	$3\pi/2$	π	2π
4	$\pi/2$	$3\pi/2$	$\pi/2$	2π	$\pi/2$	$3\pi/2$	$\pi/2$	2π	$\pi/2$	$3\pi/2$
5	2π	2π	$3\pi/2$	$\pi/2$	2π	2π	$3\pi/2$	$\pi/2$	2π	2π
6	π	$\pi/2$	2π	$3\pi/2$	π	$\pi/2$	2π	$3\pi/2$	π	$\pi/2$

已優化的相位
 正在優化的群組相位
 尚未優化的相位

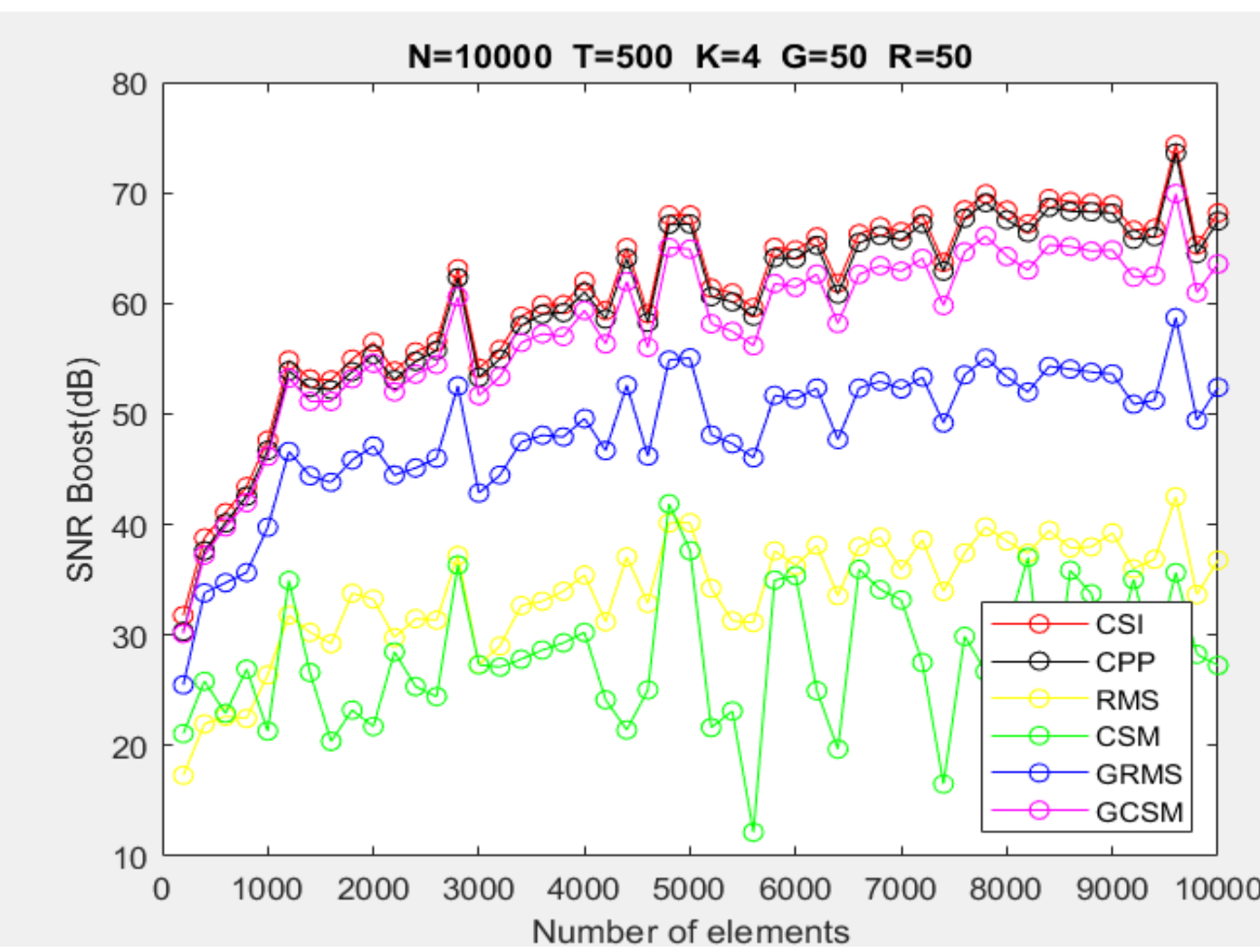
VI. 模擬實驗

A. 累積分布函數(CDF)&信噪比增益(SNR boost)

直接通道增益 h_0 極小 \rightarrow
直接通道增益 h_0 正常 \rightarrow



B. 信噪比增益(SNR boost)&反射面元件之個數(N)
元件數量200~10000, 間隔200 \rightarrow



VII. 結論

盲波束成形策略雖在信噪比增益上仍遜色於傳統方法, 但其無須獲取通道資訊、支持訓練階段良好信號傳輸等特性已證明其對傳統困難的改善與突破。本文提供的不同演算法皆有其優缺, 可作為不同使用者自身考量的選擇依據。