



2024「中技社科技獎學金」

2024CTCI Foundation Science and Technology Scholarship

研究獎學金 Research Scholarship

Training Sequence Design for Generalized Spatial Modulation

廣義空間調變系統之調校序列設計

國立成功大學 電腦與通信工程研究所 博士班四年級 黃振銘

指導教授 陳昭羽 教授



國立成功大學
National Cheng Kung University

Institute of Computer and Communication Engineering, Department of Electrical Engineering, National Cheng Kung University
Email: n98101012@gs.ncku.edu.tw; super@mail.ncku.edu.tw

研究重點

擁有良好相關性特性的序列在通訊系統中扮演了很重要的角色，可用作通道估測的調校序列。此研究將探討廣義空間調變系統的調校序列設計。空間調變是一種特別的多天線傳輸技術，然而每個時刻只會激活一根傳輸天線，故僅需要一組射頻鏈，因此具有較低的硬體複雜度及功耗。而廣義空間調變系統則可同時一次激活兩根以上天線，提供了頻譜效率與硬體成本間轉換的彈性。本研究發想了一個全新型態的序列集合，其中考慮了特殊形式的相關函數性質。並且，研究此序列集合的數學代數建構方法與理論分析，將充分利用它的特殊性質，消除同時激活多天線所會產生的天線間干擾。廣義空間調變系統搭配所發想的序列集合，可增進通道估測能力，更能發揮整體的系統性能。

研究成果

針對此研究主題，我們在調校序列設計方面取得了多項重要突破。相關研究成果已發表於多篇 IEEE 國際期刊及國際研討會論文中，其核心成果如下：

1. Z.-M. Huang, C.-Y. Pai, Z. Liu, and C.-Y. Chen*, "Enhanced cross Z-complementary set and its application in generalized spatial modulation," *IEEE Open J. Commun. Soc.*, vol. 5, pp. 4674–4690, Jun. 2024.
2. Z.-M. Huang, C. Hu, Z. Liu, and C.-Y. Chen*, "Cross Z-complementary sets with flexible lengths for optimal training design in spatial modulation," *IEEE Trans. Commun.*, 2024, Early Access, DOI: 10.1109/TCOMM.2024.3432451.
3. Z.-M. Huang, C. Hu, Z. Liu, and C.-Y. Chen*, "On the mates of cross Z-complementary pairs for training sequence design in generalized spatial modulation," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 145231–145237, Dec. 2023.
4. Z.-M. Huang, C.-Y. Pai, and C.-Y. Chen*, "Cross Z-complementary sets for training design in spatial modulation," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 70, no. 8, pp. 5030–5045, Aug. 2022.
5. Z.-M. Huang, C.-Y. Pai, and C.-Y. Chen*, "Binary cross Z-complementary pairs with flexible lengths from Boolean functions," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 25, no. 4, pp. 1057–1061, Apr. 2021.
6. Z.-M. Huang, C.-Y. Pai, Z. Liu, and C.-Y. Chen*, "A new construction of enhanced cross Z-complementary sets with maximum zero correlation zone," in *Proc. IEEE Int. Symp. Inf. Theory (ISIT)*, Athens, Greece, Jul. 2024, pp. 1137–1142. (Oral)
7. Z.-M. Huang, C.-Y. Pai, and C.-Y. Chen*, "A novel construction of optimal cross Z-complementary sets based on generalized Boolean functions," in *Proc. IEEE Int. Symp. Inf. Theory (ISIT)*, Espoo, Finland, Jun. 2022, pp. 1725–1730. (Oral)

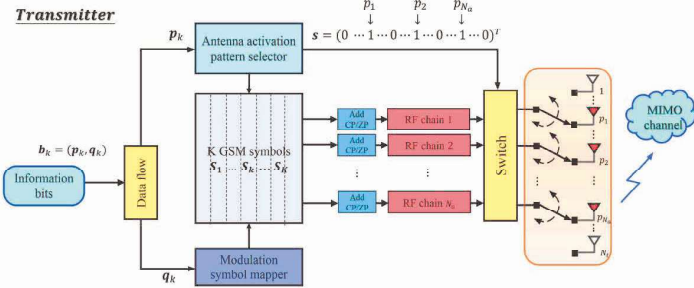


Figure 1: 廣義空間調變系統。



研究生活及心得

我要感謝中技社給予我這個難得的機會，以及評審們仔細評選的辛勞。這個獎項對我來說是一份特別的肯定，也是對我研究努力的一種鞭策。感謝我的指導教授，您每次的指導就像在我身上不斷地植入演算法，讓我在研究的過程中能自動修正研究方法，最終都會達到最佳效能的研究成果。我更感謝老師能賦予我滿滿的研究能量與資源，讓我在研究領域中可以脫穎而出。在研究這條路上，有時會迷失在理論或程式的迷宮裡，但正是這些關卡，讓我們更了解研究與研發的奧妙。

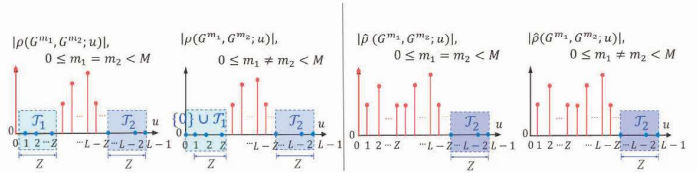


Figure 2: 全新型態序列集合的特殊性質。

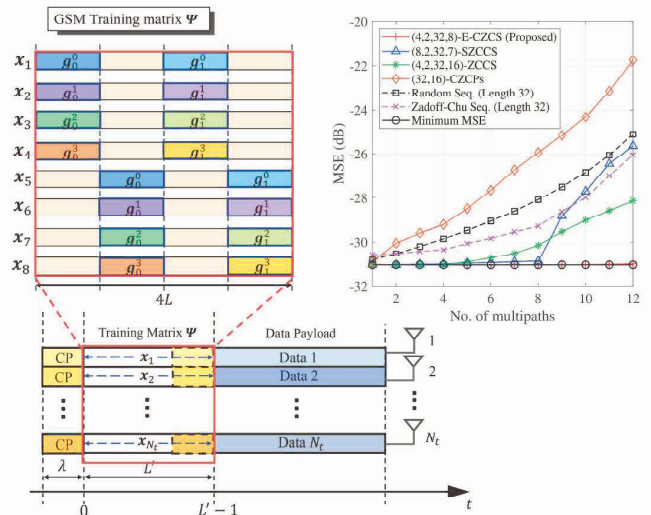


Figure 3: 調校序列傳送架構與性能分析。