



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on Under-determined Problem for Wireless Communication Systems [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	上橋, 俊介
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15214号
Issue Date	2022-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/87246
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Shunsuke_Uehashi_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 上橋 俊介

審査担当者 主 査 教 授 大鐘 武雄

 副 査 教 授 齊藤 晋聖

 副 査 教 授 西村 寿彦

学位論文題名

Study on Under-determined Problem for Wireless Communication Systems

(無線通信システムにおける劣決定問題に関する研究)

多くの無線通信の問題は, 受信側で得られる既知の観測ベクトルから興味のある未知ベクトルを推定する逆問題として表される. これらの問題において, 観測ベクトルよりも未知ベクトルの次元が大きい場合は劣決定問題となり, 通常の線形信号処理では精度よく解を求めることは難しい. そのため, 多くの非線形検出技術などが検討されている. 一方, 劣決定問題を解決する別のアプローチとして, 劣決定問題を決定問題/優決定問題に変換する方法も考えられる. 観測ベクトルの次元をなんらかの方法で拡大, もしくは, 未知ベクトルの次元を縮小することができれば, 線形信号処理の適用や, 非線形検出技術の性能向上が期待できる.

本論文では, このような劣決定問題を決定問題/優決定問題に変換するアプローチにより, 4 つの無線通信システムの課題を解決する方法について検討を行う. 第 1 章では, 背景と課題を述べるとともに, 4 つの無線通信システムにおける劣決定問題とその解決法の概要を述べている.

第 2 章では, マルチユーザ MIMO システムに適用するチャネル予測手法を提案する. マルチユーザ MIMO システムでは, 干渉対策としてチャネル情報に基づく送信プリコーディングが利用される. 一般に無線通信システムは時変動環境である. ある時点のチャネル情報で生成したプリコーディングは時間経過とともにチャネルと整合しなくなり, 干渉抑圧効果が低減する. この課題に対し, チャネル予測手法を提案する. 受信端末アンテナ数よりも推定すべきマルチパス成分の数が多い劣決定問題の状況でも, 圧縮センシングを応用することで従来の予測手法の 5 倍以上の予測範囲を実現できることが示された.

第 3 章では, 衛星通信における広帯域伝送の通信品質を改善する等化技術を提案する. 衛星通信の大容量化を目的として行われる広帯域伝送では, 送受信機の線形・非線形歪みにより受信性能が劣化する. この課題に対し, 従来の線形等化フィルタと非線形歪み補償用のフィルタを並列に配置した構成により, 受信側での非線形歪み補償を実現する. 本手法はフィルタ係数の数が多くなるため, 従来と同様の数の既知シンボルから全フィルタ係数を推定する場合, 劣決定問題となる. そこで, 線形等化フィルタの係数のみを優決定問題として推定した後, 受信信号を用いて残りの係数推定を行うことで劣決定問題を解決する. 伝送実験の結果, 従来の線形等化方式と比較して衛星通信回線の所要電力を 1.7dB 改善可能であることが示された.

第4章では, DSTBC (Differential Space-Time Block Coding) 伝送に適用する干渉抑圧方式を提案する. セル間で同一の周波数を用いる単一周波数繰返しは, セル境界での同一チャネル干渉が課題となる. 特に, 送信側で複数アンテナを用いる DSTBC ではより多くの干渉が観測される. このような環境では, 従来のアレー信号処理による干渉抑圧では劣決定問題となり, 受信性能が劣化する. そこで, DSTBC の符号化則に基づき受信信号ベクトルの次元を拡大することで, 決定問題として干渉を抑圧する方式を提案する. 計算機シミュレーションにより, 受信アンテナ数の2倍を超える数の干渉波が到来する環境においても適切に干渉を抑圧可能であることが示された.

第5章では, 非同期な信号衝突に対応した衛星 AIS (Automatic Identification System) 向け干渉キャンセラ技術を提案する. 船舶の航行安全を目的とした衛星 AIS では, 船舶が送出する AIS 信号が非同期に衝突することにより通信品質が低下する. 特に, 衛星の受信アンテナ数よりも多くの信号が同時に到来する場合, 劣決定問題となる. 本論文では, チェビシェフ分布に基づくビームフォーミングにより到来信号の受信電力比を拡大することで未知ベクトルの次元を縮小し, 逐次検出手法により各信号を分離する. シミュレーション評価の結果, 受信アンテナ数6に対し, 9波が同電力で衝突する環境においても各信号を復調可能であることが述べられている.

第6章では本論文のまとめを述べている.

これを要するに, 著者は観測ベクトルの拡大/未知ベクトルの縮小をシステムに合わせて適切に行うことで, 劣決定問題を簡易・高精度に解決できることを明らかにした. このアプローチを基に IoT システムなど種々のシステムにおける劣決定問題の解決可能性を示した点で無線通信工学に貢献するところ大なるものがある. よって著者は北海道大学 博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める.