

Title	有歪中継によるマルチプルアクセスリレー協調通信
Author(s)	Lu, Pen-Shun
Citation	
Issue Date	2015-06
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/10119/12877
Rights	
Description	Supervisor:松本 正, 情報科学研究科, 博士

氏 名	PEN-SHUN LU		
学 位 の 種 類	博士(情報科学)		
学 位 記 番 号	博情第 322 号		
学 位 授 与 年 月 日	平成 27 年 6 月 24 日		
論 文 題 目	Decoding and Lossy Forwarding based Multiple Access Relaying (有歪中継によるマルチプルアクセスリレー協調通信)		
論 文 審 査 委 員	主査 松本 正	北陸先端科学技術大学院大学	教授
	田中 清史	同	准教授
	Brian Kurkoski	同	准教授
	Alister Bur	University of York	教授
	Jan Sykora	Czech Technical University in Prague	教授
	衣斐 信介	大阪大学	助教

論文の内容の要旨

The goal of this thesis is to provide a unified concept of lossy-forwarding from the theoretical analysis to practical scheme design for the decode-and-forward-based multiple access relay channel (MARC) system. To improve the performance of MARC with the relay subject to resources or/and time constraints, the erroneous estimates output from simple detection schemes are used at the relay are forwarded and exploited. A correlation is then found between two sequences: one is the network-coded sequence sent from the relay, and the other is their corresponding exclusive-OR-ed information sequence. Several joint network-channel coding (JNCC) techniques are provided in which the correlation is utilized to update the log-likelihood ratio sequences during the iterative decoding process at the destination. As a result, the bit error rate (BER) and frame error rate (FER) are improved compared with those of MARC with select DF strategy (SDF-MARC). The MARC proposed above is referred to as erroneous estimates-exploiting MARC (e-MARC). To investigate the achieved FER performance of the e-MARC system, the outage probability for e-MARC with two source nodes is theoretically derived. We re-formulate the e-MARC system and identify its admissible rate region according to the Slepian-Wolf theorem with a helper. Then, the outage probability is obtained by a set of integral over the rate region with respect to the probability density functions of all the links' instantaneous signal-to-noise power ratios. It is found through simulations that, as one of the source nodes is far away from both the relay and destination, e-MARC is superior to SDF-MARC in terms of outage performance. Furthermore, a joint adaptive network-channel coding (JANCC) technique is then proposed to support e-MARC with more source nodes. A vector is constructed at the destination in JANCC to identify the indices of the incorrectly decoded source node(s), and re-transmitted to the relay for requesting additional redundancy. The relay performs network-coding only over the estimates specified by the vector upon receiving the request. Numerical results show that

JANCC-aided e-MARC is superior to e-MARC in terms of FER and goodput efficiency. In addition, compared iterative decoding is performed at relay with SDF-MARC, the use of differential detection with JANCC-aided e-MARC significantly reduces the computational complexity and latency with only a small loss in the FER.

Keywords: cooperative communication, decode-and-forward (DF), joint network-channel coding, multiple access relay channel (MARC), Slepian-Wolf theorem

論文審査の結果の要旨

遠くない将来におけるモバイルワイヤレス通信では、人のみならず、モノのインターネットや車車間通信などのための膨大な数の端末が存在する環境が想定されている。ワイヤレスネットワークには膨大な数の端末を収容するための能力として、

- 通常運用時には高い電力効率と周波数利用効率を有するとともに、ユーザの通信品質要求 (Quality of Service: QoS) に対処し得る柔軟性、
- 災害などによって予期しないネットワークトポロジー変化が発生しても、通信を継続させる堅牢性、

が要求される。学位申請者はこのような技術課題に基本的な解を与えるために、Lossy Forwarding (LF) 協調通信という、従来にない発想に基づく技術提案を行ってきた。この技術を用いることで、協調通信ネットワーク全体をターボ符号を構成する部分符号が各通信ノードに存在する分散ターボ符号と見ることができる。

協調通信ネットワーク構成においては、中継局が情報部分に誤りを検出しない場合にのみ中継を行い、誤り検出した場合には中継を停止する復号・中継方式 (Decode-and-Forward: DF 方式) が、構成の容易さの観点から、また、誤り伝搬を防ぐ点で有望視されている。しかし、DF 方式において中継局が再生した誤りを含む情報部分は、元の送信局から送信された情報を多く含む (情報に相関がある)。学位申請者はこの点に着目し、誤りを検出した場合でも、時間軸上で再エンターリーピングし (別の情報系列にマッピングすること)、再符号化して宛先局へ送信する LF 方式を提案した。宛先局では、相関に関する知識を復号過程におけるターボ復号アルゴリズムに適切に反映させることで、もとの送信情報を高い確率で復元できる。学位申請者は復号のためのアルゴリズムを提案するとともに、「ネットワーク情報理論」の観点から解析を行い、「ヘルパー付き情報源符号化問題」、「相関のある複数情報源の符号化問題」、「マルチプルアクセスリレーシステム」等の基本的諸問題に深く関連することを明らかにした。また、LF 協調通信の限界特性や速度・歪領域 (Rate Distortion Region) を明らかにしてきた。これらは、全て世界で最初の発見・アルゴリズム提案・理論解析であり、全て IEEE のトップレベルジャーナル (2 件) に発表

してきた。

学位申請者はオウル大学・JAIST デュアル学位プログラムへの参加者であり、学位審査会はオウル大学において、両校の審査条件を満たすように実施された。学位申請者は短時間のプレゼンテーションの後、5名の審査員との2.5時間にわたる質疑応答を行うという、極めて厳しい条件が課された。学位申請者は過酷な質問に対して明確にわかりやすく回答した。審査会直後において行われた審査委員会（両校、個別に行われた）において「合格」の評価を得た。学位申請者は、教授会による承認を経て、オウル大学・JAIST デュアル学位プログラムによる二番目の学位取得者となる予定である。