JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	よくわかるターボ原理 : Tutorial Syllabus (第一部) ターボ等化の基本原理, 収束特性とEXITチャート, 及び情報理論的考察
Author(s)	松本, 正
Citation	2013年電子情報通信学会 総合大会: 1-1
Issue Date	2013
Type	Presentation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/10860
Rights	Copyright © 2013 Author. 松本　正, "よくわかるターボ原理 : Tutorial Syllabus (第一部) ターボ等化の基本原理, 収束特性とEXITチャート, 及び情報理論的考察", 2013年電子情報通信学会 総合大会, Tutorial Syllabus ; 会期：2013年3月19（火）～22日（金）, 会場：岐阜大学
Description	2013年電子情報通信学会 総合大会でのTutorial Syllabus

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

- よくわかるターボ原理：Tutorial Syllabus -

ターボ等化の基本原理，収束特性と EXIT チャート，及び情報理論的考察

Turbo Equalization: Fundamentals, EXIT Chart, and Information Theoretic Considerations

松本　正
Tadashi Matsumoto

北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科、オウル大学無線通信研究所
Japan Advanced Institute of Science and Technology, Japan, and
Center for Wireless Communications, University of Oulu, Finland

matumoto@jaist.ac.jp, tadashi.matsumoto@ee.oulu.fi

目標

このチュートリアルコースの目標は、コース履修者に対してターボ原理に関する深い理解と、それに基づくターボシステムの設計法、Extrinsic Information Transfer (EXIT) 解析に基づく収束特性と漸近特性の解析方法、及び応用に関する知識を提供することである。

方法

コース履修者に配布されるスライドハンドアウトを中心に講義を進める。履修者の理解を確認するために、コースの途中で簡単な演習問題を課すことを想定している。また、最終部分で試験のプリントを配布し、回答をメール送付した履修者に対しては添削・採点して返送する。

コースの構成

このチュートリアルコースは、以下の内容から構成される。

(1) ターボ原理

次世代広帯域ワイヤレスモバイル通信におけるワイヤレスアップリンクアクセス技術として最有望視されている、シングルキャリア伝送に必須技術である、ターボ等化を題材にして、ターボ原理を解説する。特に、等化アルゴリズムが要求する演算量がマルチパスチャネルの遅延広がりに依存せず、$O(log(\text{フレーム長}))$/シンボル・繰り返し、となる周波数領域 Soft Cancellation Minimum Mean Square Error (SC MMSE)方ターボ等化アルゴリズムの導出方法を示す。

(2) 収束特性と漸近特性

ターボシステムの収束特性は複数の軟入力軟出力処理コンポーネント間での相互情報量伝達特性の整合性に依存することを解説し、この解析手法として EXIT チャートを導入する。これによって、ターボシステムの特性の良し悪しが複数の処理単位の EXIT カーブの整合性にあることを示す。

そして、複数の EXIT カーブが完全に一致する場合に、限界からのロスを完全に回避できることを示す。このことは、限界に近い特性を得るためには、非常に多くの繰り返しが必要なことを意味する。ここに、演算量と特性のトレードオフが存在する。このトレードオフを可能とするアルゴリズムについては(4)章で述べる。

次に、前章(1)で得たターボ等化アルゴリズムに対して EXIT 解析を適用し、等化器出力における外部相互情報量 $I^{EQ}_e \rightarrow 1$ が達成できる時、SC MMSE ターボ等化器は、マルチパス成分の電力を合成する最大比合成パスダイバーシティに漸近することを示す。この過程で、過去のいくつかの論文に見られる誤りを指摘する。

(3) Doped Accumulator

ターボ原理に従う通信システムにおいて、送信側の最終段にレート 1 の回帰型畳み込み符号を設置し(Accumulation)、その入出力ビットを適当な比率で混合する(Doping)ことで、最終段コンポーネントに相当する受信側処理の EXIT カーブが漸近的に(1.0, 1.0)に到達することを明らかにする。このことは、誤り率フロアを完全に除去できることを示唆する。実際に Doped Accumulator をターボ等化に適用し、上記の考察が正しいことを示す。

(4) Bit Interleaved Coded Modulation with Iterative Detection (BICM-ID)

この章では、拡張マッピング（例えば、５ビット/シンボルの QPSK など）を用いた BICM-ID に着目する。前述のように、ターボ原理に従うシステムでは、特性と繰り返し数はトレードオフの関係にある。このトレードオフを可能にする符号とにおけるマッピングラベリングを決定するアルゴリズム、EXIT-constrained Binary Switching Algorithm (EBSA)の動作原理について解説する。また、このアルゴリズムを用いることで AWGN チャネルにおいてシャノン限界から 0.2～0.3dB 程度の位置でターボクリフが発生する BICM-ID の設計例のいくつかを紹介する。

(5) Chained Turbo Equalization (CHATUE)

この章では、議論を再びターボ等化に戻し、(1)章で導出した周波数領域 SC MMSE で必要となる Cyclic Prefix(CP)の伝送を不要とする、CHATUE アルゴリズムを紹介する。CHATUE アルゴリズムでは、周波数領域 SC MMSE が要求する演算量を保持しながら、未来と過去のフレームに対するターボ等化器間で事後対数尤度比を交換することで、CP 除去で生じるフレーム間干渉を完全に除去できることを示す。

仮定する予備知識

エントロピーや相互情報量、通信路符号化定理、などの情報理論の基礎を理解していること。

対象とする聴講者

ワイヤレス通信技術の研究開発に従事する者、情報工学科、通信工学科、等に在籍する大学４年生、大学院生。