

直並列連接誤り訂正符号の特性について

日大生産工(院) ○関 卓也
日大生産工 田中 將義

1. まえがき

情報通信においては、伝送路において発生する熱雑音、干渉等による通信性能劣化を改善するために、誤り訂正符号が用いられている。誤り訂正符号として、種々の方式が考案されており、より強力にするために、複数の符号化を縦続にする方法、あるいは再帰的に並列、直列に接続する構成が提案されている^(1,2)。一方、通信の高速化、大容量化を実現するためには、1符号当たりの情報量を高めた多値伝送方式が有効であるが、伝送路の非線形歪み等の影響を受けやすく、また高いC/N比を必要とする。したがって、強力な誤り訂正符号により、低C/Nでの多値伝送を実現することが、経済的なシステムを実現するうえで、重要課題である。

筆者らは、二重帰還型符号化方式は、直列再帰型符号化方式より強力な誤り改善効果があることを明らかにしているが^(3,4)、一層の高エネルギー、高効率の伝送通信の実現を目指し、低C/N比かつ伝送容量の向上を実現する通信方式を明らかにするため、新たに直並列型符号化方式を提案し、直列再帰型符号化方式と、並列再帰

型符号化方式との比較検討を行い、誤り率改善効果について検討した。

2. 検討対象の伝送システムの構成

2.1 直列再帰型符号化方式 (Iterative Decoding of a Serial Concatenated Convolutional Code : ID-SCCC)

Fig.1に検討した直列再帰型符号化方式の構成を示す。送信側では、情報源のデータ信号を2段階に符号化している。符号器には、Table.1に示す畳み込み符号を採用し、外符号と内符号の間にインターリーブを挿入し、データの攪拌を行っている。その後、熱雑音環境(AWGN)を模擬した雑音を印加している。受信側の復号処理は、2段の畳み込み符号器からなり、インターリーブを使用し、帰還ループを有した再帰的な符号化方法であり、繰り返しによる誤りの統計処理を行い、復号性能を向上させる仕組みである。復号器は、信号と尤度の2つの入力を有するAPP (A Posteriori Probability) 復号器であり、最尤度判定としてLog-MAPを採用している⁽²⁾。

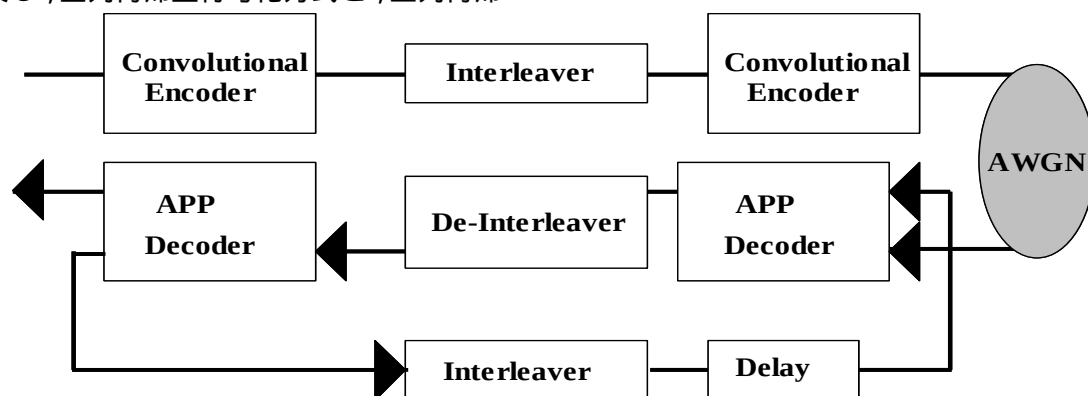


Fig. 1 Configuration of Iterative Decoding of a Serial Concatenated Convolutional Code

Bit-Error-Rate Performance of Iterative Decoding of a Serial and Parallel Concatenated Code

Takuya SEKI and Masayoshi TANAKA

復号器の出力として、受信情報の尤度を硬判定により出力信号を得ている。

2.2 並列再帰型符号化方式(Turbo Code)

Fig.2に検討した並列再帰型符号化方式の構成図を示す。送信側では、情報源を並列に符号化している。符号器にはTable.1に示す外符号のみを採用し、1段階の畳み込み符号化を行っている。並列の符号化の片側には、インターリーブを挿入し、データの攪拌を行っている。その後、熱雑音環境(AWGN)を模擬している。受信側の復号処理は、それぞれ並列に復号し、お互いの復号情報尤度を相互に復号器の入力に帰還ループとして入力し、繰り返しによる誤りの統計処理を行い、復号機能を向上させる仕組みである。復号器は、ID-SCCCと同様に、信号と尤度の2つの入力を有するAPP復号器であり、最尤度判定としてLog-MAPを採用している⁽²⁾。復号器の出力として、受信情報の尤度を硬判定により出力信号を得ている。

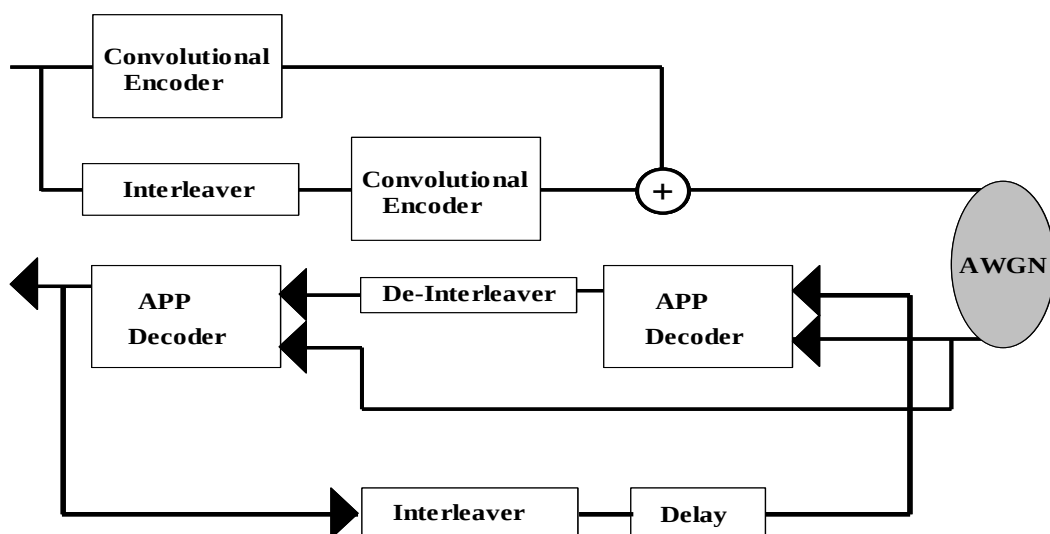


Fig.2 Configuration of Iterative Decoding of a Turbo Code

2.3 直並列再帰型符号化方式 (Iterative Decoding of a Serial and Parallel Concatenated Code : ID - SPCCC)

Fig.3に検討した直並列再帰型符号化方式の構成図を示す。送信側は、情報源から並列に符号化を行う。一方をID - SCPPと同様の畳み込み符号化を行い、インターリーブを挿入した2段階の符号化を行う。もう一方は、インターリーブを行い、その後で並列再帰型符号化方式と同様の畳み込み符号化を1段階の符号化を行っている。その後、熱雑音環境(AWGN)を模擬している。受信側は、送信側から送られてきた2つの受信系列を1段階の復号を行い、2段階符号化した受信系列は、もう1段階の復号を行うために、2段目のAPP復号器の信号入力側に入力する。もう1つの受信系列は、1段階の符号化であるので、信号情報尤度として、2段目のAPP復号器に入力される。そして、2段目のAPP復号器の出力からそれぞれの1段目のAPP復号器に信号情報尤度として帰還している。直列型と並列型を組み合わせることにより、復号性能を向上させる仕組みとなっている。復号器は、ID - SCPP、Turbo Codeと同様のAPP復号器を使用している。最尤度判定としてLog-MAPを採用している⁽²⁾。

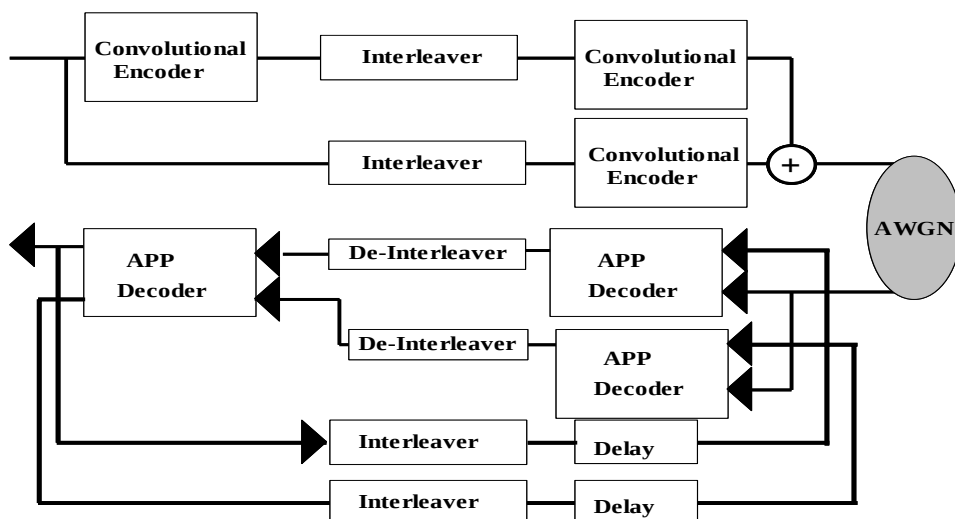


Fig.3 Configuration of Iterative Decoding of a Serial and Parallel Concatenated Convolutional Code

3 検討結果

3.1 直列再帰型符号化方式

Fig.4に直列再帰型符号化方式の伝送特性を示す。パラメータとして復号器の繰り返し処理を1回目から5回目を示している。Eb/Noが約1[dB]から、繰り返し回数が増加するに従って、急峻に誤り率特性が改善されていくのが分かる。

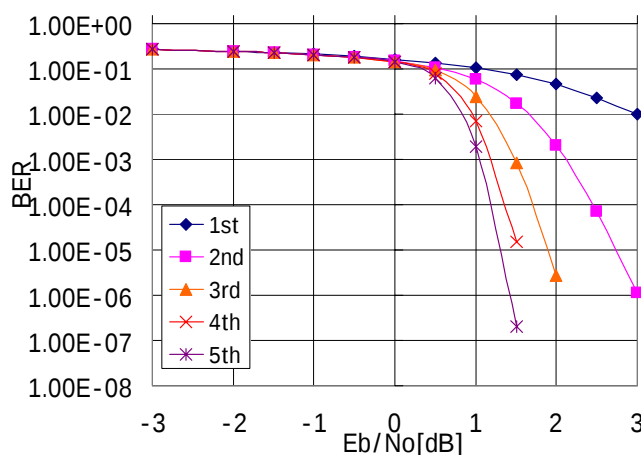


Fig.4 Transmission Performance of ID-SCCC

3.2 並列再帰型符号化方式

Fig.5に並列再帰型符号化方式の伝送特性を示す。パラメータとしてFig.4と同様に、復号器の繰り返し処理を1回目から5回目までを示している。低Eb/Noにおいては、良好な誤り率改善特性を示しているが、誤り率が 10^{-4} 辺り

で、フロア現象と呼ばれる誤り率特性の改善効果が見られなくなる現象が起こっている。これにより、復号器で繰り返し処理を行っても、特性が改善しないことが分かる。

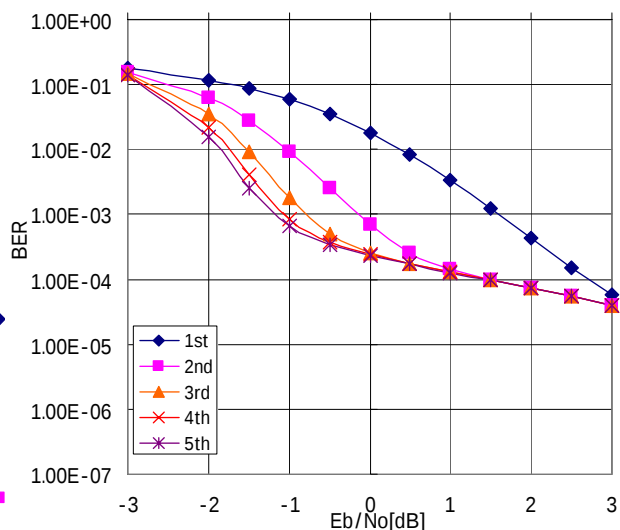


Fig.5 Transmission Performance of Turbo Code

3.3 直並列再帰型符号化方式

Fig.6に直並列再帰型符号化方式の伝送特性を示す。パラメータとしてFig.4, Fig.5と同様に、復号器の繰り返し処理を1回目から5回目までを示している。誤り率特性の改善効果が、低Eb/Noから見られることが分かる。そして、復号器の繰り返し処理が増加するに従って、大きく誤り率特性が改善していくことが分かる。

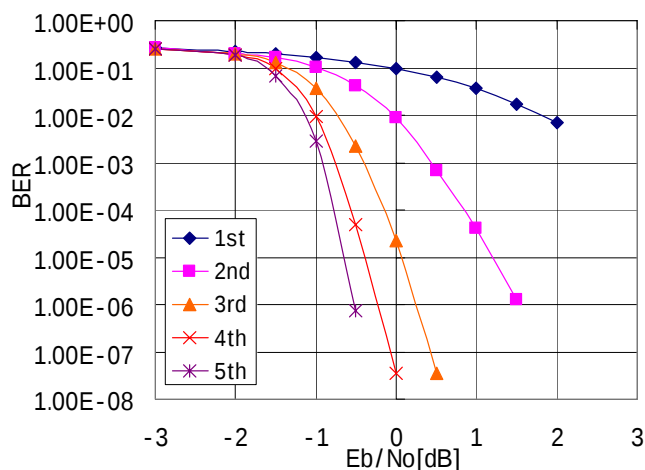


Fig.6 Transmission Performance of ID-SPCCC

4. 考察

Fig.7に直列再帰型符号化方式と並列再帰型符号化方式 ,直並列再帰型符号化方式の比較を示す .それぞれの曲線は,復号器の繰り返し処理5回目の誤り率特性を示している .直並列再帰型符号化方式は ,直列再帰型符号化方式に対しては,約 2 [dB]誤り率特性が改善していることが分かる .-3[dB]から-1[dB]では、並列再帰方符号化方式の方が,改善効果が優れている .-1[dB]以降は,並列再帰型符号化方式では,改善効果が得られなくなっている .これに対して直並列再帰型は,急激に誤り率特性が改善していくことが分かる .

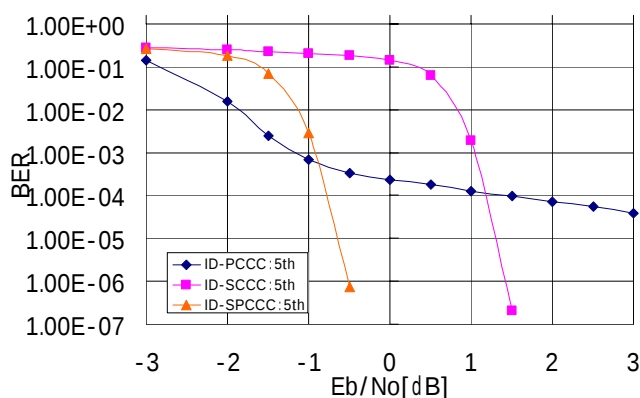


Fig.7 Transmission Performance of ID-SCCC, Turbo Code and ID-SPCCC

5. むすび

本論文では,ワイヤレス通信において,高エネルギー,高効率の通信の実現を目指して,低Eb/No

かつ伝送容量の向上を実現す通信方式を明らかにするために,直並列再帰型符号化方式を提案し,直列再帰型符号化方式と並列再帰型符号化方式との比較の検討を行った .その結果,直並列再帰型符号化方式は,直列再帰型符号化方式や並列再帰型符号化方式より性能改善効果が高いことを明らかにした .今後は,直並列再帰型符号化方式の低C/Nにおける誤り率特性改善効果を検討していく予定である .

参考文献

- (1) C.Berrou, A.Glavieux and P.Thitimajshima, "Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: Turbo-Codes, "Proc.1993 IEEE International on Communication, pp.1064-1070
- (2) Benedetto, S., G.Monstori, D.Divsalar, and Pollara, "A Soft-Input Soft-Output a Maximum A Posterior(MAP) Module to Decode Parallel and Serial Concatenated Codes" ,JPL TMO Progress report, vol.42-127. Nov.1996
- (3) 関 卓也, 田中 将義 " 連接畳み込み符号化による非線形伝送路の誤り率特性改善効果 " 第35回日本大学生産工学部 学術講演会, 2-36, P127, 2002
- (4) 関 卓也, 田中 将義 " 二重ループを用いた連接畳み込み符号の伝送特性 " 第36回日本大学生産工学部 学術講演会 2-3,4 P129, 2003

Table 1 Details of Convolutional Encoding

	Outer Code	Inner Code
Generator Polynomials	1+D+D ² 1+D ²	First:1+D+D ² 1+D ²
		Second:0, 1+D+D ² 1+D
Feedback Polynomial	1+D+D ²	1+D+D ² for each
Constraint Lengths	3	3 for each
Code Rate	1/2	2/3