

FLO および FLO-EV の受信特性

FLO and FLO-EV Receiver Performance

内田 信行
Nobuyuki UCHIDA

クアルコムジャパン株式会社 〒107-0062 東京都港区南青山 1-1-1 新青山ビル西館 18F
Qualcomm Japan Inc. Shin Aoyama Bldg. West 18F 1-1-1 Minami Aoyama, Minato-ku, Tokyo, 107-0062 Japan

E-mail: nuchida@qualcomm.com

あらまし 207.5-222MHz へ導入可能な全国向けマルチメディア放送方式である MediaFLO 方式の都市型モデル(TU6)及び歩行屋内外モデル(PI・PO)における受信特性を示した。キャリア変調が 16QAM、内符号化率 1/2 の場合、TU6 で 0.6~40Hz のドップラー周波数での所要 CN 比は、FLO で 12.88~13.35dB、FLO-EV で 10.78~11.64dB であった。PI・PO では FLO が 11.88dB、11.78dB であり、FLO-EV では 9.96dB、10.85dB となった。ISDB-T の受信特性と比較すると TU6 の 10~40Hz のドップラー周波数では FLO と ISDB-T に顕著な差はみられず、FLO-EV と ISDB-T では FLO-EV の方が 1.27~1.52dB 良い結果となった。PI・PO では ISDB-T よりも FLO で 3.62~4.22dB、FLO-EV では 5.15~5.54dB も良く、低いドップラー周波数において大きな差異が見られた。

キーワード FLO, FLO-EV, ISDB-T, ISDB-Tmm, 受信特性, TU6, PI, PO

Abstract MediaFLO is a nationwide mobile multimedia broadcasting technology for 207.5-222MHz. This paper shows MediaFLO receiver performance in the Typical Urban 6 channel model (TU6) and the Pedestrian Indoor/Outdoor models (PI・PO). For 16QAM 1/2, required CN in the TU6 at 0.6~40Hz Doppler is 12.88~13.35dB for FLO, 10.78~11.64dB for FLO-EV. In the PI/PO, required CN is 11.88dB and 11.78dB for FLO, 9.96dB and 10.85dB for FLO-EV, respectively. The required CN of FLO and ISDB-T are comparable in the TU6 at higher Doppler (10~40Hz) while FLO-EV shows 1.27~1.52dB better performance than ISDB-T. In the PI and PO channels, however, FLO and FLO-EV performance is significantly better than ISDB-T.

Keyword FLO, FLO-EV, ISDB-T, ISDB-Tmm, Receiver Performance, TU6, PI, PO

1. はじめに

2011年7月の地上デジタル放送の完全デジタル化によって利用可能になる207.5-222MHzへ導入可能な全国向けマルチメディア放送方式の技術条件が平成21年9月に情報通信審議会において取りまとめられた^[1]。全国向けマルチメディア放送方式の1つであるMediaFLO方式は米国において2007年3月より商用サービスが開始されている方式であり、携帯端末へ効率よくマルチメディアコンテンツを配信する為の様々な特徴を持っている。本稿では、ネットワーク設計に必要な移動・歩行環境の伝播モデルにおけるFLO及びFLO-EVの受信特性を示し、わが国の地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式である

ISDB-Tの受信特性と比較する。

2. システム概要

MediaFLO方式はITU-R勧告BT.1833^[2]に国際標準規格として定められており、詳細は米国電気通信工業会(TIA)^[3]において標準化されている。MediaFLO方式の伝送信号パラメータを表2-1にまとめる。運用周波数帯における伝播特性やドップラー特性に対応できるように異なるFFTサイズが用意されている。また、情報ビットレートや誤り訂正能力に応じた伝送パラメータからカバレッジと伝送レートのトレードオフにより最適なものを選択可能である。

表 2-1. MediaFLO 方式の伝送信号パラメータ

FFT サイズ	1K, 2K, 4K, 8K
ガードインターバル比	1/4, 3/16, 1/8, 1/16
帯域幅	4.625, 5.55, 6.475, 7.4MHz
変調方式	QPSK, 16QAM, Layered Modulation
外符号	リードソロモン符号
外符号化率	(8/16), (12/16), (14/16), (16/16)
内符号	ターボ符号
内符号化率	1/5, 2/7, 1/3, 4/11, 2/5, 4/9, 1/2, 2/3

MediaFLO のエアークインタフェース規格である TIA-1099-B^[5]では前版である TIA-1099-A^[4]に規定されていた物理層オプション 1 (PHY Type 1) に加え、受信特性を改善した物理層オプション 2 (PHY Type 2) が新たに追加されている。本稿では物理層オプション 1 を FLO、物理層オプション 2 を FLO-EV と呼ぶ。

FLO のエアークインタフェース概要については[6]を参照されたい。FLO 及び FLO-EV のデータチャンネル処理ブロックを図 2-1 及び 2-2 にそれぞれ示す。

FLO では外符号にリードソロモン符号を用い、リードソロモン符号ブロックをスーパーフレーム内の 4 フレームに割り当てる事による時間ダイバーシチ効果を利用している。(論理チャンネル内に複数のリードソロモン符号ブロックが存在する場合には、符号ブロック間においてインターリーブが行われるため、さらなる時間ダイバーシチ効果となる。) 内符号にはターボ符号が用いられ、ターボ符号入力パッケージサイズは 1000 ビットである。ターボ符号化されたパッケージはビットインターリーブによってインターリーブが行われる。

FLO-EV では外符号を使用せず、内符号のターボ符号化入力パッケージサイズを 16000 ビットとして処理した後、インターリーブ、サブパッケージ化され、スーパーフレーム内の 4 フレームに割り当てられる。(論理チャンネル内に複数のターボ符号入力パッケージが存在する場合は、複数のターボ符号入力パッケージ間でサブパッケージのインターリーブが行われ、フレーム内における時間ダイバーシチ効果が得られる。) FLO-EV ではターボ符号化によって時間ダイバーシチ効果が得られるため、FLO に比べて受信特性が改善される上、リードソロモン符号を使用する必要がなくなり、スループットが向上する。

図2-1. FLOデータチャンネル処理ブロック

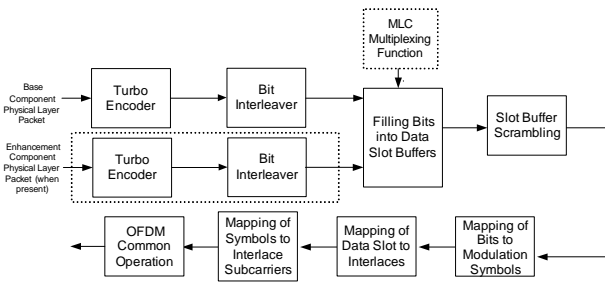
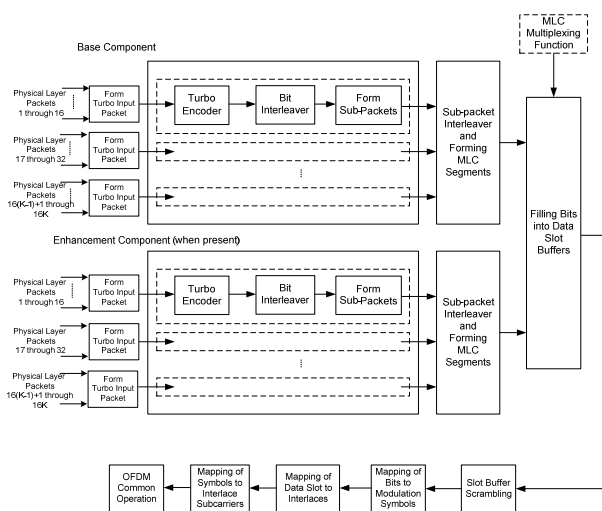


図2-2. FLO-EVデータチャンネル処理ブロック



3. 実験概要

実験系統図を図 3-1 に、実験パラメータを表 3-1 にそれぞれ示す。実験では信号発生器によって FLO/FLO-EV 信号を発生させ、フェージングシミュレータによってチャンネルモデルに応じた環境をシミュレートした信号にノイズ発生器を用いて白色ガウス雑音を付加し、基準となるサービス品質を満たす所要 CN 比を測定した。サービス品質基準には ITU-R 勧告 BT. 1368-8^[7]に規定されている SFP (Subjective Failure Point) を採用することとし、具体的な評価方法としては ESR5 (Erroneous Second Rate 5%) を用いた。規定試験端末にて 1 スーパーフレーム内にふくまれる特定の論理チャンネルに属するパッケージの誤り率を測定し、ESR5 を後処理にて計算した。本実験

には TU6(Typical Urban 6)、PI(Pedestrian Indoor) 及び P0(Pedestrian Outdoor) のチャンネルモデルを使用した。TU6 は移動受信時のモデルとしてよく使用されるモデルである。表 3-2 に TU6 チャンネルプロファイルを示す。一方、PI や P0 は室内外における低速移動時のモデルであり、[7]に規定されている。表 3-3 に PI チャンネルプロファイルを、表 3-5 に P0 チャンネルプロファイルをそれぞれ示す。ただし、PI・P0 のドップラー周波数は 1.66Hz とした。

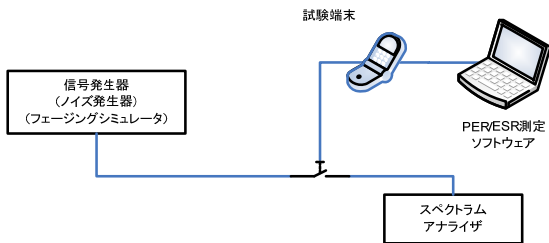


図3-1. 実験系統図

表3-1 FLO/FLO-EVの実験パラメータ

方式	FLO	FLO-EV
FFTサイズ	8k	8k
帯域幅	5.55MHz	5.55MHz
GI比	1/8	1/8
変調方式	16QAM	16QAM
内符号化率	1/2	1/2
外符号化率	12/16	なし
パイロットパターン	1	1
所要CN比の基準	ERS5	ERS5

表3-2 TU6チャンネルプロファイル

Tap number	Delay (μs)	Power (dB)	Doppler Spectrum
1	0.0	-3	Rayleigh
2	0.2	0	Rayleigh
3	0.5	-2	Rayleigh
4	1.6	-6	Rayleigh
5	2.3	-8	Rayleigh
6	5.0	-10	Rayleigh

表3-3 PIチャンネルプロファイル

Path	Delay (μs)	Power (dB)	Doppler Spectrum
1	0.0	0.0	表 3-4 参照
2	0.1	-6.4	Gauss
3	0.2	-10.4	Gauss
4	0.4	-13.0	Gauss
5	0.6	-13.3	Gauss
6	0.8	-13.7	Gauss
7	1.0	-16.2	Gauss
8	1.6	-15.2	Gauss
9	8.1	-14.9	Gauss
10	8.8	-16.2	Gauss
11	9.0	-11.1	Gauss
12	9.2	-11.2	Gauss

表3-4 PI・P0チャンネルプロファイルのドップラー Spektrum 定義

Spectrum for the 1st tap Spectrum for taps 2-12
 $0.1G(f; 0.08fd) + \delta(f - 0.5fd)$ $G(f; 0.08fd)$

ただし、 $G(f; \sigma) = \exp\left(\frac{-f^2}{2\sigma^2}\right)$, $fd = 1.66$ [Hz]

表3-5 P0チャンネルプロファイル

Path	Delay (μs)	Power (dB)	Doppler Spectrum
1	0.0	0.0	参照 3-4
2	0.2	-1.5	Gauss
3	0.6	-3.8	Gauss
4	1.0	-7.3	Gauss
5	1.4	-9.8	Gauss
6	1.8	-13.3	Gauss
7	2.3	-15.9	Gauss
8	3.4	-20.6	Gauss
9	4.5	-19.0	Gauss
10	5.0	-17.7	Gauss
11	5.3	-18.9	Gauss
12	5.7	-19.3	Gauss

4. 実験結果

4.1. TU6 チャンネルモデルにおける所要 CN 比

TU6 チャンネルモデルにおける FLO および FLO-EV の所要 CN 比を表 4-1 に、ドップラー特性を図 4-1 にそれぞれ示す。FLO では ERS5 を満たす所要 CN 比が 12.88 ~ 13.35dB であり、FLO-EV では 10.78 ~ 11.64dB であ

った。FLO-EV では FLO と比較して 1.66～2.42dB の改善がみられ、ドップラー周波数が高いほど改善量も大きかった。これは FLO-EV が 16000 ビット単位でターボ符号化し、スーパーフレーム内のフレームに分散させることによって得られる時間ダイバーシチ効果によるものと考えられる。FLO、FLO-EV とともにドップラー周波数 0.6～40Hz (VHF High バンドで時速 3～200km に相当) の範囲で所要 CN 比に大きな劣化がないことが確認できた。FLO/FLO-EV とともにドップラー周波数 0.6Hz において所要 CN 比が高くなる傾向があった。

表4-1. TU6チャンネルモデルにおける所要CN比

方式	ドップラー周波数 Fd [Hz]			
	0.6	10	20	40
FLO	13.3	12.88	13.03	13.35
FLO-EV	11.64	10.98	10.78	10.93

単位：dB

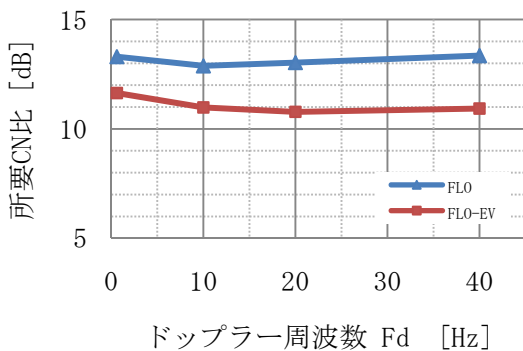


図4-1. FLO/FLO-EVのドップラー特性

4.2. PI, PO チャンネルモデルにおける所要 CN 比

PI・PO チャンネルモデルにおける FLO および FLO-EV の所要 CN 比を表 4-2 に示す。FLO では PI での所要 CN 比が 11.88dB、PO では 11.78dB であった。一方、FLO-EV では PI で 9.96dB、PO では 10.85dB となった。FLO-EV と FLO を比較すると 0.93～1.92dB の改善がみられた。

表4-2 PI・POチャンネルモデルにおける所要CN比

方式	ドップラー周波数 Fd=1.66Hz	
	PI	PO
FLO	11.88	11.78
FLO-EV	9.96	10.85

単位：dB

4.3. FLO/FLO-EV と ISDB-T の受信特性比較

4.1、4.2 章で測定した結果を使用して ISDB-T との受信特性を比較した。ISDB-T の受信特性は電波技術協会によってとりまとめられた“マルチメディア放送システムの共用条件に係る調査検討報告書”^[8]及び映像情報メディア学会の“携帯・移動チャンネルモデルに対する ISDB-T の受信特性”^[9]を参照した。受信特性の比較に用いたパラメータを表 4-3 に示す。

表 4-3 FLO/FLO-EV と ISDB-T の比較パラメータ

方式	FLO FLO-EV	ISDB-T (13seg)
FFTサイズ	8k	Mode 3(8k)
帯域幅	5.55MHz	5.7MHz
GI比	1/8	PI/PO: 1/8 TU6: 1/4
変調方式	16QAM	16QAM
内符号化率	1/2	1/2
時間インターリーブ	-	I=4
所要CN比の基準	ERS5	ERS5
キャリアあたり ビット数	2	2

TU6 チャンネルモデルでの比較を表 4-4 に示す。ドップラー周波数 0.6Hz の ISDB-T の所要 CN 比のデータがないため、10～40Hz の範囲においてのみ比較すると ISDB-T の所要 CN 比は 12.1～12.5dB であり、FLO と比べると 0.38～1.15dB 低くなっている。FLO-EV と比較すると 1.27～1.52dB 所要 CN 比が高くなっている。ISDB-T では比較的高いドップラー周波数においては時間インターリーブの効果が発揮されていることが確認できる。

次に低いドップラー周波数での受信特性比較を行うため、PI, PO チャンネルモデルの比較を表 4-5 に示す。低いドップラーにおいては ISDB-T の時間インターリーブの効果が現れていないため、FLO と比較すると ISDB-T の所要 CN 比は 3.62～4.22dB、FLO-EV との比較では 5.15～5.54dB 高くなっている。今回の比較ではドップラー周波数 1.66Hz を使用したが、弊社が別途行ったワンセグの受信特性実験の結果から推察すると、さらに低いドップラー周波数では差異が大きくなることが予想される。

表4-4 TU6チャンネルモデルにおける
FLO/FLO-EVとISDB-Tの所要CN比

方式	ドップラー周波数 Fd [Hz]			
	0.6	10	20	40
FLO	13.3	12.88	13.03	13.35
FLO-EV	11.64	10.98	10.78	10.93
ISDB-T	-	12.5	12.1	12.2

単位：dB

表4-5 PI・P0チャンネルモデルにおける
FLO/FLO-EVとISDB-Tの所要CN比

方式	ドップラー周波数 Fd=1.66Hz	
	PI	P0
FLO	11.88	11.78
FLO-EV	9.96	10.85
ISDB-T	15.5	16

単位：dB

4.4. 所要 CN 比が置局コストに与える影響

既に米国において商用サービスを開始している MediaFLO は 2010 年 3 月時点において 112 の主要都市をカバーしており、サービスエリアの人口カバレッジは 2 億 8 百万人にのぼる。米国におけるネットワーク置局の回線設計に用いられる所要 CN 比は、現実的な使用環境（歩行～移動）の中で最も高くなる値（最悪値）を使用している。ほとんどのユーザーが歩行環境であると想定される携帯端末向けマルチメディア放送では高速のみならず、低速環境を考慮にいてネットワーク設計をする必要がある。図 4-2 に所要 CN の違いによる局数への影響を示す。

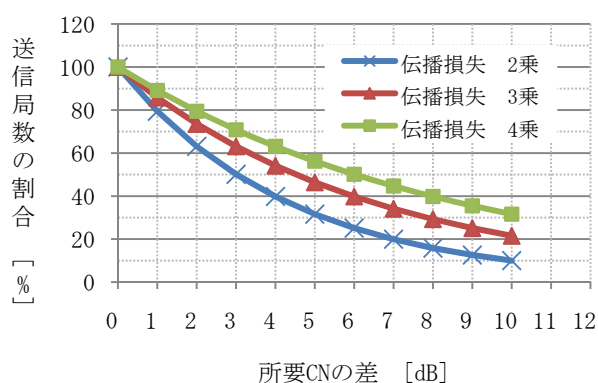


図4-2. 所要CNの差と局数の割合

移動体通信で使用される伝播損失は距離の3乗～4乗で減衰するモデルが多い。4.3の結果から低速にお

ける FLO と ISDB-T の所要 CN の差は 3.62～4.22dB、FLO-EV と ISDB-T では 5.15～5.54dB であった。仮に 5dB と考えた場合、FLO-EV で置局を行うと ISDB-T に必要な送信局数の 46～56% ですむことになる。全国向けマルチメディア放送方式である ISDB-Tmm のタイプ A スーパーセグメント（13 セグメント形式）は ISDB-T をベースとしているため、本稿の結果は ISDB-Tmm のタイプ A スーパーセグメントとの比較でも同様となる。

5. まとめ

全国向けマルチメディア放送方式方式の 1 つである MediaFLO 方式の受信特性を測定した。FLO 及び FLO-EV と歩行～移動環境において所要 CN 比は大きな劣化がない事が確認できた。FLO-EV は FLO と比較して TU6 で 1.66～2.42dB、PI・P0 では 0.93～1.92dB の改善がみられた。（※16QAM 1/2 における比較）

ISDB-T との比較では TU6 の比較的高いドップラー周波数において FLO と ISDB-T に顕著な差は見られず、FLO-EV と ISDB-T では FLO-EV が優れた結果となった。P0・PI の場合には FLO 及び FLO-EV が ISDB-T よりもはるかに優れた受信特性を示した。現実的なサービス環境を考慮した場合、受信特性の差がネットワーク設計において送信局数に大きな違いがでることを示した。

文献

- [1] 総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会報告書 “携帯端末向けマルチメディア放送方式の技術的条件”, September 2009
- [2] ITU-R Rec. BT.1833, “Broadcasting of multimedia and data applications for mobile reception by handheld receivers”, 2007
- [3] Telecommunication Industry Association (TIA): <http://www.tiaonline.org/>
- [4] TIA-1099-A, “Forward Link Only Air Interface Specification for Terrestrial Mobile Multimedia Multicast”, April 2009
- [5] TIA-1099-B, “Forward Link Only Air Interface Specification for Terrestrial Mobile Multimedia Multicast”, May 2010
- [6] “FLO Physical Layer: An Overview”, IEEE Trans. Broadcasting, Vol.53, No.1, pp.145-160 (March 2007)
- [7] ITU-R Rec. BT.1368-8, “Planning criteria for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands”, 2009 May
- [8] “マルチメディア放送システムの共用検討に係る調査検討会報告書”, 電波技術協会, 2009年3月
- [9] “携帯・移動チャンネルモデルに対する ISDB-T の受信特性”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.32, No.37, pp.97~102 (Sep.2008)