

ISDB-Tmm におけるファイルキャストイング放送技術

山田 暁[†] 松岡 保静[†] 大矢 智之[‡] 北原 亮[†] 萩原 淳一郎[†]

[†] 株式会社 NTT ドコモ先進技術研究所 〒239-8536 神奈川県横須賀市光の丘 3-6

[‡] 株式会社マルチメディア放送技術統括部 〒100-6104 東京都千代田区永田町 2-11-1

E-mail: [†] {yamadaakir, matsuoaka, kitaharar, hagiwaraj}@nttdocomo.co.jp, [‡] ohya@mmbi.co.jp

あらまし ISDB-Tmm (携帯端末向けマルチメディア放送) では, リアルタイム型放送に加え, 蓄積型放送 (ファイルキャストイング放送) が提供される. ファイルキャストイング放送では, 大容量のマルチメディアコンテンツファイルを, 放送波を介して効率的にユーザへ配信することが可能となる. 本稿では, ファイルキャストイング放送の技術概要を述べる.

キーワード マルチメディア放送, ISDB-Tmm, AL-FEC 符号化, 放送補完, 蓄積型放送, LDPC

File-Casting Technologies for ISDB-Tmm

Akira YAMADA[†] Hosei MATSUOKA[†] Tomoyuki OHYA[‡] Ryo KITAHARA[†] and Junichiro HAGIWARA[†]

[†] Research Laboratories, NTT DOCOMO, Inc. 3-6 Hikarino-oka, Yokosuka-shi, Kanagawa, 239-8536 Japan

[‡] Technology & Solution Dep., Multimedia Broadcasting, Inc. 2-11-1, Nagata-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-6104 Japan

E-mail: [†] {yamadaakir, matsuoaka, kitaharar, hagiwaraj}@nttdocomo.co.jp, [‡] ohya@mmbi.co.jp

Abstract In the ISDB-Tmm, the File-Casting service (storage-type content delivery service) is provided as well as real-time service. The File-Casting service in the ISDB-Tmm enables a variety of huge multimedia contents files to be delivered to mobile handsets through the broadcasting system effectively. In this paper, we describe overview of the File-Casting technologies.

Keyword Multimedia broadcasting, ISDB-Tmm, AL-FEC, File repair, Storage-type content delivery service, LDPC

1. はじめに

ISDB-Tmm (Integrated Services Digital Broadcasting for mobile multimedia) に基づく携帯端末向けマルチメディア放送では, リアルタイム型放送の他, 蓄積型放送 (ファイルキャストイング放送) が提供される [1]. ファイルキャストイング放送は従来の放送と異なり, 映像ファイル等任意の大容量マルチメディアコンテンツファイルを放送波により受信機に配信し, ユーザは視聴許可期間中の任意の時刻にコンテンツを視聴することが可能となる新たな放送サービスである. 本稿では, ファイルキャストイング放送の技術概要について述べる.

される. 一方ファイルキャストイング放送では, 様々な形式のコンテンツファイルを放送波上で安定して伝送するために, 新たに AL-FEC (Application-Layer Forward Error Correction) 符号化, FLUTE (File Delivery over Unidirectional Transport) [6], UDP/IP (User Datagram Protocol / Internet Protocol) [7]-[9], ROHC (Robust Header Compression) [10], ULE (Unidirectional Light-weight Encapsulation) [11] を採用した. また, 放送網にて欠損したコンテンツを通信網上で補う放送補完方式を新たに規定した.

2. ファイルキャストイング放送概要

ISDB-Tmm のプロトコルスタックを図 1 に, コンテンツファイルから TS パケットとして伝送されるまでの処理を図 2 へ示す. ISDB-Tmm におけるリアルタイム型放送サービスは, ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting for Terrestrial) と同様に MPEG-2 TS (Motion Pictures Expert Group-2 Transport Stream) 上にて PES (Packetized Elementary Stream) により提供

リアルタイム放送コンテンツ	PSI/SI	ファイルキャストイングコンテンツ	メタデータ	放送補完データ
PES	Section	FLUTE/AL-FEC		HTTP
		UDP/IP/ROHC		TCP/IP
		ULE		通信システム (3G/3.9G 網等)
MPEG-2 TS				
物理層				

(太枠内: ファイルキャストイング放送用に新たに規格化)

図 1 ISDB-Tmm のプロトコルスタック

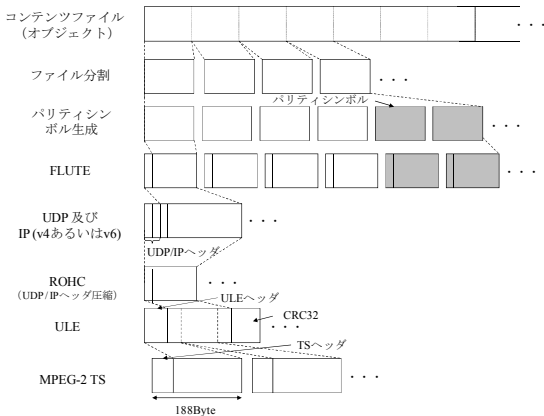


図2 コンテンツファイルから TS パケット生成までのフロー

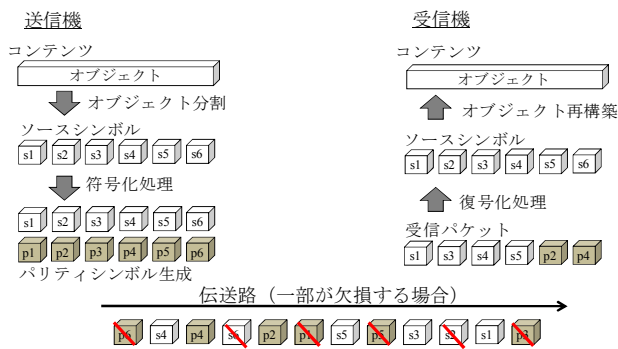


図 3 AL-FEC 符号化の概要

3. AL-FEC 符号化

移動受信時等，不安定な無線伝送路におけるパケット欠損への耐性を高めるため，ファイルキャスティング放送ではコンテンツファイルへ AL-FEC 符号化を適用する．AL-FEC 符号化では，コンテンツから，FEC パケットの生成を行い，両者を時間インターリーブした後に送信する．AL-FEC 符号化の概要を図 3に示す．伝送するオブジェクトは，複数のソースシンボルに分割され，AL-FEC 符号化によりソースシンボルからパリティシンボルが生成される．伝送路において欠損したシンボルは，受信できたソースシンボル及びパリティシンボルから復元することができる．

3.1. LDPC-Staircase

ISDB-Tmm では AL-FEC 符号化方式として LDPC-Staircase(Low Density Parity Check-Staircase)[2] の使用を前提としている．

LDPC-Staircase では，符号化及び復号化に検査行列を使用する．検査行列は左側検査行列と右側検査行列の 2 個の行列で構成される．左側検査行列は，各検査式に含まれるソースシンボルを示し，右側検査行列は，各検査式に含まれるパリティシンボルを示す．左側検査行列は，乱数系列により”1”を挿入する行列要素が選

択され，各列，各行ともに次数で指定された数およびそれ以上の”1”が挿入される．右側検査行列は単位行列に(i-1, i)の要素にも 1 を挿入した行列となる．式(1) に次数が 3 の場合の検査行列の例を示す．ここで $x_1 \sim x_6$ はソースシンボル， $f_1 \sim f_6$ はパリティシンボルを示す．

$$\begin{pmatrix}
 \text{左側検査行列} & \text{右側検査行列} & \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \\ f_5 \\ f_6 \end{pmatrix} \\
 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} & = 0 \cdots (1)
 \end{pmatrix}$$

3.2. AL-FEC 符号化方式毎の特性評価結果

ISDB-Tmm における AL-FEC 符号化方式の選定に当たり，i) 複数回送信，ii) Reed-Solomon 符号，iii) LDPC-Staircase の 3 方式を取り上げ，演算量を一定とした条件下にてシミュレーション評価を行った．シミュレーション条件を表 1に，TS エラーレートに対する受信成功率（全ユーザのうち，コンテンツを復元できるユーザの割合）に関するシミュレーション結果を図 4に示す．シミュレーション結果から，受信成功率 95% 以上を確保できる TS パケットエラーレートは複数回送信の場合は 1%以下，Reed-Solomon 符号では 8%，LDPC-Staircase では 13%となり，LDPC-Staircase はパケット欠損への耐性が最も強いことがわかる．

表 1 シミュレーション条件

	複数回送信	Reed-Solomon 符号	LDPC-Staircase
伝送ファイルサイズ	100MBytes		
パケットサイズ	940Bytes (MPEG-2 TS 5個分)		
消失率	0.1%~25% (MPEG-2 TS)		
備考	同じデータを 3回繰り返し送信	12個のパケットを1ブロックとし，1ブロックに対して24個のFECパケットを生成。	平均次数(※)を10で計算

演算量をほぼ一定として比較

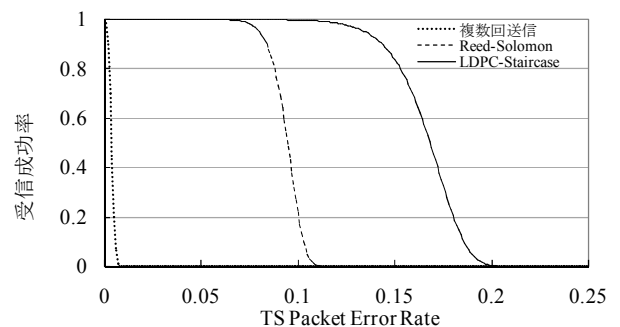


図 4 シミュレーション結果

4. FLUTE

FLUTE[6]は放送網等の片方向伝送路上を伝送するコンテンツのセッション管理を行うプロトコルである。ISDB-TmmにおけるFLUTEセッションからMPEG-2 Systemsへのマッピング例を図5に示す。ISDB-Tmmではユーザへ配信する映像データ、音声データ、構成ファイル管理情報を記述するマニフェストファイル等それぞれを1オブジェクトとし、TOI (Transport Object Identifier) で管理する。また、複数のオブジェクトを束ねたものを1コンテンツとし、TSI (Transport Session Identifier) で管理する。TSIはPID (Packet Identifier) へマッピングされ、MPEG-2 Systems上へ伝送される。さらに、FLUTEでは伝送中のコンテンツの様々な属性情報を伝送するためのFDT (File Delivery Table) インスタンスを周期的に伝送する。

5. UDP/IP/ROHC

FLUTEによりセッション管理情報が付加されたパケットは、UDPヘッダ[7]及びIP (v4あるいはv6) ヘッダ[8][9]が付加される。

また、同一セッション中においてUDPヘッダ及びIPヘッダの情報に変更される頻度が低いことを考慮し、ISDB-Tmmではヘッダ圧縮プロトコルとしてROHC[10]を採用した。ROHCでは、同一のヘッダ情報(ネクストヘッダ・送受信IPアドレス・送受信ポート番号)を有するIPパケットフローを1組(コンテキスト)として扱い、UDP/IPヘッダ中に変更が発生した場合のみ変更部分を伝送することにより、高効率なヘッダ圧縮を実現している。ROHCを適用することにより、例えばIPv4の場合、28バイト必要となるUDP/IPヘッダ長を、最小で1バイトまで圧縮することが可能となる。ヘッダ圧縮を適用することにより、無線周波数帯域の利用効率を向上することが可能である。

6. ULE

IPパケット化されたコンテンツファイルをMPEG-2 Systems上で伝送するために、ISDB-Tmmでは

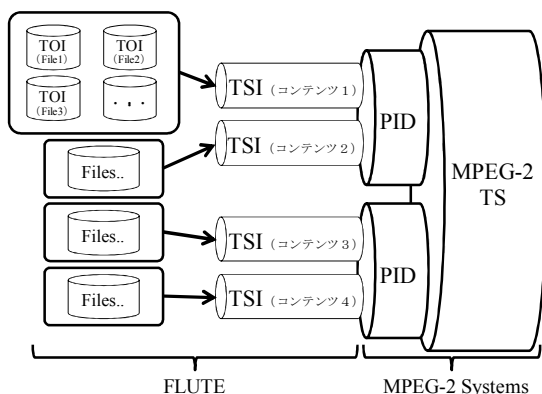


図5 FLUTEからMPEG-2 Systemsへのマッピング

ULE (Unidirectional Light-weight Encapsulation) [11]によるカプセル化を採用した。尚、今回ISDB-Tmm規格化に当たり、ULEヘッダ中に含まれるROHCのEthertype値は0x22F1としてIEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 新たに登録された[12]。

7. 放送補完

7.1. 放送補完方式

放送網は片方向伝送路であるため、コンテンツ伝送時の信頼度を向上することが重要である。AL-FEC復号化によりコンテンツの修復を行ってもパケットの欠損部が残る場合、放送網による欠損部の修復を行う(図6)。ISDB-Tmmではこれを放送補完と呼ぶ。放送補完では、受信機は受信したデータから欠損したオブジェクトを特定し、さらにオブジェクト中の欠損シンボルを特定する。その後、コンテンツの修復に必要なソースシンボルを放送補完用サーバから通信網経由でダウンロードし、コンテンツの修復を行う。放送受信からファイル修復までの処理フローを図7に示す。

放送補完用サーバは、受信機からHTTPのContent-Rangeヘッダにより要求されたコンテンツの欠損部を、通信網経由で伝送する。欠損部の取得にHTTPを用いることにより、汎用のHTTPサーバを放送補完に適用することが可能としている。

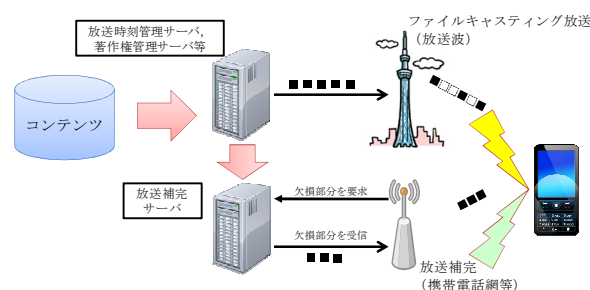


図6 放送補完の概要

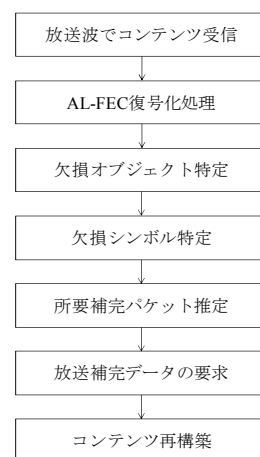


図7 放送補完処理フロー

放送補完を実施するタイミングとして、ユーザが視聴開始するとともに放送補完を開始する“手動補完”と、ユーザが意識せず、視聴開始前に自動的に放送補完を開始する“自動補完”の二種類を規定し、ユーザのコンテンツ視聴時の利便性を高めた。また、放送網にて伝送されるメタデータ(伝送制御メタデータ)中に自動補完を開始するまでのオフセット時間とランダム時間幅、補完を実施可能な閾値情報を含めて伝送し、ユーザが放送補完を実施する時間を分散させ、通信網の輻輳を回避する手段を規定した。

さらに、放送補完用サーバ等の輻輳やメンテナンスのために正常に放送補完リクエストの処理が行えない場合、放送補完用サーバはHTTPのRetry-Afterメッセージにより放送補完タイミングの更新を受信機へ通知することを規定した。

7.2. UEP

ソースシンボルのうち、特にコンテンツの先頭部分を構成するソースシンボルは、ユーザがコンテンツを視聴中に放送補完により取得する可能性が高い。そのため、コンテンツの先頭部分についてはAL-FEC符号化による冗長度を高く設定してパケット欠損耐性を高くすれば、ユーザはコンテンツの欠損を意識せず、円滑にコンテンツの視聴を行うことが可能となる。このような要求に対応するため、ISDB-TmmではLDPC-Staircaseを高度化した、UEP (Unequal Error Protection) 方式を採用した。

LDPC-Staircaseの左側検査行列は本来ランダムに“1”を配置するが、UEPを利用する場合は、FLUTEのFDTインスタンス中のFEC-OTI-Scheme-Specific-Infoに、“1”の密度を高くする行数(UEP行数)、“1”の分布を高くする列範囲の左端列番号(UEP左端列番号)、右端列番号(UEP右端列番号)を追加し、受信者に通知する。LDPC-StaircaseへUEPを適用することにより、コンテンツの先頭部のパケットエラー耐性を約15%程度向上させることが可能となる[13]。

7.3. 放送補完パケット最適選択方式

放送補完時にコンテンツの復元に必要となるソースシンボルの全てを要求すると、通信網の負荷が高くなる可能性がある。そのため、受信済みの冗長シンボルを可能な限り利用し、補完要求シンボル数を効率的に削減することが重要である。ISDB-Tmmでは補完要求シンボルを最小数に抑制する放送補完パケット最適選択方式を採用した。本方式により、欠損したパケットを全て要求する場合と比較して補完パケット数を約50%抑制し、TSパケットエラー率に換算すると、7~

8%のパケットロス耐性向上を実現した[13]。

8. まとめ

本稿ではISDB-Tmmにおける蓄積型放送(ファイルキャスト型放送)の技術概要を述べた。ファイルキャスト型放送方式は優れた移動受信特性を有するISDB-Tへさまざまな機能拡張を行う事により、大容量のマルチメディアコンテンツファイルを効率的にユーザへ配信することを可能とした。世界的に見ても蓄積型放送サービスの実施例は数少なく、2012年春以降のマルチメディア放送サービスによるサービス開始が期待される。

文 献

- [1] 総務省情報通信審議会情報通信技術分科会, “「放送システムに関する技術的条件」のうち「携帯端末向けマルチメディア放送方式の技術的条件」,” 2009年11月。
- [2] V. Roca, C. Neumann, D. Furodet, “Low Density Parity Check (LDPC) Staircase and Triangle Forward Error Correction (FEC) Schemes,” RFC 5170, June 2008.
- [3] ISO/IEC, “Information technology — Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems 13818-1,” ISO/IEC13818-1, 2000.
- [4] J. S. Plank, “A Tutorial on Reed-Solomon Coding for Fault-Tolerance in RAID-like Systems”, In Software Practice and Experience, Vol.27, pp.995-1012, May 1990.
- [5] 山田 曉, 松岡保静, 大矢智之, “通信放送連携型コンテンツ配信方式の特性評価,” 電子情報通信学会技術研究報告 (MoMuC) 2008年11月。
- [6] T. Paila, M. Luby, R. Lehtonen, V. Roca, R. Walsh, “FLUTE - File Delivery over Unidirectional Transport,” RFC3926, October 2004.
- [7] J. Postel, “User Datagram Protocol,” RFC768, August 1980.
- [8] J. Postel, “Internet Protocol,” RFC791, September 1981.
- [9] S. Deering, R. Hinden, “Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification,” RFC1883, December 1995.
- [10] C. Bormann, et al, “RObust Header Compression (ROHC): Framework and four profiles: RTP, UDP, ESP, and uncompressed,” RFC3095, July 2001.
- [11] G. Fairhurst, B. Collini-Nocker, “Unidirectional Lightweight Encapsulation (ULE) for Transmission of IP Datagrams over an MPEG-2 Transport Stream (TS),” RFC4326, December 2005
- [12] <http://standards.ieee.org/regauth/ethertype/eth.txt>
- [13] Hosei Matsuoka, Akira Yamada and Tomoyuki Ohya, “Low Density Parity Check Code Extensions Applied for Broadcast-Communication Integrated Content Delivery,” The 21st International Teletraffic Congress Specialist Seminar on Multimedia Applications - Traffic, Performance and QoE, March 2010.