

# 携帯端末向けマルチメディア放送における蓄積型放送技術

携帯端末向けマルチメディア放送では、これまで携帯端末向けに提供されていたリアルタイム型放送に加え、蓄積型放送サービスが提供されます。蓄積型放送では、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ります。本稿では、蓄積型放送の技術概要を述べます。

やまだ あきら まつおか ほうせい  
**山田 暁 / 松岡 保静**  
 きたはら りょう はぎわら じゅんいちろう  
**北原 亮 / 萩原 淳一郎**

NTTドコモ

## 蓄積型放送とは

ISDB-Tmm (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial Mobile Multi-Media) 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ほか、蓄積型放送が提供されます。蓄積型放送とは、従来の放送と異なり、映像ファイルなど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す。

## 蓄積型放送概要

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\*1として伝送されるまでの処理を図2に示します。ISDB-Tmmにおけるリアルタイム型放送サービスは、ISDB-T (Terrestrial)\*2と同様にMPEG-2 TS (Motion Pictures Expert Group-2 Transport Stream) 上にてPES (Packetized Elementary

リアルタイム放送コンテンツ	PSI/SI	ファイルキャッシングコンテンツ	メタデータ	蓄積コンテンツ補完データ
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：蓄積型放送用に新たに規格化)

図1 ISDB-Tmmのプロトコルスタック

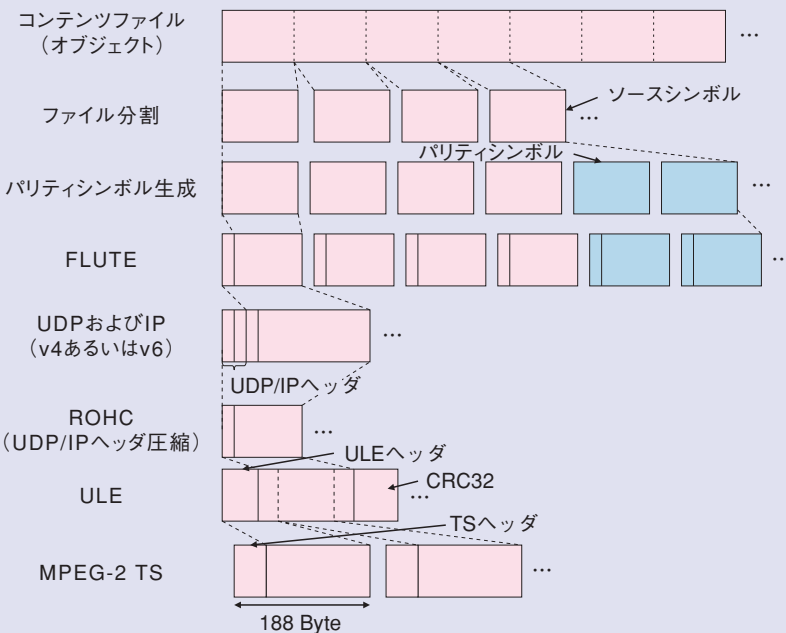


図2 コンテンツファイルからTSパケット生成までのフロー

\*1 TSパケット：MPEG-2 Systemsにて規定される、主に放送網にて使用される伝送用多重化方式に使用されるパケット。  
 \*2 ISDB-T：地上デジタル放送に用いられる方式。

Stream) により提供されます。一方蓄積型放送では、さまざま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), UDP/IP (User Datagram Protocol/Internet Protocol), ROHC (Robust Header Compression), ULE (Unidirectional Light-weight Encapsulation) を採用しました。また、放送網にて欠損したコンテンツを通信網上で補う、蓄積コンテンツ補完方式を新たに規定しました。

### AL-FEC符号化

移動受信時など、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、蓄積型放送ではコンテン

ツファイルへAL-FEC符号化を適用します。AL-FEC符号化では、コンテンツファイル (オブジェクト) から、ソースシンボルおよびパリティシンボルを生成し、両者を時間インターリーブした後送信します。AL-FEC符号化の概要を図3に示します。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ます。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およびパリティシンボルから復元することが可能となります。

#### LDPC-Staircase

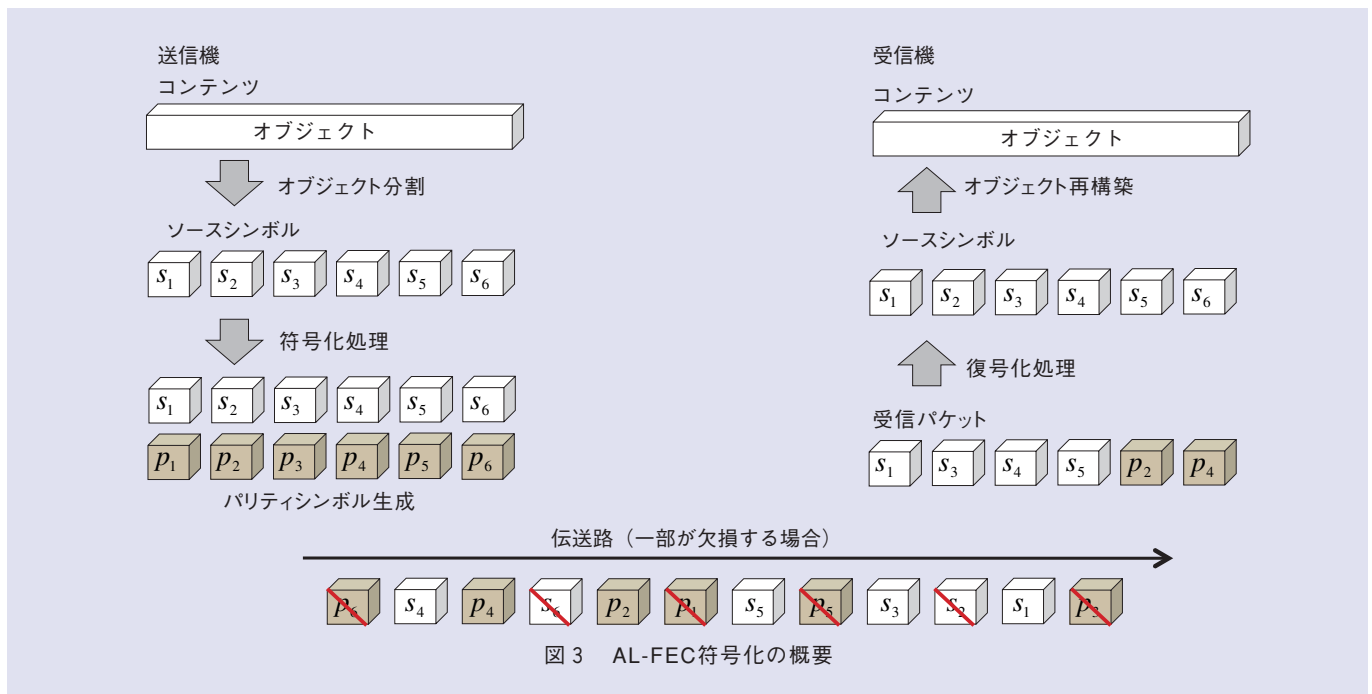
ISDB-TmmではAL-FEC符号化方式としてLDPC-Staircase (Low Density Parity Check-Staircase)<sup>(1)</sup> を使用します。

LDPC-Staircaseでは、符号化およ

び復号化に検査行列を使用します。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ます。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します。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」が挿入されます。右側検査行列は単位行列に (i, i-1) の要素にも1を挿入した行列となります。図4に次数が3の場合の検査行列の例を示します。ここで $s_1 \sim s_6$ はソースシンボル、 $p_1 \sim p_6$ はパリティシンボルを示します。

#### AL-FEC符号化方式ごとの特性評価結果

ISDB-TmmにおけるAL-FEC符号化方式の選定にあたり、①複数回





へマッピングされ、MPEG-2 Systems上へ伝送されます。さらに、FLUTEでは伝送中のコンテンツのさまざま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します。

### 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ヘッダおよびIP (v4あるいはv6) ヘッダが付加されます。また、同一セッション中においてUDPヘッダおよびIPヘッダの情報が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を採用しています。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ます。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ります。

### 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ULEによるカプセル化を採用しました。なお、今回ISDB-Tmm規格化にあたり、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) に新たに登録されました。

### 蓄積コンテンツ補完

#### ■蓄積コンテンツ補完方式

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

ことが重要となります。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には、図7に示す蓄積コンテンツ補完により、携帯電話網により欠損部の修復を行います。蓄積コンテンツ補完では、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

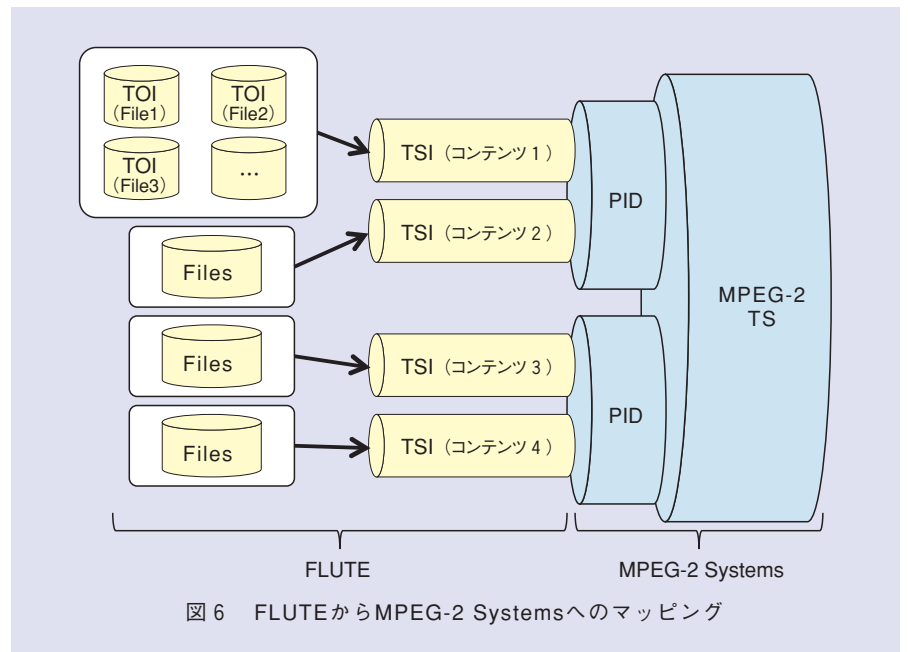


図6 FLUTEからMPEG-2 Systemsへのマッピング

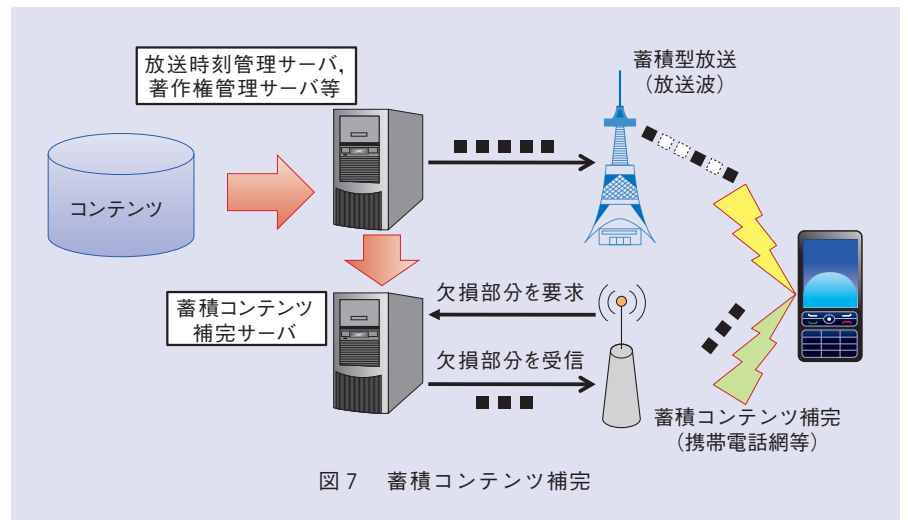


図7 蓄積コンテンツ補完

クト中の欠損シンボルを特定します。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います。

蓄積コンテンツ補完用サーバは、受信機からHTTP (Hypertext Transfer Protocol) \*5 のContent-Rangeヘッダにより要求されたコンテンツの欠損部を、通信網経由で伝送します。欠損部の取得にHTTPを用いることにより、汎用のHTTPサーバを蓄積コンテンツ補完に適用することを可能としています。

蓄積コンテンツ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蓄積コンテンツ補完を開始する「手動補完」と、ユーザが意識せず、視聴開始前に自動的に蓄積コンテンツ補完を開始する「自動補完」の2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ました。また、放送網にて伝送されるメタデータ中に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などを含めて伝送することで、ユーザが蓄積コンテンツ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ました。

### ■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蓄積コンテンツ補完により取得する可能性が高くなります。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ります。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) 方式を採用しました。LDPC-Staircaseの左側検査行列は本来ランダムに「1」が配置されますが、UEPを利用する場合は、「1」の密度分布を高くする列番号を受信者に通知します。

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ります<sup>(2)</sup>。

### ■蓄積コンテンツ補完パケット最適選択方式

蓄積コンテンツ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すべてを要求すると、通信網の負荷が高くなる可能性があります。そのため、受信済みのシンボルを有効利用し、補完要求シンボル数を効率的に削減することが重要となります。ISDB-Tmmでは補完要求シンボルを最小数に抑制する蓄積コンテンツ補完パケット最適選択方式を採用しました。本方式により、欠損したパケットをすべ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ました。

### サービス開始に向けて

蓄積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ことにより、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方式です。世界的にみ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によるサービス開始が期待されます。

### ■参考文献

- (1) <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc5170/>
- (2) H. Matsuoka, A. Yamada, and T. Ohya: "Low Density Parity-Check Code Extensions Applied for Broadcast-Communication Integrated Content Delivery," 21st ITC Specialist Seminar, Miyazaki, Japan, March 2010.



(左から) 松岡 保静/ 萩原 淳一郎/  
山田 暁/ 北原 亮

2012年春、ISDB-Tmm方式に基づく、新たな携帯端末向けの放送サービスが開始されます。特に本稿にて紹介した蓄積型放送は、大容量のマルチメディアファイルを放送波で提供するサービスを世界で初めて実用化するものです。

### ◆問い合わせ先

NTTドコモ  
先進技術研究所  
TEL 046-840-3759  
FAX 046-840-3788  
E-mail info-mm@lab.ntt.co.jp

\*5 HTTP: Webページを閲覧するなどに使用されるプロトコル。