

移動式ICTユニットのメディアストレージ技術

NTT未来ねっと研究所では、大規模災害時にICT環境の即時回復を可能にする移動式ICTユニットの研究開発に取り組んでいます。本稿では、震災時のリソースが限定された環境で、テキスト、画像・映像などのアプリケーション情報を閲覧・共有する移動式ICTユニットのメディアストレージ技術について紹介します。

な ち ち たかゆき †1 きむ すによん †2

仲地 孝之 /金 順暎

おかだ あつし †1 ふじい たつや †1

岡田 敦 /藤井 竜也

NTT未来ねっと研究所^{†1}
NTT新ビジネス推進室^{†2}

リソース限定時の情報共有

東日本大震災では、通信設備が大きな被害を受け、情報通信サービスの停止もしくは機能停止の状態が続きました。その教訓から、迅速に情報通信機能を復旧させる耐災害技術が望まれています。震災時において、正確な情報を迅速に共有することは重要ですが、実際には情報がうまく伝わらない状況が発生しました。情報の伝達手段として、テキストに加え画像・映像がありますが、画像・映像は被災地の状況が

一瞬で伝わることから情報量が多く、その重要性が認識されています。

メディアストレージ技術は、移動式ICTユニット^{*1}を起点として、「庁舎や避難所において災害対策を行い運営する自治体職員」「自宅避難する一般被災者」を対象として、図1に示すようにテキストに加え画像・映像などのアプリケーション情報を提供します。震災時には、平時とは異なり、通信速度の低下や情報通信機器の破損などの状況が発生します。メディアストレージ技術は、このようなリソースが限定

された環境で、可能な限りアプリケーション情報を提供することを目的としています。被災から経過に従って、以下の3つのSTEPで運用されます。

- ① 被災地ローカルでの移動式ICTユニットの単独運用：キャッシュサーバを搭載した移動式ICTユニットを被災地に設置します。キャッシュサーバにはテキスト、

*1 移動式ICTユニット：ICTサービス提供に必要なリソースを収納した可搬型のユニットで、被災地へいち早く展開することでサービスの即時提供を可能とします。



画像・映像を保存する階層型ストレージが搭載され、制御ソフトウェアがインストールされています。ユーザは無線LANなどのネットワークを通して、キャッシュサーバにアクセスしテキスト、画像・映像のアップロードや閲覧を行います。

② 被災地ローカルでの複数の移動式ICTユニットの運用：震災発生から時間が経過した後、被災地に複数の移動式ICTユニットが投入されます。それぞれの移動式ICTユニットには、階層型ストレージのほかに分散ストレージを搭載しています。キャッシュサーバ内のデータのバックアップや、複数のキャッシュサーバ間でデータの共有ができます（図2）。

③ 移動式ICTユニットを広域網に接続した運用：災害の復旧が進み、複数の被災地の移動式ICTユニットが広域網に接続されると、地域データセンタを介したデータの収集と配布が行われ、広域網上でデータが共有されます。拠点サーバからニュース映像などを被災地へ配信することも可能となります。

メディアストレージ技術は、「ストレージデータ階層的伝送技術⁽¹⁾」「分散ストレージ保存技術⁽²⁾」から構成されます。前者は、通信帯域が限定された状況や移動式ICTユニットの使用電力量に制限がある状況で、通信帯域と移動式ICTユニットの電力状況に応じて、ユーザ端末に効率良くアプリケーション情報を届けます。後者は、ストレージの破損や通信回線の輻輳などによりテキスト、画像・映像が欠落した場合に、可能な限り欠落したデータを回復します。以下、それぞれについて

説明します。

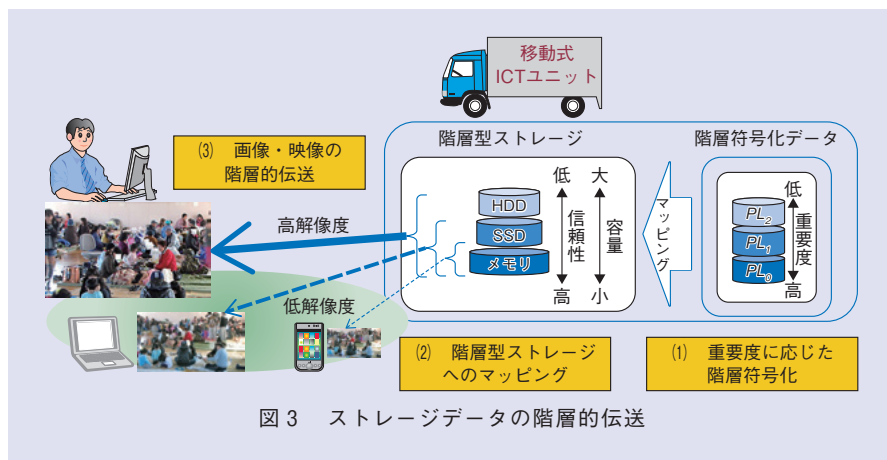
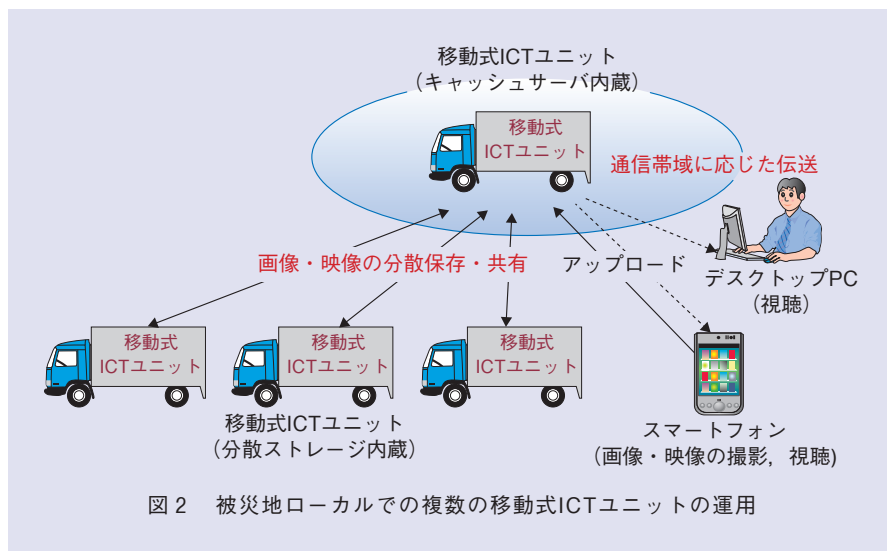
ストレージデータ階層的伝送技術

通信帯域と移動式ICTユニットの電力状況に応じて、ユーザ端末に効率良くテキスト、画像・映像を届ける機能を提供します。独立した電源のON/OFFが可能な階層型ストレージを用いることで、変動する電力状況にも対応し消費電力の削減も可能です。ストレージデータ階層的伝送技術の特長を3つ紹介します（図3）。

(1) 重要度に応じた階層符号化

テキスト、画像・映像データの信号成分の重要度に応じて階層符号化を行います。具体的には、ウェーブレット

変換に基づくJPEG2000符号化方式⁽³⁾を利用することで、信号成分の重要度に応じた階層符号化データを生成します。符号化データの生成は、キャッシュサーバではKakaduソフトウェアを用いて行い、拠点サーバではJPEG2000アクセラボードを搭載した大容量高速なXMSサーバにより行います。図3には、重要度の指標として解像度の例を示してあります。解像度以外にも、色や品質、位置（ROI: Region Of Interest）に基づいた重要度の設定が可能です。テキストは、被災地に設置される手書きの掲示板などの情報を想定しています。実際にはデジカメやスマートフォンで撮影して画像として



共有します。映像符号化はフレーム間相関を利用したMPEG系の方式が符号化効率の観点からは適していますが、災害時に要求されるロバスト性能と、監視カメラでの利用などで静止画像との親和性を考慮して、Motion JPEG200を利用します。

(2) 階層型ストレージへのマッピング

データ配置の階層化による高速応答と低電力化を両立するために、階層符号化データを、図3に示すように重要度に応じてキャッシュサーバ内の階層型ストレージへマッピングします。階層型ストレージは、メモリ、SSD (Solid State Drive) *2, HDD (Hard Disk Drive) *3から構成されます。PL₀, PL₁, PL₂はマッピングレイヤであり、重要な成分から順にメモリ、SSD, HDDへとマッピングされます。このマッピングは自由に設定可能です。HDDは外部ストレージとして接続され、独立に電源のON/OFFが可能となっています。電力使用量を削減したい状況下で、外部ストレージをOFFにすることで電力を削減できます。

(3) 画像・映像の階層的伝送

通信帯域と移動式ICTユニットの電力状況に応じて、重要な成分から優先的に伝送し再生を行います。階層型ストレージにマッピングされた階層符号化データを、必要なだけ抽出し伝送します。例えば、最初は複数の画像の低解像度成分のみを伝送して概要を把握し、その後に特定の画像のみ残りの高解像度成分を伝送して詳細な情報を確認するといった利用法があります。必要な情報のみ伝送することで、通信帯域を有効に利用できます。なお、階層符号化データは重要度に応じて先頭から並んでおり、再符号化する必要なく、通信帯域に応じた画像・映像の伝送が

容易に可能となります。

分散ストレージ保存技術

分散ストレージ保存技術は、通信回線の輻輳や移動式ICTユニットの移動に伴うストレージの故障などにより階層符号化データが欠落した際に、可能な限り欠落したデータを復元します。本技術の特長を3つ紹介します。

(1) 画像・映像成分の重要度に応じた保護耐性の制御

画像・映像成分の重要度に応じた保護耐性の制御では、図4に示すように誤り訂正符号によりJPEG2000の階層符号化データを保護します。重要な成分ほど、多くの冗長データで保護する構造となっています。誤り訂正符号は、著者らが提案したMMTの階層型LDGM (Low Density Generator Matrix) 符号⁴⁾を用います。階層型LDGM符号は重要度に応じた誤り訂正機能をサポートするとともに、代表的な誤り訂正符号のRS (Reed Solomon) 符号と比較して、演算量が少なく修復に伴う通信符号量が少ない特長があります。

(2) 分散ストレージへの冗長データ配置

タ配置

分散ストレージへの冗長データ配置では、階層型LDGM符号において生成したソースパケット*4, リペアパケット*5を複数の移動式ICTユニット内の分散ストレージへ配置します。ストレージに障害が発生したときの影響を均一化するために、各ストレージ内のソースパケットとリペアパケットの個数ができる限り均一となるように配置します。また、LDGM符号ではパリティ行列が階段構造を持ち、隣接したりペアパケットが同時に消失した場合に、欠落パケットの復号確率が低下します。隣接したりペアパケットを同じストレージに配置しないようにすることで、その影響を小さくしています。

(3) MMTによる実装

ISO/IEC国際標準MPEGが制定す

*2 SSD：数枚のフラッシュメモリを基盤に組み合わせてつくられた記憶媒体で、HDDのような時間のロスがないため高速なデータ処理が可能です。
 *3 HDD：ディスクに記憶されたデータを、ヘッドやアームを動かして読み取ります。SSDと比較すると、低価格ですが大容量です。
 *4 ソースパケット：階層符号化データを構成要素とするパケットです。
 *5 リペアパケット：誤り訂正符号の冗長データを構成要素とするパケットです。

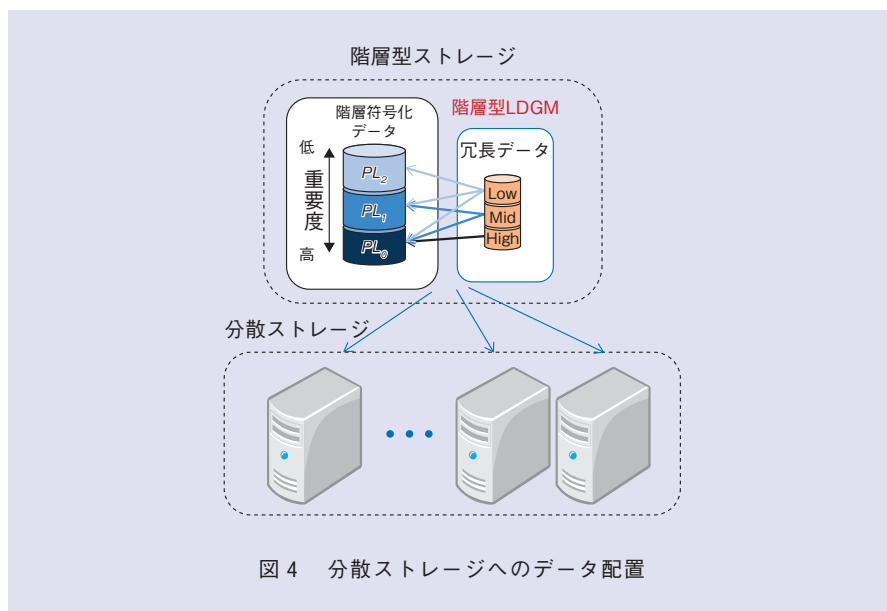


図4 分散ストレージへのデータ配置



図5 実証実験の概要

る次世代メディア伝送規格MMT (MPEG Media Transport) による実装^{(4), (5)}では、ストレージと配信のシームレスな取り扱いが可能となります。MMTでは①メディア情報のカプセル化、②配信、③制御メッセージ、の3つの構成要素を統合的に扱うことで、現行規格のMPEG2-TSでは難しかったサービスの高度化を可能としています。誤り訂正の機能もサポートし、階層型LDGM符号を含む誤り訂正符号のアルゴリズムとともにソースパケット、リペアパケットの形式も規定しています。

実証実験による有効性の検証

2014年2月に、東北大学片平キャンパスで移動式ICTユニットを用いた実証実験を行いました。実証実験の概要を図5に示します。震災後2～3日が経過し、複数の移動式ICTユニット内が被災地に投入される運用STEPの②を想定しています。デモルームにはキャッシュサーバを置き、分散ストレージは大型ならびに小型ICTユニット内に設置しました。階層符号化データは、6階層の解像度に分割して生成しました。階層符号化データのストレージへのマッピングでは、メモリはキャッシュとして利用し、低解像度の3階層成分を内蔵ストレージ (SSD) へ、高解像度の3階層成分を外付けス

トレージ (HDD) へ割当てました。キャッシュサーバとユーザ端末間は無線LANで接続し、ノートPCで画像を表示しました。手順は以下のとおりです。

- ① 外付けストレージの取り外し (故障を模擬)
- ② 複数のサムネイル画像の表示
- ③ キャッシュサーバと、大型・小型ICTユニット内の分散ストレージを接続し、欠落データを復元
- ④ 所望画像について、復元した高解像度成分のみ伝送し、高解像画像を表示

以上より、外部ストレージが故障しても、重要成分を保存している内蔵ストレージのみを利用してサムネイル画像の表示ができることを示しました。また、サムネイル画像によって全体概要を把握したのち、所望画像の高解像成分のみ伝送し高解像画像を表示することで、通信帯域を効率良く利用できることを検証しました。さらに、階層型LDGM符号を用いて欠落データが復元できることを確認しました。なお、階層符号化ならびに階層型LDGM符号の詳細な符号化特性や演算量に関する検証結果については、参考文献(1)、(2)を参照ください。

今後の展開

大規模災害時の被災地の方々が必要とするような、ネットワークや計算機

のリソースが限定した環境でも情報を素早く提供することが可能なICTサービスの実現を目指し、今後も研究開発を進めていきます。

※本研究成果の一部は、総務省委託研究「大規模災害時における通信ネットワークに適用可能なリソースユニット構築・再構成技術の研究開発」、および「被災地への緊急運搬及び複数接続運用が可能な移動式ICTユニットに関する研究開発」によるものです。

参考文献

- (1) 仲地・金・藤井：“耐災害ICT機能を有するストレージデータ階層的伝送システム,” 信学技報, Vol.113, No.78, pp.1-6, 2013.
- (2) 仲地・岡田・藤井：“可搬型ICTユニットを用いたロバスト分散ストレージシステム,” 信学技報, Vol.114, No.205, pp.51-56, 2014.
- (3) ISO/IEC 15444-1: “Information Technology-JPEG2000 image coding system: Core coding system-Part 1,” 2004.
- (4) ISO/IEC 23008-10: “Information technology-High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments-Part 10: MPEG media transport forward error correction (FEC) codes,” 2015.
- (5) ISO/IEC 23008-1: “Information technology-High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments-Part 1: MPEG media transport (MMT),” 2014.



(左から) 岡田 敦/ 仲地 孝之/
藤井 竜也/ 金 順暎 (右)

NTT未来ねっと研究所では、今後も実サービスを念頭にした多機能で効率的なメディア伝送および保存に関する研究開発を進めていく予定です。

◆問い合わせ先

NTT未来ねっと研究所
メディアイノベーション研究部
TEL 046-859-2589
FAX 046-855-1284
E-mail nakachi.takayuki@lab.ntt.co.jp