

# DTN プロトコルの IPv6 Extension Header を用いた実装

呉銘基† 松本充司‡

早稲田大学大学院国際情報通信研究科†

## 1. はじめに

東日本大震災のような大規模災害では、同時に多くの避難所の発生を伴う結果となる。多くの場合、政府や被災地の地方自治体では避難情報を収集することが困難で、複数の避難上との情報交換、物資配分に格差を生じることとなる。なお、避難所には多数の避難者が集まり、これらの避難者にとって必要な情報は取れないことが指摘されている。

我々はこれまでに避難所間災害情報システムについて検討し、避難所間情報流通は DTN (Delay-Tolerant Network) のストアアンドフォワード方式によって実現できると考え、避難所単位でメッシュアドホックネットワークを構築する場合の避難所間の距離[1]、および通信機材の条件[2]について報告した。

本文は、インターネットと融合する場合の要件を考慮し、既存のネットワーク設備や機材を最大限利用して構築するメッシュアドホックネットワークに適用する DTN プロトコルの実装方式を提案する。

## 2. 先行研究

遅延耐性ネットワークは本来、惑星間ネットワークの研究から生み出された概念であり、ノード間ストアアンドフォワードでデータを転送する通信方式である。最近、災害時などにより長時間をわたって通信が不安定となる場面で、DTN を活用した安定的にデータを伝送できるネットワークを構築する提案が出された。しかし、DTN は独立したプロトコルであり、インターネット上に使用されたプロトコルやアドレスなどで利用できない。

IP と DTN を融合するため、IP over DTN という方法で IP パケットを DTN ネットワーク上に載せる方法[3,4] や DTN を IP プロトコルのアプリケーションレイヤ[5]として伝送する仕組みを研究されている。

しかし、これらの仕組みではパケット伝送中にエンカプスレートしたパケットの内容によって、ルーティングを変更するなどの処理が必要な場合には、途中のルーターはアプリケーションレイヤまで解析することとなり、パケット処理に手間がかかる。

これを考慮して、本文はインターネットプロトコルの中、ネットワーク層の IPv6 を拡張するによって DTN 通信に必要なヘッダ情報を載せられ、簡単に既存の

機材やネットワークにも利用可能な DTN プロトコルを提案し、実装システムの検証を行ったものである。

## 3. プロトコルフレームワーク

### 3.1. IPv6 エクステンションヘッダ(EH)

本提案は DTN ヘッダがネットワークレイヤに置くこととし、本提案の DTN プロトコルを実装しなくても、既存インターネットの機材にも普通パケット扱いで転送できるように考える。

IPv6 を選択した理由として、アドレス枯渇問題のある IPv4 は IPv6 に代わられ、インターネットに通用するプロトコルだと考えられる。IPv6 にエクステンションヘッダ (EH: Extension Header) という拡張方法があり[6]、アドレス以外の情報にも取り組めるデザインである。なお、この情報はアプリケーションレイヤに関与しないことから、アプリケーションに通常通りの仕組みで動作できることが一つのメリットとして考えられる。IPv6 を活用すると、インターネットと DTN とは異なるアドレススキームを使用する問題がない。

一方、現在の IPv6 標準には、スペックに定められた EH しか認められない問題があり、端末は認識されていない EH が付いていたパケットを受け取ると、直ちにパケットを破棄しなければならない。しかし、プロトコルの拡張性を考慮する必要があるため、試行標準 RFC6564[7]では汎用 EH の基本要件が規定され、端末が認識できず EH が付いていたパケットを破棄せずに、その EH を無視するようにした。

なお、IPv6 EH には優れた拡張性を有し、ヘッダの長さやフィールドの変更によって、他のプロトコルレイヤに影響せずに情報や情報量の変更は可能である。

### 3.2. プロトコルフレームワークデザイン

DTN 通信を行うための IPv6 EH のデザインを以下に示す。

Next Header と Hdr Ext Len というフィールドに関しては RFC6564 に規定されている。このヘッダの次に、それぞれ内容を示すプロトコル ID (例えば、TCP は 6 など) と、このヘッダの長さを 8 バイトの倍数 (但し、最初の 8 バイトを含めず) で示している。

IPv6 DTN Support Extension Header															
Bit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
0	Next Header						Hdr Ext Len			Option			Service ID		
32	Expiry Time														
64	Packet-Specific / ACK End Sequence ID														
96	ACK Start Sequence ID														

図 1 DTN ヘッダーデザイン

Implementation of DTN protocol with IPv6 Extension Header

† NG Ming Kee Stephen

‡ Mitsuji MATSUMOTO

Graduate School of Global Information and Telecommunications Studies, WASEDA University

その他のフィールドは本提案の DTN 処理のフィールドである。Option はパケットが DTN で処理されるか否かの確認や優先パケットを示すフラグである。なお、DTN パケットは長時間わたって伝送され、途中でパケットが必要なくなる場合があり、Expiry Time という伝送期限が設けられ、パケットを破棄する時間を示す。最後にパケットを識別するために、Sequence ID を設けた。このプロトコルは、パケットが確実に届けられたことを確認する仕組みがあり、端末や中間ルーターはパケットを自らのストレージに保存し、目的地の確認パケットが受信するまで、パケットを一定の間隔で再送する。

#### 4. 実験構成

このプロトコルデザインの実用性を探るため、バーチャルマシンにより実験を行った。実験は機材の構成は以下の通りである。

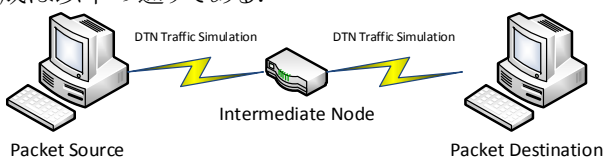


図 2 実験構成

パケット源、中間ルーター並びにパケット目的地はそれぞれバーチャルマシンを立ち上げ、バーチャルマシンを制御するハイパーバイザに提供されたネットワークインタフェースで実験を行った。本来バーチャルネットワークにはパケット損失はほとんど見当たらなかったが、実験は災害時アドホックネットワークの問題点を想定し、低帯域、長レイテンシや高パケット損失率の環境を用意することとした。この方法は、伝送帯域を制限するほか、インタフェースにパケット損失率を指定することによって実現した。なお、実験に使われた DTN ルーティング法は Epidemic[8]である。

実験の条件は帯域 32, 64, 128, 192, 1544kbps, パケット損失率 0-90%に 10%ごととパケットサイズ 500-1500 バイトに 500 バイトごとである。実験は 70 ミリ秒間隔で合わせて 500 パケットをネットワーク上に送られ、相手の応答を待つタイムアウトは 5 秒(応答がなければ再送)、パケットすべて到着するまでの所要時間とパケット損失を補うため重複したパケット数などを測った。

#### 5. 評価

今度の実験環境には低帯域かつ不安定な環境を模擬した。結果としてはすべてのパケットが目的地に届けられた。

図 3 には帯域は 32kbps 時における伝送所要時間を示した。極端な場合パケット損失率は 90%になると 5 時間前後かかるが、パケット損失率は 50%以下になると、所要時間は 30 分以下に抑えられ、合理的な時間と考えられる。一方、帯域が十分になる場合には

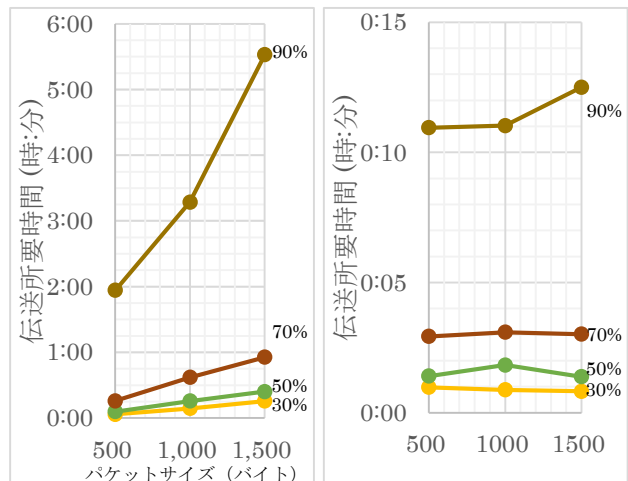


図 3 パケットサイズ別伝送所要時間 (帯域 32kbps) 図 4 パケットサイズ別伝送所要時間 (帯域 1544kbps)

図 4 の 1544kbps のように、パケット損失率は 90% の場合でも所要時間は 15 分以下に抑えられた。なお、帯域による影響がほぼなくなり、実験時による誤差が著しくなり、結果に大きく影響された。

#### 6. まとめ

実験の結果を示したのは多少時間かけても、ネットワーク状況に関わらず全データが到着し、プロトコル実現の可能性を示された。

今後の課題として、災害メッシュアドホックネットワークを構築するために、プロトコルに機能追加やアドレス自動生成とルーティング方法の検討や通信機材で実証実験を行うことである。

#### 参考文献

- [1] 呉銘基, 松本充司, “避難所間災害情報システム構成の一提案,” 2012 電子情報通信学会総合大会, 通信講演論文集, 一般セッション B-20-20, pp. 688, Mar. 2012.
- [2] 呉銘基, 松本充司, “避難所間災害時アドホックネットワークの一考案,” 2012 画像電子学会年次大会, 学生セッション, Jun. 2012
- [3] Ochiai, H., K. Shimotada, and H. Esaki. IP over DTN: Large-delay asynchronous packet delivery in the Interent in Ultra Modern Telecommunications & Workshops, 2009. ICUMT '09. International Conference on. 2009.
- [4] Tsao, P. and N. Sam. BPTAP: A new approach toward IP over DTN. In Aerospace Conference, 2012 IEEE. 2012
- [5] Scott, K. and S. Burleigh. Bundle Protocol Specification. RFC5050, 2007
- [6] Deering, S. and R. Hinden. Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. RFC2460, 1998
- [7] Krishnan, S. et al. A Uniform Format for IPv6 Extension Headers. RFC6564, 2012.
- [8] Vahdat, A. and D. Becker. Epidemic routing for partially connected ad-hoc networks. Duke University Technical Report, 2000. CS-200006.