

災害現場における情報共有システムへのIPv6の導入と評価

Implementation and Evaluation of Information Sharing System with IPv6 in Disaster Scene

上東 朋寛 村田 正 中村 奉夫 植村 渉

Tomohiro JOTO Masashi MURATA Tomoo NAKAMURA Wataru UEMURA

龍谷大学理工学研究科電子情報学専攻

Department of Electronics and Informatics, Ryukoku University

Email:joto@vega.elec.ryukoku.ac.jp

Abstract

災害現場において多くの命を救うためには素早い情報共有は重要である。本研究では、アドホックネットワークを用いた情報共有システムに着目する。アドホックネットワークとは基地局を用いないネットワークである。このネットワーク形態をIPv4からIPv6へ変更することで、効率の良い情報共有を目指す。IPv6の機能を実装するためにLinuxの一つであるUbuntuに注目する。Ubuntuは、Linuxベースの無償で提供されているOSで、市販されているノートPCやデスクトップマシンだけでなく、Sharp製のNetWalkerなどの低スペックな小型端末などでも動作し、さらに必要な機能だけを選んでカーネルを再構築することができるという点で他のOSよりも利点がある。IPv6にはRFC2461で規定されている近隣探索というプロトコルがある。このプロトコルでは近隣到達不能検出という機能を提供している。これは近隣端末にパケットを送信したときに到達可能か不可能かを監視する機能である。この機能の効果を評価するためIPv6を情報共有システムに導入した。

1 はじめに

東日本大震災のような大規模災害やJR 尼崎脱線事故のような突発的な事故において、傷病者の重症度に応じて治療・処置の優先度を定めるトリアージという手法がある。この方法は、医師が紙媒体のトリアージタグに傷病者の情報、日時、症状、優先度を記入し、傷病者に付け、その情報を元に救助隊の対応を決める。実際の現場では、紙媒体のため隊員間の情報共有が困難という問題があり、隊員間での情報共有ネットワーク構築が重要となる[1]。既存の携帯電話の基地局やインターネットなどの通信インフラ

は、災害の影響により機能がダウンして使用できず、ネットワークの構築に時間がかかる可能性がある。そのため基地局を用いないアドホックネットワークを用いた情報共有システムの研究が行われている[2]。しかし、基地局を使わない端末のみで構築するアドホックネットワークでは、端末が頻繁に移動するため端末間の通信ができなくなるリンク切れが起きる。そのとき、リンク切れをリアルタイムに知ることができないので、情報共有システムで使用されているネットワーク形態にIPv6(Internet Protocol version 6)を導入することでリンク切れを検出する。IPv4では同じリンク内にいる近隣端末と通信可能かどうか判断ができなかったが、IPv6では近隣到達不能検出(NUD:Neighbor Unreachability Detection)という近隣端末が到達可能か不可能か判断を行う機能がある。

本研究では、IPv6をトリアージ情報共有システム[4]に導入し、近隣到達不能検出の効果の評価を行う。

2 アドホックネットワークを用いた情報共有システム

ここでは、本研究室で構築している情報共有システム[2]について紹介する。

このシステムはアドホックネットワークという基地局を用いない無線端末のみで構築する技術を利用している。既存のインフラを必要とせず移動端末のみでネットワークが構築できるため緊急災害時の救助活動[2][4]や車々間通信[5]などへの利用が期待されている。このネットワークでは端末が頻繁に移動するため情報を転送する経路を決めるルーティングプロトコルが重要である。特に、無線によるネットワークであるため、有線と異なりリンクの切断をリアルタイムに知ることができない。そこで、常にルーティング情報を交換しあうことでリンクの切断を見つけるプロアクティブな方法がある[6]。プロアクティブなルーティングプロトコルは定期的にルーティング情報を送信しているためルーティングテーブルが更新されるま

で、リンク切れを検出できない問題がある。そのため[2]ではその時に端末が保持する情報(トリアージ情報や位置情報など)も同時に配信することで、効率的な情報の送受信とルーティングテーブルの更新を行っている。具体的には端末は、配信したい情報に情報元配信元 ID と情報転送元 ID を付加して周りの端末にブロードキャストで配信する。その情報を受信した端末は配信されたパケットが新しいパケットと判断したら、端末が持つルーティングテーブルを更新し、さらに周りの端末に情報と同時に ID 情報の配信を行い、受信した端末は同じことを繰り返す。端末から任意のある端末に情報を送信するとき、間の各端末は保持するルーティングテーブルに従って、1 つ手前の端末へパケットを TCP で送信し、パケツリレー方式で目的の端末に情報を送信する。ネットワーク層とアプリケーション層で独立していたやりとりが、この構築方法によりルート構築の際に一度にできるので効率的な情報共有ができる。しかし、リンク切れを検出できない問題は解決されていない。

3 IPv6

ここでは、IPv6 の特徴[3]を紹介する。

3.1 IPv6 の概要

IPv6 とは、インターネット上の住所を示すのに利用されている IP(Internet Protocol) アドレスの新しいバージョンである。現在もっとも普及しているのは IPv4 である。しかし、インターネット利用人口の増加に伴い、2011 年 2 月 3 日、アドレス資源をグローバルに管理する IANA(Internet Assigned Numbers Authority) において新規に割り振りできる IPv4 アドレスが無くなり、IPv6 への移行が重要視されている。

IPv6 は IPv4 の発展形で主要な変更点は次のとおりである。

広くなった IP アドレス空間

32 ビットから 128 ビットへ拡張され、表記が 10 進数から 16 進数表記になった。

アドレスの自動設定

IPv6 では一般に、128 ビットの IP アドレスを、そのネットワークを示すプレフィックスと、各端末を示すインターフェイス ID の 2 つに分けて扱う。このうち、IPv6 ルーターがプレフィックスを通知し、端末がインターフェイス ID を生成して両者を組み合わせることで IP アドレスを生成する。これをステートレスアドレス自動生成という。一方、サーバから情報を取得するステートフルアドレス自動生成と呼ばれる機能も DHCPv6 として提案されている。

ヘッダ構造の簡略化

IPv4 に比べるとヘッダサイズ自体は、20 バイトから 40 バイトに増えているが、ヘッダに含まれるフィールド数は 12 個から 8 個に減っている。フィールド数が減っているため、ルータやスイッチで IPv6 パケットを転送するときに要する処理負荷を小さくすることができる。

オプションおよび拡張のサポートの拡大

IPv4 ではオプションがメインのヘッダに組み込まれているが、IPv6 では必要なときのみ挿入される。

3.2 近隣探索

IPv6 の機能の 1 つに近隣探索[7]という機能がある。この機能は、IPv4 の機能における ARP(Address Resolution Protocol: アドレス解決プロトコル)、ICMP ルータの検索、ICMP リダイレクトの機能が含まれている。IPv4 では近隣端末と通信可能かどうか知ることができなかったが、近隣探索プロトコルには近隣到達不能検出できるようになった。この近隣到達不能検出は IP 層が最近その近隣端末に送信したパケットに対する確認を受信しているならば、到達可能と考える。この確認には近隣広告の受信、または上位層の接続成功の 2 種類がある。上位層の接続の場合、近隣端末への到達可能性は、TCP の応答確認(acknowledgment)を受信することで判断される。IPv6 端末は下に記す目的のために近隣探索を用いる。

この近隣探索の主な目的は次のとおりである

- IPv6 アドレスの自動設定
- IP アドレス重複の検出
- パケット転送が可能な近隣ルータの発見
- 近隣端末が到達可能か不可能かを監視

上記の処理を行うために近隣探索プロトコルには 5 つの ICMPv6 情報メッセージで構成されている。ルータ要請とルータ広告メッセージ、近隣要請と近隣広告メッセージ、そして ICMP リダイレクトメッセージである。ICMP とは(Internet Control Message Protocol) ネットワークに関する情報メッセージを送信するプロトコルである。IPv6 では ICMPv6 と呼ぶ。5 つの ICMPv6 メッセージについては Table 1 に示す。

3.3 近隣要請/近隣広告

近隣到達不能検出の機能には近隣要請(NS:Neighbor Solicitation)と近隣広告(NA:Neighbor Advertisement)というメッセージがある。近隣要請メッセージは宛先アドレスをユニキャストアドレスに指定して、近隣探索の検出

を行う。このメッセージに対する応答メッセージに近隣広告メッセージを用いる。これによって、IPv6 では近隣端末の検出を IP 層のみで行える。

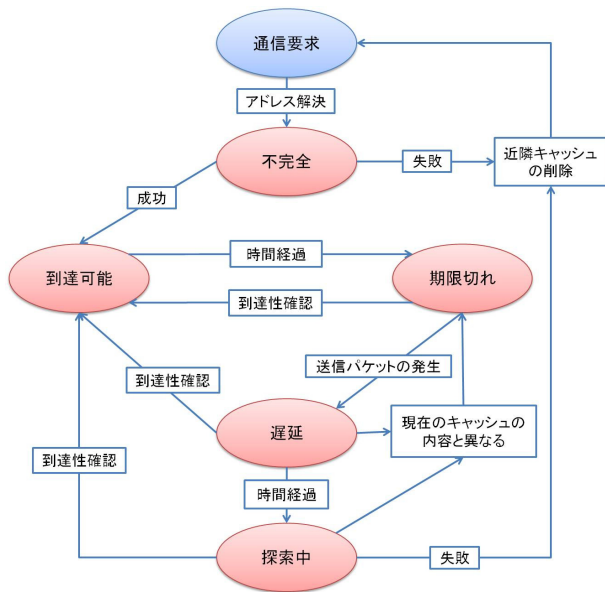


Figure 1: 状態遷移図

3.4 近隣キャッシュ(NC:Neighbor Cache)

近隣キャッシュは、IPv6 の各種の情報を格納したテーブルの1つである。これには最近パケットを送信した近隣端末のアドレスがリストで管理している。これは IPv4 の ARP キャッシュに相当する。これ以外にも近隣端末が到達可能か否か、次に近隣到達性検出を発行する時間などの情報が含まれている。さらに近隣キャッシュの各エントリは、5つの状態のうち1つの状態をとる。5つの状態を Table2 に、その状態遷移図を Figure1 に示す。

4 提案する情報共有システム

2章で述べたアドホックネットワークを用いた情報共有システムに IPv6 を導入することで、任意の端末に情報を配信するときに近隣到達不能検出によりリンク切れ検出をネットワーク層で行う。これにより、端末がリンク切れで使用できなくなった場合、エラー検出や再リンクが適切に行われ、より効率の良い情報共有システムが可能だと考える。

次に、提案する情報共有システムを用いたアプリケーションについて述べる。大規模災害や突発的な事故で多数の傷病者が発生したときに、医療機器が不足する。このような制約された環境で多くの傷病者を救助するために、重症度に応じて治療・処置の優先度を定める手法をトリアージという。紙媒体のトリアージタグを傷病者に付けて優先度(赤:最優先治療群,黄:非緊急治療群,緑:軽処置群,黒:不処置群)を決める。この優先度に応じて、搬送

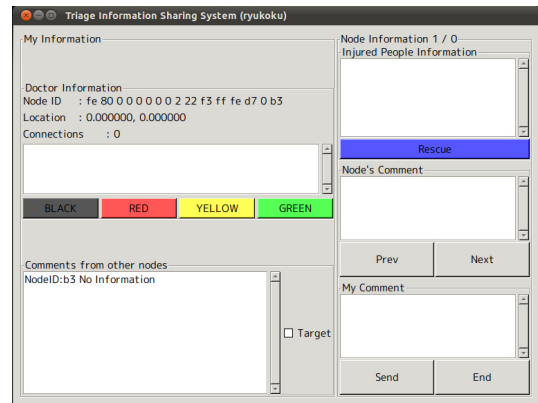


Figure 2: トリアージシステム

や治療が行われる。また重症度は、時間経過とともに変化するのでトリアージは一度きりではなく、搬送先などで繰り返し実施される。しかし、紙媒体のトリアージタグだけでは傷病者の優先度や位置を管理するのが難しく、隊員間での情報共有もタグそのものを目視しないといけなため時間がかかる問題がある。そこで提案する情報共有システムを用いることで医療従事者と救助隊間で患者の情報共有が容易になり、救急隊は、患者の情報をもとに効率良く搬送を行うことができる。Figure2に構築したアプリケーションの画面を示す。

5 おわりに

本研究では、情報共有システムに IPv6 を導入することでリンク切れ問題に対する解決方法を提案した。従来の情報共有システムはネットワーク層で近隣到達検出できなかった。それに対して IPv6 を導入することで近隣到達検出が可能となった

今後は、実環境での実験で評価を行い、近隣到達検出を効率良く行いリンク切れ問題を解決する。

参考文献

- [1] 山本 五十年, “ 救急現場学へのアプローチ ”, 永井書店, p.188, 2008.
- [2] 植村 涉, 村田 正, “ A Proposal of Information Sharing System in Ad-Hoc Network ”, JSAI Technical Report, SIG-Challenge-B001-8
- [3] Silvia Hagen, 市原 英也, 豊沢 聡, “ IPv6 Essentials, 2nd Edition ”, O'REILLY, pp.90-106
- [4] 宮松 秀臣, 植村 涉, 村田 正, “ Proposal of an Ad-Hoc Network System Sharing Triage Information at a Disaster Scene . In 2010 IEICE Information Theory Conference (IEICE Technical Meeting) ”, pp. 39-42, (IT2009-58), (2010).

Table 1: ICMPv6 情報メッセージ (近隣探索)

メッセージ種別番号	メッセージ種別	説明
133	ルータ要請	近隣探索と自動設定機能に使用 (RFC2461)
134	ルータ広告	
135	近隣要請	
136	近隣広告	
137	リダイレクトメッセージ	

Table 2: 近隣キャッシュの状態

状態	意味
INCOMPLETE(不完全)	アドレス解決を実行中で、その応答がまだ得られていないかタイムアウト待ちの状態
REACHABLE(到達可能)	該当する近隣端末は到達可能な状態にある
STALE(期限切れ)	転送パスが正常に動作しているとの最後の確認応答を受信してから、到達可能時間 (ReachableTime) を超えた時間が経過している状態
DELAY(遅延)	近隣端末への到達可能時間を超える時間が経過し、かつパケットが DELAY_FIRST_PROBE_TIME 秒以内に送信された状態
PROBE(探索中)	再送タイマー (RetransTimer) ごとに近隣要請メッセージを送信することにより、到達性確認の処理が能動的に行われている状態

- [5] 間瀬 憲一, “ Inter-Vehivle Communications and Mobile Ad Hoc Networks ”, 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J89-B No.6 pp.824-835
- [6] P. Jacquet, “ Optimized Link State Routing Protocol ”, RFC 3626, 2003
- [7] E. Nordmark, “ Neighbor Discovery for IP Version 6 ”, RFC 2461, 1998