

Raspberry Pi を用いた蓄積伝送型通信システムとアプリケーションの実装

金村 和哉[†] 横山 輝明[‡]
 神戸情報大学院大学[†] 神戸情報大学院大学[‡]

1. はじめに

現在被災地等での利用が期待されている DTN (Delay Tolerant Networking)がある[1]. DTN は蓄積・移動・伝送を繰り返すことで、遅延や回線途絶を吸収する. この方式を蓄積伝送方式と呼ぶ. しかし, DTN は仕様が決まっているものの, 実装例が少なく実環境上での検証や利用ができない. そのため, 実装形態が軽視されているように見える. そこで, 本研究では明らかにされていない実装形態をまとめ, 通信基盤として動作する蓄積伝送型通信システムを設計, 実装する. さらに, その上でアプリケーションを実装し, 通信基盤の有効性を検証する.

2. 蓄積伝送型通信基盤の設計と実装

通信基盤設計では, ①通信リンク[2], ②近隣探索, ③動作端末の 3 要素を考慮しなければならない. ①通信リンク: 端末間が直接通信できる Wi-Fi Ad-hoc を利用する. ②近隣探索: 近隣探索機能を持ち, リンクローカルアドレスの自動付与が可能な IPv6 を利用する. ③動作端末: 小型で安価な RPi (Raspberry Pi) を利用する.

以下の図 1 は実際に使用した RPi, USB Wi-Fi アダプタ, モバイルバッテリーである.



図 1. 利用機器の構成

DRAM が 512MB, USB2.0 が二つ装着されており, 他のモデルに比べ高性能な RPi Model B を使用した.

A report of an implementation of communication system based on Store-Carry-Forward mechanism with Raspberry Pi.
 Kazuya Kanemura[†] Teruaki Yokoyama[‡]
 Kobe Institute of Computing; Graduate School of Information Technology

寸法はおよそ 85mm * 56mm, 価格は\$ 35 と非常に小型かつ安価である. 電源は 700mA で動作する. また, SD カードを挿入し, 起動およびストレージとして利用できる. この RPi に対して, 802.11 b/g/n を利用可能な Planex LAN-W150NU2 USB アダプタを装着した. RPi への電源供給は持ち運び可能で, Micro USB によって行うため, Anker Astro M3 13000mAh モバイルバッテリーを用いた.

ルーティング方式は, 発見した他端末全てに保持データを伝播する Epidemic Routing[1]を採用した. 以下の図 2 はこの機構を実現するためのシーケンス図である. 各端末は近隣探索モジュールにより, 定期的に他端末に対して ICMPv6 Multicast Echo Request を送信する. 次に最も応答の速い端末に対して, ファイルリストを要求する. 取得したファイルリストと保持しているファイルリストの差分を取り, ファイル本体を要求する.

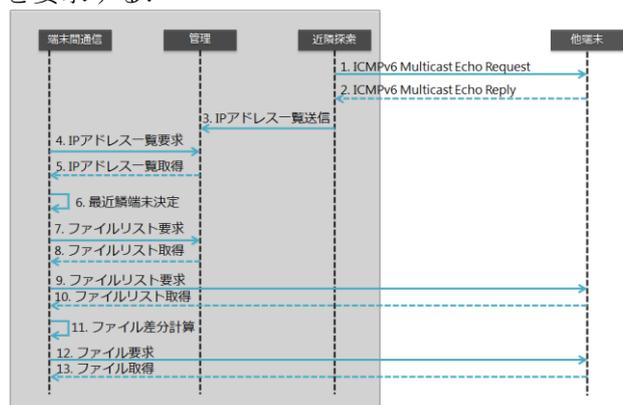


図 2. Epidemic Routing のシーケンス図

3. RESTful API とアプリケーション

通信基盤に RESTful API を実装した. 開発者はこの API を利用することで, 通信基盤上で動作する様々なアプリケーションを実装できる. API は, JSON 形式でデータをやり取りするため, 汎用性に優れる. この API を利用する際は, データにタグを付けなければならない. タグとは, 宛先や, データを分類するための文字列である. タグは 128Byte 以下で構成され, アプリケーシ

ョン利用者が送信したいデータに適切なタグを指定する。アプリケーションが通信基盤端末に、データとタグ情報を記した JSON データを送信すると、蓄積運搬伝送によって他端末にデータが伝播される。データを受信する場合は、タグを指定することで、必要なデータ群のみを通信基盤端末から取り出すことが可能である。

この API を利用し、テキスト・画像を送受信する Web アプリケーションを実装した。以下の図 3 はアプリケーションを実行した結果である。画面中央は受信したテキストと画像が表示されている。画面下部のフォームでテキスト、タグ、画像を入力でき、送信ボタンを押すことによって JSON 形式で通信基盤端末に送信する。



図 3. 実装した Web アプリケーション

4. 蓄積伝送型通信システム検証

本システムの有効性を探るため、2 端末間スループット測定、すれ違い実験、画像伝送アプリケーションによる伝送実験を行った。

2 端末間のスループットは以下の図 4 のようになった。1m 地点で 9.43Mbps の値を示し、そこから 5m 離れるごとにスループットは線形に減少した。15m 地点でスループットが 1.5Mbps になり、20m 以降は計測できなかった。この結果から、実際の利用シーンでは、1m から 10m の範囲が実用的距離であることがわかる。

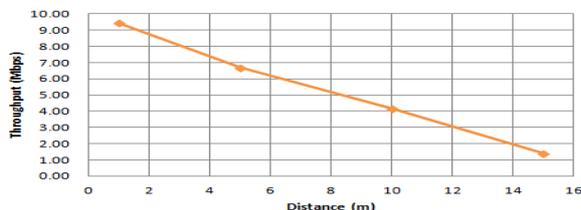


図 4. 距離に応じたスループット

すれ違い実験では、徒歩による移動ですれ違った場合のデータ交換開始距離と、交換できたデータ量について測定した。1 台の RPi を固定設置し、さらにもう 1 台の RPi を実験者が身につける。実験者は固定端末に向かって直進し、固定端末の傍を通り抜け、そのまま直進する。結果は次のようになった。歩き始め、固定端末ま

で 11m 付近に近づくと、データ交換が開始された。そのまま直進し、すれ違ってから 3m 通り過ぎるとデータ交換できなくなった。この間に伝送できたデータ量は 562KB だった。

画像伝送実験では、2 台の PC A, B と本システムを有する 3 台の RPi を用いて行った。この内 2 台の端末は拠点固定型 RPi α , γ とし、残りの 1 台は移動端末 RPi β とした。 α と γ はおよそ 25m 離れており直接通信できない。実験結果が以下の図 5 になる。PC A がブラウザ上から α に画像を POST した時間を基準とし、動作開始時刻、括弧内が動作を終えるのに要した時間となる。 β は 208ms に α を発見し、ファイルリストを交換した。その後、画像伝送し、 β に画像が蓄えられた。 β は移動端末であるため、 γ を見つけるまで物理的に移動した。この時の所要時間は 28080ms だった。 γ は 28573ms に β を発見し、28660ms に画像を受信した。PC B から手動で γ の画像伝送アプリケーションへアクセスし、46769ms に画像をブラウザ上へ表示できた。

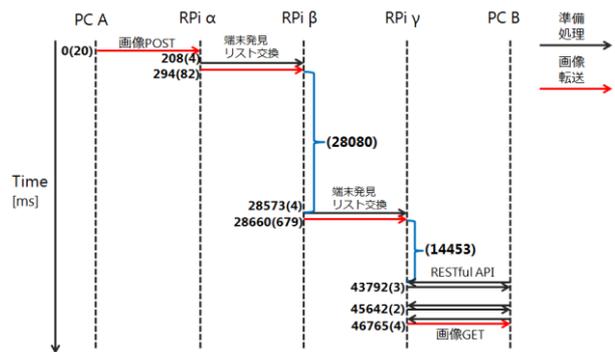


図 5. 画像伝送実験タイムライン

5. まとめ

本研究では、蓄積伝送型通信システムに必要な通信リンク、近隣探索、動作端末などの実装形態について明らかにし、通信基盤として動作するよう実装した。また、システム上で動作する画像伝送アプリケーションを実装し、実験することで長遅延が発生するものの、きちんと伝送できることがわかった。今後の課題として、より高速な通信リンクの利用、より効率的なルーティング方式の実装・実環境での検証が考えられる。さらに、これから迎える IoT 時代におけるデータ収集を本システムによって行えるか検証する必要があるだろう。

参考文献

- [1] V. Cerf, S. Burleigh, A. Hooke, L. Torgerson, R. Durst, K. Scott, K. Fall, and H. Weiss, "Delay-tolerant network architecture", IETF RFC 4838, April. 2007.
- [2] K. Shimotada, H. Esaki, "Evaluation and Improvement of Potential-based DTN Routing System", UTokyo Repository, Mar. 2010.