

〈一般研究課題〉 遅延耐性ネットワークを活用する
災害時情報交換システムの設計と開発
助成研究者 愛知工業大学 内藤 克浩



遅延耐性ネットワークを活用する 災害時情報交換システムの設計と開発

内藤 克浩
(愛知工業大学)

Design and Implementation of an information exchange system based on delay tolerant networks for disaster recovery

Katsuhiro Naito
(Aichi Institute of Technology)

Abstract :

Information sharing mechanisms in a disaster recovery phase are important for victims to contact family members, friends, etc. This research proposes a wide area information sharing system based on delay tolerant networks for smartphones. The proposed system consists of gateway modules, mobile modules, and smartphone application. The gateway modules and mobile modules can construct a delay tolerant network to share information among the gateway modules. The smartphone application pushes message data to the nearest gateway module that is installed in a shelter. Since public vehicles install a mobile module, the relay module can collect the message data from the gateway modules and convey the message data to another gateway module. Additionally, the gateway module can push the message data to the smartphone application by the Bluetooth Low Energy (BLE) based beacon technology. We have implemented a prototype that provides a message exchange service based on a mobile phone number. The prototype system uses Raspberry Pi 3 as the gateway modules and relay modules. The mobile modules are implemented as a special application for iOS. The evaluation results demonstrate that the proposed system can server the end-to-end message delivery service.

1. はじめに

携帯電話システムの普及に伴い、個人間の情報交換手段として、様々なスマートフォンアプリケーションが活用されている[1,2]。また、携帯電話事業者は、コアネットワークの多重化などを進めており、災害時にも継続的なサービスへの努力を続けている。一方、大規模災害時には、コアネットワークと無線基地局間の回線が切断されるなど、様々なエリアでのサービス停止が発生していたことが明らかになりつつある。時に、大規模災害時には、多くの住民が避難所などに長期間避難することが予想される一方で、インフラの短期間での復旧は容易ではなく、長期間携帯電話システムを活用できなくなることも想定される[3,4]。大規模災害時には、各住民は近隣の避難所に避難せざるを得ないこともあり、家族や友人が異なる避難所に避難したことにより、互いの安全を確認するのも困難になると考えられる。

本研究では、避難所に設置されるゲートウェイモジュールと行政車両に搭載されるモバイルモジュールが連携することにより、広域の遅延耐性ネットワークを構築する。また、住民のスマートフォン上にインストールされるアプリケーションがゲートウェイモジュールと連携することにより、被災者の個人間のメッセージ交換を実現する。そして、遅延耐性ネットワークを活用することにより、離れたゲートウェイモジュール間のメッセージ同期を実現することにより、遠方の避難所に避難した家族や友人にもメッセージを配送するシステムを提案する。提案システムの有効性を確認するため、Apple社のiOS用のスマートフォンアプリケーションを開発するとともに、Linuxマイコンボードを利用してゲートウェイモジュールとモバイルモジュールを開発した。開発したプロトタイプシステムを用いることにより、広域に分散されている避難所に避難している住民間の情報交換が実現可能であることを確認した。

2. 提案システム

図1は提案する遅延耐性ネットワークを活用する災害時情報交換システムの概要を示す。提案システムでは、各避難所にゲートウェイモジュールを設置し、避難所間を巡回する行政車両にはゲートウェイモジュール間のデータ交換を担うモバイルモジュールを設置するものとする。また、住民などのスマートフォンには、市政情報などを配信するアプリに提案手法を実装することにより、予めアプリケーションがインストールされているものとする。

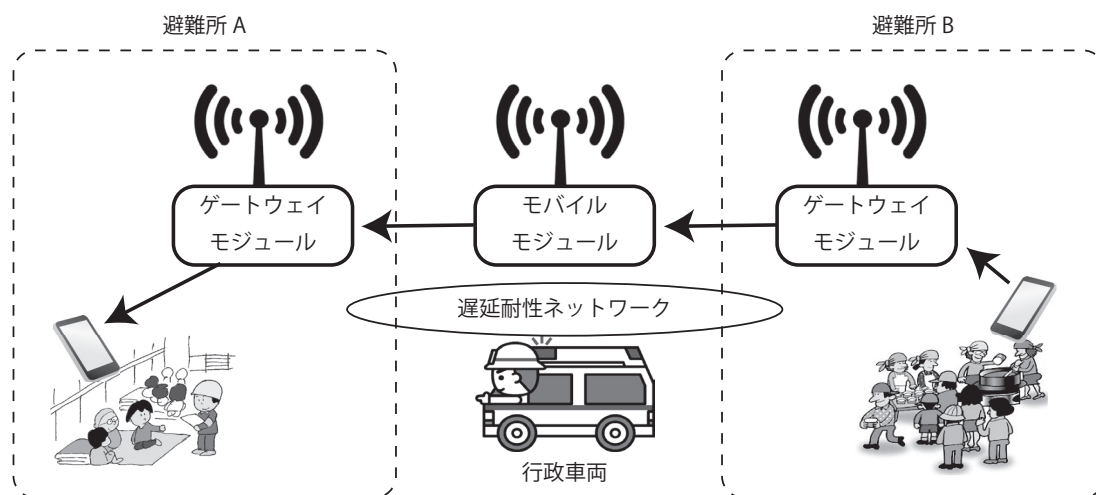


図1 遅延耐性ネットワークを活用する災害時情報交換システム

2.1 Bluetooth Low Energy

スマートフォンが搭載している通信方式は限定されており、多くの場合、携帯電話システム用モジュール・無線LANモジュール・Bluetoothモジュールに限られる。また、情報の送受信を想定した場合、受信待ち受けに関する省電力性は実用上重要な要素となる。さらに、iOSなどのスマートフォンOSでは、アプリケーションは自動的に停止することにより、余計な電力消費を防ぐ仕組みが実装されている。そのため、所望のアプリケーションをゲートウェイモジュールから呼び出す技術も必要となる。本研究では、所望のアプリケーションを稼働させるために、BLEを用いたビーコン技術を活用する。また、ゲートウェイモジュールとスマートフォン間では少量の通信を想定することから、省電力性が高いBLEのデータ交換技術を利用する。

BLEは既存のBluetoothとは互換性がない通信方式であるが、省電力性を高めるとともに、柔軟な通信を実現する規格である。BLEでは、ビーコン技術などで利用されるブロードキャスト型とデータ交換などで利用される接続型が定義されている。ビーコン技術は様々な規格が提案されているが、スマートフォンとの連携を想定した場合には、スマートフォンOSが検出可能であることが重要である。そこで、本研究ではApple社が提案したiBeaconを、アプリケーションを起動させるビーコン技術として利用する。なお、BLEのデータ交換では、Generic Attribute Profile(GATT)と呼ばれる柔軟性が高いプロファイルが定義されているため、GATT上に提案方式のデータ交換フォーマットを定義することにより、情報交換を行う。

2.2 スマートフォンとゲートウェイモジュール間の通信方式

図2にスマートフォンからゲートウェイモジュールにデータを送信する手順を示す。メッセージ送信時には、ユーザーはスマートフォンを操作することが想定されるため、スマートフォン上のアプリケーションはフォアグラウンド動作をしている。そのため、自身が送信を希望するメッセージを持つことを通知するため、ゲートウェイモジュールに向けてBLE Advertisingを送信する。送信されたBLE Advertisingを受信したゲートウェイモジュールは、BLEのGATTを用いた通信を試み、メッセージデータを読み出す。また、メッセージデータ読み込み後は、BLEの接続を解除するとともに、メッセージデータをデータベースに追記する。

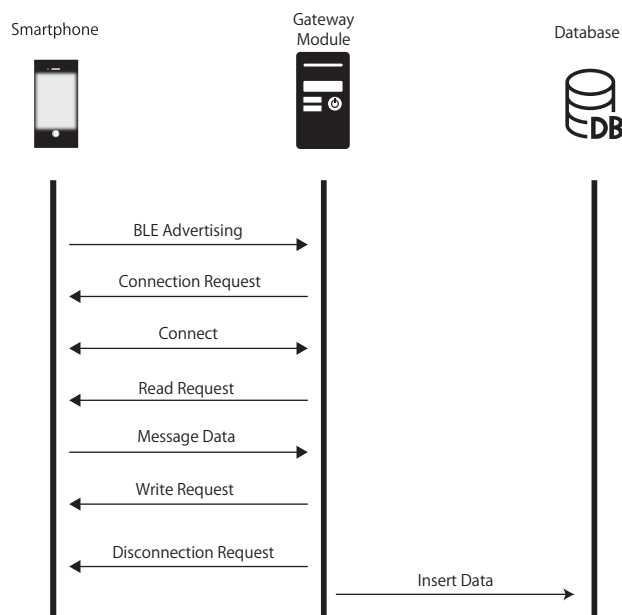


図2 スマートフォンからゲートウェイモジュールへのデータ送信手順

図3にゲートウェイモジュールからスマートフォンにデータを送信する手順を示す。スマートフォンは省電力性能が重要となるため、メッセージの送信先であるアプリケーションは、多くの場合サスペンド状態にされており、BLEのGATTを用いた通信を行うことができない。また、メッ

セージがゲートウェイモジュールに到着しているのかわからない状況において、ユーザがアプリケーション操作をする可能性は低いことから、自動的なメッセージ配信を実現する必要がある。提案方式では、ゲートウェイモジュールがビーコン技術を用いてスマートフォン上のアプリケーションをリモート起動する。また、起動したアプリケーションとBLEのGATTを用いた通信を行うことにより、ゲートウェイモジュールが持つメッセージデータをスマートフォンに自動的に配送する。提案方式を利用することにより、所望のスマートフォンを個別に呼び出すことが可能になる。

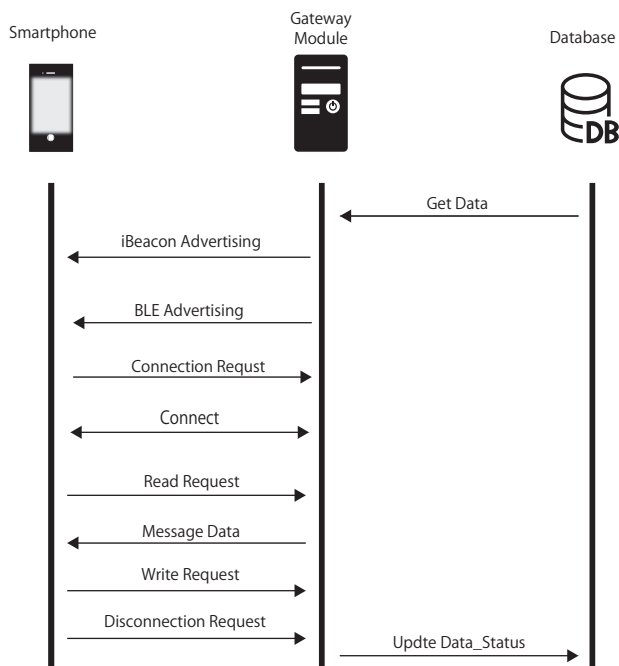


図3 ゲートウェイモジュールからスマートフォンへのデータ送信手順

2.3ゲートウェイモジュールとモバイルモジュール間の通信方式

図4にゲートウェイモジュールとモバイルモジュール間のデータ交換手順を示す。ゲートウェイモジュールには、多数のユーザーからのメッセージが保管されている。また、モバイルモジュールは、行政業務などに伴いゲートウェイモジュール近郊に移動するだけのため、短時間でデータ交換を実現する必要がある。そこで、ゲートウェイモジュールとモバイルモジュール間のデータ交換では、高速通信が可能なWiFiを利用する。

ゲートウェイモジュールの近隣に移動したモバイルモジュールは近隣のWiFiシグナルをスキャンすることにより、ゲートウェイモジュールとのWiFi接続を確立する。

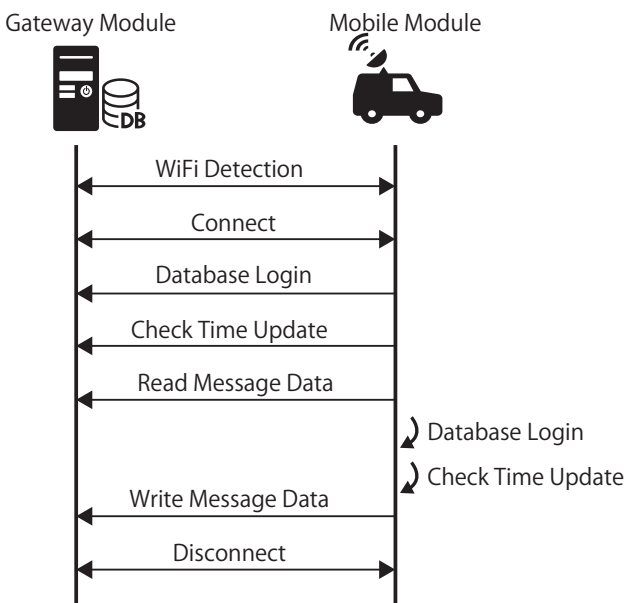


図4 ゲートウェイモジュールとモバイルモジュール間のデータ交換手順

提案方式では、WiFiデバイス間の直接通信を想定したアドホックモードを利用した接続を行う。その後、モバイルモジュールはゲートウェイモジュールのデータベースサーバーに接続することにより、自身のモバイルモジュールに対する最新の更新履歴を確認する。次に、更新履歴以降にアップロードされたゲートウェイモジュール内のメッセージデータの転送を行う。メッセージデータ転送後には、ゲートウェイモジュール内の更新履歴を更新したのち、WiFi接続を切断する。なお、メッセージデータが多数ある場合には、一定量のメッセージデータごとに、更新履歴を更新することにより、メッセージデータ転送中にモバイルモジュールが移動することへの対策を行う。

3. 実装

3.1 スマートフォンアプリケーション

本研究では、提案方式のスマートフォンアプリケーションとして、Apple社のiOS向けのプロトタイプアプリケーションを開発した。開発したアプリケーションには、メッセージの送受信機能が実装されている。また、本アプリケーションの事前設定を災害前にしている利用者数は少ないと予想されることから、本アプリケーションにおける相手先特定手段として、電話番号を採用した。各スマートフォン上のアプリケーションを呼び出すためには、電話番号に紐づくiBeaconのビーコン信号を送信することにより、特定のスマートフォンに対するメッセージ送信を実現する。結果として、本アプリケーションを用いることにより、特定の電話番号に向けたメッセージ交換を実現可能である。

3.2 ゲートウェイモジュール

ゲートウェイモジュールには、Linux OSが動作するRaspberry Piと呼ばれるマイコンボードを採用した。また、提案するBLE通信を実現するために、node.jsに含まれるNoble及びBlenoを用いた。NobleはBLEのセントラル機能を実装するために利用し、BlenoはBLEのペリフェラル機能を実装するために利用した。また、メッセージなどを保存するデータベースサーバーとして、Maria DBを採用した。

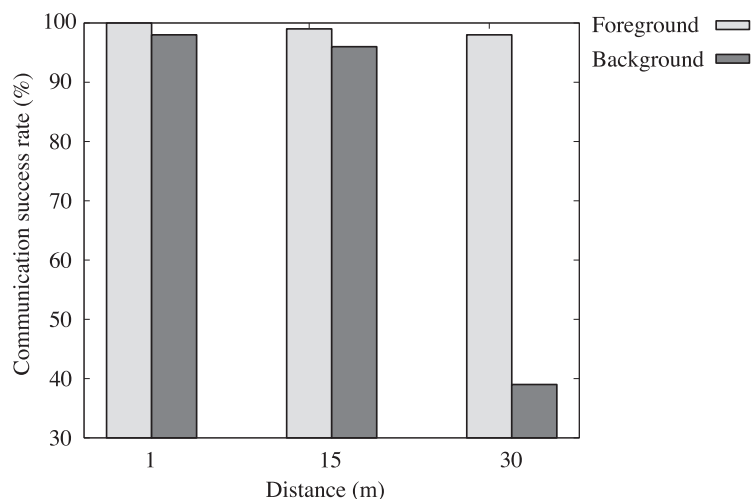


図5 通信成功率

図5にゲートウェイモジュールとスマートフォンの距離を変化させた場合の通信成功率を示す。なお、図5ではアプリケーションがフォアグラウンドで実行される場合と、バックグラウンドで実行される場合について評価した。結果より、距離が15m以内の場合には、アプリケーションの実行状態に寄らず、高い通信成功率を実現可能であることを確認した。一方、距離が30mの場合、バックグラウンド状態とフォアグラウンド状態では、通信成功率が大きく異なることも明らかとなった。これは、バックグラウンド状態では、BLEのメッセージ受信頻度が下がることから、微弱な信号となるBLEメッセージを受信できない場合が増えることにより、通信確立に失敗したと考えられる。

3.3 モバイルモジュール

モバイルモジュールにも、ゲートウェイモジュールと同様にRaspberry Piを採用した。モバイルモジュールはWiFiの通信を行うことから、Linuxの無線LAN機能を利用することにより、ゲートウェイモジュールとの通信を実現した。なお、メッセージを保管するためのデータベースサーバー

として、Maria DBを採用した。

動作確認として、モバイルモジュール近辺にゲートウェイモジュールが存在する場合、自動的に無線LANの接続を確立するとともに、ゲートウェイモジュール内のデータベースから必要なメッセージを転送可能であることを確認した。

4. まとめ

本研究では、避難所に設置されるゲートウェイモジュールと行政車両などに搭載されるモバイルモジュールが連携することにより、広域の遅延耐性ネットワークを構築した。また、各ゲートウェイモジュールと住民のスマートフォンアプリケーションが連携することにより、遅延耐性ネットワークを通じた広域の情報交換サービスを実現した。プロトタイプシステムでは、提案方式を用いたメッセージ交換サービスを開発することにより、提案方式の有効性を明らかにした。

参考文献

- [1] Bhattacharjee, S., Kanta, S., Modi, S., Paul, M. and DasBit, S.: Disaster messenger: An android based infrastructure less application for post disaster information exchange, 2016 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS), pp. 1-5 (online), DOI:10.1109/ANTS.2016.7947806 (2016).
- [2] Kongsiriwattana, W. and Gardner-Stephen, P.: Smartphone battery-life short-fall in disaster response: Quantifying the gap, 2016 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), pp. 220-225 (online), DOI:10.1109/GHTC.2016.7857284 (2016).
- [3] Karen Miranda, Antonella Molinaro, Tahiry Razafindralambo, “A survey on rapidly deployable solutions for post-disaster networks,” IEEE Communications Magazine, Vol. 54, No. 4, pp. 117-123, April 2016.
- [4] Partha Pratim Ray, Mithun Mukherjee, Lei Shu, “Internet of Things for Disaster management: State-of-the-Art and Prospects,” IEEE Access Vol. 5, pp. 18818-18835, Sept. 2017.