

## 衛星通信に対応した通信メディア切替えユニットの実装と評価

田坂 和之<sup>†</sup> 松嶋 孝明<sup>‡</sup> 福家 直樹<sup>‡</sup> 西田 知弘<sup>‡</sup> 井戸上 彰<sup>†</sup><sup>†</sup>株式会社 KDDI 研究所 <sup>‡</sup>KDDI 株式会社

## 1. まえがき

携帯電話を活用し、運搬車の走行場所や積荷の状態をセンタサーバへ収集し、効率的な運行や積荷の品質維持を実現する物流管理システムが運用されている。しかしながら、山道や海上などの一部の地域では、携帯電話によるデータ通信の継続が困難である。このような地域においてもデータ通信を継続するためには、イリジウムなどの、さらに広範囲な地域をカバーする衛星通信へ切替える必要がある。ただし、衛星の通信料金は、携帯電話の通信料金と比較して割高である。そこで、本稿では、携帯電話とイリジウム端末を相互に切替える可能な通信メディア切替えユニットを示す。また、通信経路の切替え時間などの観点から本ユニットを評価し、有効性を示す。

## 2. 想定環境

本稿での想定環境を図 1 に示す。利用者は、アプリ送受信装置を用いて運搬車の走行場所や積荷の状態を通信メディア切替えユニット(以下、切替えユニット)経由でインターネットなどの固定網上のセンタサーバへ送信する。切替えユニットは、利用者の嗜好や通信メディアで受信する電波強度に応じて使用する通信メディア(携帯電話やイリジウム端末)を決定する。例えば、図 1 では、携帯網と衛星網に接続可能であり、携帯網のエリア内では、携帯網を経由した IP 通信を行う(図 1(1))。一方、携帯網のエリア外では、アプリ送受信装置と切替えユニット間(図 1(2))ならびにイリジウムゲートウェイとセンタサーバ間(図 1(4))では IP 通信を行うが、切替えユニットとイリジウムゲートウェイ間(図 1(3))では、衛星網を経由した SBD(Short Burst Data)通信[1]を行う。なお、図 1 におけるイリジウムゲートウェイは、SBD 通信と IP 通信を相互に切替えるゲートウェイとなる。切替えユニットに実装した基本機能については後述する。

## 3. 切替えユニットの基本機能

## 3.1 機能要件

切替えユニットに実装する機能要件を以下に示す。

[要件 1] 非 IP 通信網となる、イリジウムの衛星網経由でのデータ送受信においても、アプリ送受信装置ならびにセンタサーバは、携帯網を経由した IP 通信と同じ動作でデータの送受信が可能であること。

[要件 2] 接続可能な通信網を監視し、利用者の嗜好や各通信メディアで受信する電波強度に応じて、携帯網経由での IP 通信と衛星網経由での非 IP 通信(SBD 通信)の切替えが可能であること。

[要件 3] アプリ送受信装置やセンタサーバに対して、切替えユニットで使用している通信メディアを通知可能であること。

## 3.2 衛星網経由での通信機能

要件 1 を満たすための、切替えユニットならびにイリジウムゲートウェイにおいて、IP 通信と SBD 通信を相互に変更する機能である。イリジウム端末を用いた衛星通信の手順を以下に示す。

## (1) イリジウムゲートウェイとの通信経路確立

切替えユニットは、イリジウム衛星に接続する、イリジウム端末に対して、シリアル通信により AT コマンドを送信し、電波強度により衛星通信が可能であると判定すると、衛星との通信経路を確立する。

## (2) 切替えユニットによるデータ送信

切替えユニットは、アプリ送受信装置から IP パケットを受信すると、受信パケットの IP ヘッダを削除し、IP パケット内のデータ部分のみを取得する。次に、切替えユニットは、データ部分をバイナリデータへ変換し、衛星網経由でイリジウムゲートウェイへ送信する。

## (3) イリジウムゲートウェイによるデータ送信

イリジウムゲートウェイには、イリジウム端末の識別子とデータ転送先を予め設定しておく。設定後、イリジウムゲートウェイが、切替えユニットからバイナリデー

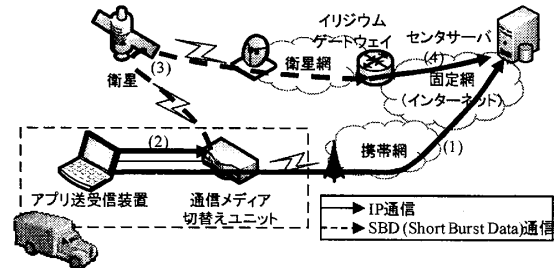


図 1: 想定環境

タを受信すると、テキストデータへ変換するとともに、イリジウム端末の識別子を用いて転送先の IP アドレスを取得し、その IP アドレスへテキストデータを転送する。(4) センタサーバによるデータ受信

センタサーバは、イリジウムゲートウェイからテキストデータを受信すると、メッセージの表示やデータベースへの格納などの処理を行う。

## 3.3 通信メディア切替え機能

要件 2 を満たすための、利用者の嗜好や通信メディアで受信する電波強度の状態に応じて使用する通信メディアを切替える機能である。処理の流れを以下に示す。

## (1) 使用可能な通信メディアの判定

切替えユニットは、イリジウム端末に対して、電波強度の受信購読を要求するメッセージを AT コマンドで送信する。イリジウム端末が、そのメッセージを許可した場合、切替えユニットに対して、電波強度を定期的に送信する。また、携帯網の電波強度に関しても携帯網へ接続するための通信メディアを監視する。切替えユニットは、データ送受信に可能な電波強度の閾値(接続閾値)を設定し、その閾値を超えると、その通信メディアを使用可能であると判定する。一方、電波強度がもう一つの電波強度の閾値(切断閾値)を下回ると、切替えユニットは、その通信メディアを使用不可として判定する。このように、二つの閾値を設定することで、電波強度のゆらぎにともなう接続・切断の繰返しにより通信が不安定になることを抑制する。

## (2) 使用通信メディアの選択

切替えユニットは、通信メディアを複数使用可能であると判定した場合、以下の処理によってデータを送受信する通信メディアを選択する。切替えユニットの利用者は、使用する通信メディアの優先順位を決定し、切替えユニットへ予め設定しておく。例えば、携帯電話の使用優先順位を高く設定しておく、切替えユニットは、携帯電話とイリジウム端末を使用可能と判定した際に、携帯電話を選択し、携帯網経由でデータを送受信する。

## (3) 通信メディアでのデータ送受信

切替えユニットが、携帯電話を選択中に、アプリ送受信装置からデータを受信すると、そのデータを IP 通信により、携帯網ならびにインターネットを経由してセンタサーバへ転送する。一方、切替えユニットが、イリジウム端末を選択中に、アプリ送受信装置からデータを受信すると、3.2 に従い、バイナリデータをイリジウムゲートウェイへ送信する。

## 3.4 通信メディア通知機能

要件 3 を満たすための、切替えユニットで選択中の通信メディアをアプリ送受信装置やセンタサーバへ通知する機能である。アプリ送受信装置は、本メッセージを受信することで、車両情報の送信タイミングを変更することが可能となる。なお、本機能では、通知するメッセージタイミングによって、本メッセージを定期メッセージとイベントメッセージの 2 種類に分類する。

定期メッセージは、アプリ送受信装置ならびにセンタ

サーバなどへ選択中の通信メディアの情報を定期的に通知するメッセージである。一方、イベントメッセージは、通信メディアの切替えなどのイベント発生時に通知するメッセージである。

#### 4. 切替えユニットの実装概要

##### 4.1 切替えユニット

切替えユニットの性能を評価するプロトタイプシステムを実装した。ハードウェアの実装概要を 4.1.1 に、ソフトウェアの実装概要を 4.1.2 に示す。

##### 4.1.1 ハードウェアの実装概要

アプリ送受信装置がネットワークの移動を意識することなく、継続的な通信を実現するモバイルルータ(CPU: 266 MHz(Geode TM), メモリ: 312MByte) [2]をベースに、切替えユニットを実装した。

具体的には、携帯電話モジュールならびにイリジウム端末を具備する切替えユニットを開発した。切替えユニットの外観を図 2 に示す。切替えユニットの本体が現在までに開発してきたモバイルルータとなる。また、USB 経由でイリジウム端末への給電を行い、イリジウム端末の制御メッセージならびにデータを送受信するため、切替えユニットとイリジウム端末をシリアルケーブルにて接続している。なお、イリジウム端末として、9601 SBD Transceiver を使用した。

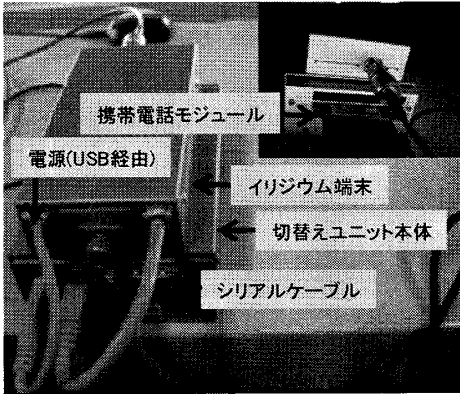


図 2: 切替えユニット外観

##### 4.1.2 ソフトウェアの実装概要

4.1.1 に示した切替えユニットのハードウェアに具備した SD カードメモリ上に以下の機能を備えるソフトウェアを実装した。また、実装したモジュール構成図を図 3 に示す。

##### (1) 衛星網経由での通信機能

切替えユニットが、アプリ送受信装置などの、切替えユニットの後位端末からデータを受信するための“proxy”モジュール、ならびにデータの IP ヘッダの削除ならびにバイナリデータ変換を行う“mifiridium”モジュールを実装した。“mifiridium”モジュールは、イリジウム端末の制御、イリジウム端末とのデータ送受信ならびに“mediasid”モジュールへの状態通知を行う。また、携帯電話モジュールを介したダイヤルアップ接続の制御、データの送受信ならびに“mediasid”モジュールへの状態通知を行う“mifppp”モジュールを実装した。

##### (2) 通信メディア切替え機能

“mifppp”モジュールならびに“mifiridium”モジュールから電波強度を定期的に受信するとともに、電波強度や使用優先順位に応じて、ルーティングテーブルを変更することにより、データの送受信先を変更する。“mediasid”モジュールを実装した。

##### (3) 通信メディア通知機能

“mediasid”モジュールから各通信メディアの状態を受信し、通信メディア通知メッセージを送信する機能を“proxy”モジュールへ実装した。具体的には、通信メディア通知メッセージの送信先(例えば、アプリ送受信装置やセンタサーバ)を切替えユニット内の設定ファイルに保存し、切替えユニットが、その設定内容を基に、通信メッセージを UDP で送信するように実装した。

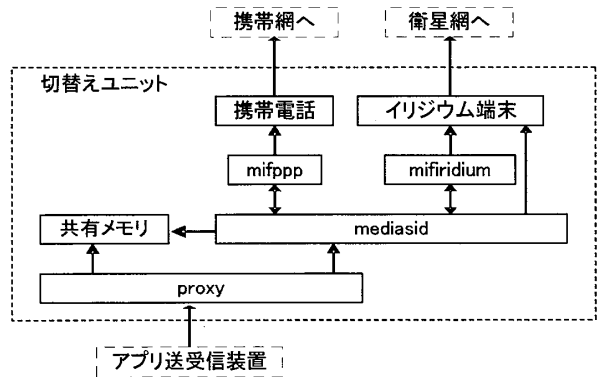


図 3: モジュール構成図

#### 5. 切替えユニットの性能評価

##### 5.1 実験概要

##### 5.1.1 実験環境

アプリ送受信装置へ GPS を具備し、GPS から取得した位置情報ならびに取得時刻情報を車両情報メッセージとして、UDP によりセンタサーバへ送信する。本メッセージを、メッセージタイプ(8byte)、パディング情報(8byte)、メッセージ長(16byte)、データ部分(27byte)で構成した。

##### 5.1.2 実験内容

実装した切替えユニットの性能を評価するための評価項目を以下に示す。

##### 性能評価項目 1: データ到達遅延

切替えユニットが携帯網ならびに衛星網へそれぞれ接続した場合において、アプリ送受信装置で取得した位置情報ならびに取得時刻情報をセンタサーバへ送信してから、それらの情報をセンタサーバで受信するまでの時間(データ到達遅延)を測定する。

##### 性能評価項目 2: 経路切替え時間

切替えユニットがデータを送信する通信網を携帯網から衛星網ならびに衛星網から携帯網へ経路を切替えた場合における切替え時間を測定する。

##### 性能評価項目 3: データ通知時間

切替えユニットが通信メディアを選択してからアプリ送受信装置で通信メディアの通知メッセージを受信するまでの時間を測定する。

##### 5.2 性能評価

5.1 に示した実験内容における性能評価を以下に示す。

##### 測定結果 1: データ到達遅延

衛星網を経由した場合のデータ到達遅延は、約 15,511ms であり、携帯網を経由した場合のデータ到達遅延は、約 1,503ms であった。

##### 測定結果 2: 経路切替え時間

携帯網から衛星網への切替え時間は、約 40ms であり、衛星網から携帯網への切替え時間は、約 30ms であった。

##### 測定結果 3: データ通知時間

データ通知時間は、約 30ms であった。

以上の結果から、切替えユニットは、通信メディアの電波状況に応じて約 30~40ms で接続網(携帯網と衛星網)を切替え可能であり、アプリ送受信装置とセンタサーバ間のデータ送受信に影響を与えることなく、継続したデータ送受信を提供可能であることを確認した。

##### 6. まとめ

本稿では、アプリ送受信装置などの移動端末が、携帯網圏内外に関わらず、インターネット上のセンタサーバ間との継続したデータ送受信を実現する、携帯電話とイリジウム端末の通信メディア切替えユニットの機能を示すとともに、プロトタイプを実装し、プロトタイプの実性能を評価した。最後に日頃ご指導頂く(株)KDDI 研究所秋葉所長ならびに鈴木執行委員に深く感謝する。

##### 参考文献

- [1] KDDI, “イリジウムショートバーストデータ”, <http://www.kddi.com/business/iridium/sbd/index.html>
- [2] 田坂和之, 他, “ローカルネットワークを考慮したモバイルルータ拡張方式”, DICOMO2008, July 2008.