

無線通信ネットワーク共通プラットフォームの開発

渋谷 憲二* 石川 裕治 ((株)NTT データ)

Development of Wireless Communication Networks Common Platforms
Kenji Shibuya*, Yuji Ishikawa, (NTT DATA Corporation)

This paper addresses the development of wireless communication networks common platforms. Due to the deterioration of road infrastructure, as various kinds of sensors are installed in road infrastructure, inefficiency of data collection caused by duplication of communication infrastructure, In order to solve the problem of data utilization inefficiency, it is necessary to absorb differences in specifications of various sensors and manufacturers according to the communication specifications of concentrators. We will introduce network communication infrastructure with cost reduction and secure security through cooperative communication.

キーワード：ネットワーク，データ標準化，モジュール化，マルチホップ通信，セキュリティ
(Network, Data standardization, Modularization, Multi-Hop communication, Security)

1. まえがき

道路インフラの老朽化や橋梁における定期点検要領の更新などにより、道路インフラに多種多様なセンサが設置されるに伴い、センサデータを処理する通信基盤の重複による非効率性が懸念されている。

道路インフラには、床版や橋脚など道路そのものを構成する土木構造物、照明や標識などの道路附帯物など、多くの管理対象があり、それぞれの点検に適したセンサ、具体的には振動センサ、ひずみセンサ、加速度センサ、変位センサ、などの多種多様なセンサが設置される。これらのセンサが取得するデータは、データ形式、大きさ、取得頻度、

などがそれぞれ異なるため、データ処理やデータ送受信を行う通信基盤はセンサデータの特徴に適した方式で構築される。本稿で説明する「通信基盤」とは、センサからデータを受信する現地設置機器（コンセントレータ）、データセンサに設置されたデータを蓄積するサーバ類、コンセントレータとサーバ類を接続する通信回線、の3つから構成される（図1参照）。

つまり、通信基盤は当初に設置するセンサや取得するデータの特徴を考慮し構築されるため、新たに別の種類のセンサを追加するなど、当初予定していなかったデータ処理を既存の通信基盤に追加することは一般的に容易ではなく、加えて、蓄積したデータを他のセンサデータと相互利用することも容易でない場合が多い。現状では、道路インフラ管理者はセンサごとに異なる通信基盤を運用しなければならず、通信基盤の重複による非効率が発生している。よって、多種多様なセンサの差異を吸収し、データ収集だけでなくデータ利用においても有用な通信基盤が求められている。

本稿では、多種多様なセンサの差異を吸収し共通的に利用できる通信基盤として、通信回線に電話回線を使用した無線通信ネットワーク共通プラットフォームを開発し、実際の道路に設置した複数のセンサにて実証実験を行った状況を示す。

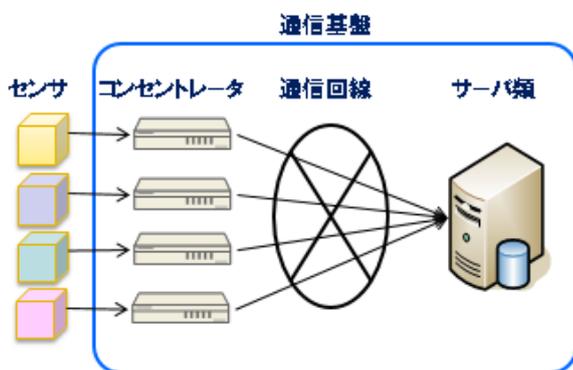


図1 通信基盤

Fig. 1. Communication infrastructure.

2. 無線通信ネットワーク共通プラットフォームが解決する課題

既存の通信基盤に対し、無線通信ネットワーク共通プラットフォームが解決する課題を下記に示す。

- (1) データ収集の非効率
- (2) データ利用の非効率
- (3) 回線や設備の非効率
- (4) セキュリティ

データ収集の非効率やデータ利用の非効率に加えて、ユーザ要望の高い回線や設備のコスト削減と、通信基盤のセキュリティを加えた 4 つを課題とする。それぞれの課題について、解決方法、特徴、実証実験状況を示す。

〈2-1〉 データ収集の非効率

(1) 課題の詳細 点検対象や点検目的、センサ種類によって、センサデータはデータ形式、大きさ、取得頻度など様々なデータ形式の差異に加え、通信プロトコルなどセンサメーカーの仕様の差異を吸収することが課題となる。

(2) 解決方法 多種多様なセンサデータ形式やメーカー仕様の差異を吸収する通信仕様を開発する。具体的にはセンサとコンセントレータで通信処理を行う際のデータフォーマットを標準化し、汎用的な通信プロトコルを複数準備することで実現する。データフォーマットは主にセンサとデータフォーマット等を識別するためのヘッダー部と、自由にデータ項目を設定できるデータ部で構成される(図 2 参照)。

(3) 特徴 センサが取得するデータは必ずしも一種類とは限らず、状況に応じて取得するデータ項目や取得頻度が変わることが想定されるため、センサごとに複数のデータフォーマットを指定することを可能としている。通信プロトコルはインターネットでの標準通信プロトコルである FTP と任意 TCP 通信を準備した。FTP を実装する通信機器は多く存在するため短期かつ容易にシステムを構築する際は FTP での通信が選択でき、独自処理が必要であれば任意の TCP 通信に対応することが可能である。

上記の通信仕様を処理するためのソフトウェアはコンセントレータに実装し、モジュール形式で変更可能とする(図 3 参照)。

この仕組みにより、センサ変更などにおいても最低限のソフトウェアモジュール部分を変更することで、新しいセンサが取得したデータを処理することを可能としている。

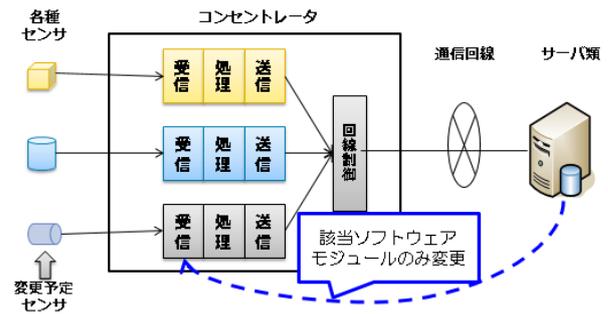


図 3 ソフトウェアモジュール変更概要図
Fig. 3. Software module change overview diagram.

つまり、最低限のデータフォーマットに汎用的な通信プロトコルを含めた通信方式を採用することで、多種多様なセンサに対応できる通信仕様を実現できる。

(4) 実証実験状況 現地に設置した加速度センサや、変位センサなどが取得したセンサデータを、標準フォーマットで通信仕様を定義し、コンセントレータでデータを処理することで、それぞれのセンサが複数のデータフォーマットを使用してデータを処理できることが確認できた。

〈2-2〉 データ利用の非効率

(1) 課題の詳細 種類の異なるセンサデータを相互利用するために、通信基盤としてセンサデータを一元的にアクセスできるようにすることが課題となる。

(2) 解決方法 無線通信ネットワーク共通プラットフォームでは、標準的なデータフォーマットによって、センサ ID とデータ取得日時と値をコンセントレータで処理し、通信回線を経由してデータセンタに設置したデータベースに格納する。よって、1つのデータベースにすべてのデータが格納されることで、データの一元的なアクセスを可能とする。

(3) 特徴 センサデータは基本的に 1 テーブルに格納されるため、データ利用時はシンプルなデータ取得が可能である。

(4) 実証実験状況 現地に設置した各種センサデータは 1 つのデータベースに格納されており、必要なデータは容易に取り出せることが確認できた。実証実験では道路管理者の道路インフラ管理業務を模擬したデモシステムを構築し、センサデータ以外にも他組織が提供する気象データなどを含めた相互利用などの処理が問題ないことを確認した(図 4 参照)。



図 2 データフォーマット
Fig. 2. Data format.



図 4 道路インフラ管理業務模擬システム
Fig. 4. Road infrastructure management system.

さらに、蓄積したデータの容易な利活用方式として、Linked Open Data (LOD) ⁽¹⁾を活用したデータ公開機能を実装するシステムを構築し、LOD を使用した場合と使用しなかった場合の処理方式について比較を行った。

LOD とは、インターネットの Web の技術を利用し、計算機が処理しやすい形式で情報を共有する仕組みである。発信された情報が Web 上で相互につながることで、Web 上に巨大な知識データベースが形成され、様々なデータと相互連携することが容易になる。本稿ではセンサが取得したデータを LOD 化し、一般に公開されている LOD を取得し、それぞれのデータをあわせてグラフとして表示するデモシステムを構築した (図 5 参照)。

LOD で公開されるデータは SPARQL 言語で自由に取得・加工できる。リンクされているデータをたどることが可能になるため、無線通信ネットワーク共通プラットフォームが保有する LOD と一般に公開されている LOD との連携処理は容易であり、グラフ化も簡易に実装できることが



図 5 LOD 評価用デモシステム
Fig. 5. LOD evaluation demo system.

分かった。一方で、LOD 化されていない一般データとの連携はデータ構造などフォーマットが不明であり、データ取得モジュールをそれぞれ作成する必要があるため、LOD 化されたデータと比較するとデータ活用は困難であることが分かった。

〈2・3〉 回線や設備の非効率

(1) 課題の詳細 センサ/ロガーごとにコンセントレータにて取得データをデータセンタのサーバ群に送信する際、データ量が少ないことから、コンセントレータのデータ処理量は小さいため CPU やメモリなどのリソースと、通信回線帯域に余裕が発生する。通信回線は常時ランニングコストが発生するため効率的に回線や設備を活用することが課題である。

(2) 解決方法 コンセントレータ間でのホップ通信により、付近のコンセントレータのデータ送信処理は 1 台のコンセントレータに集約し、まとめて送信処理を行うことで、通信回線コストを低減する。(図 6 参照)。

(3) 特徴 ホップ通信はメッシュネットワークを活用しているため、万が一ホップ通信上のコンセントレータが故障した際でもネットワークが再構築され通信が可能である。

(4) 実証実験状況 メッシュネットワークを活用したホップ通信について、見通しが良く電波干渉が少ない海岸沿いで実証実験を行った (図 7 参照)。

グラフより、ホップ通信する回数や通信距離により通信

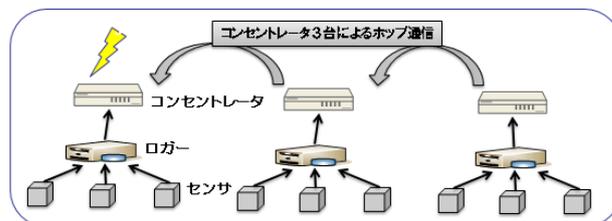


図 6 コンセントレータ間のホップ通信
Fig. 6. Hop communication between concentrators.

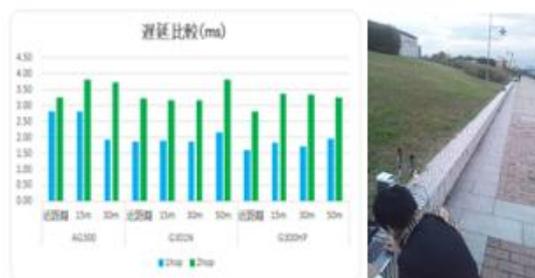


図 7 通信遅延比較状況
Fig. 7. Communication delay comparison status.

遅延が大きくなることが判明したが、一定量の通信は可能であることが確認できた。コンセントレータを設置する箇所は、市街地内の高速道路や鋼橋の箱桁内など様々な環境が想定され、継続して検証を実施する予定である。

〈2・4〉 セキュリティ

(1) 課題の詳細 無線通信ネットワーク共通プラットフォームのセキュリティ課題を明確にするため、セキュリティリスク分析を実施した結果、センサやログガーの電子認証や不正検出について取り組むこととした。これは、万が一センサ/ログガーが第三者によって別のセンサ/ログガーに入れ替えられ不正なデータを送信されるリスクに対応するためである。

センサ/ログガーの電子認証と不正検出を選択した理由は、現地に設置される物理的な機器交換のリスクが相対的に大きいと考えたためである。コンセントレータからデータセンタのサーバ群との通信は認証や暗号化など対策済みであり、データセンタのサーバ群はいわゆる情報システムセキュリティ対策を実施しているため、無線通信ネットワーク共通プラットフォームの入口部分が相対的にセキュリティリスクであると判断したためである。

電子認証や不正検出は既に商用サービスが存在するが、そもそもセンサ/ログガー側にセキュリティ機能を実装することが困難であることを前提に、コンセントレータ側だけで本機能を実装することを基本方針とする。

(2) 解決方法 コンセントレータとセンサ/ログガーが通信際に発生する通信パケットをコンセントレータで分析することで不正検出を行い、不正検出した場合は該当通信をブロックし、データセンタのサーバ群にアラームを送信する。具体的には、コンセントレータが受信したパケットについて、センサ/ログガーが入れ替えられた時に発生する通信パターンや情報収集の際の通信パターンを検知する仕組みとする。

(3) 特徴 コンセントレータに実装する不正検出は、

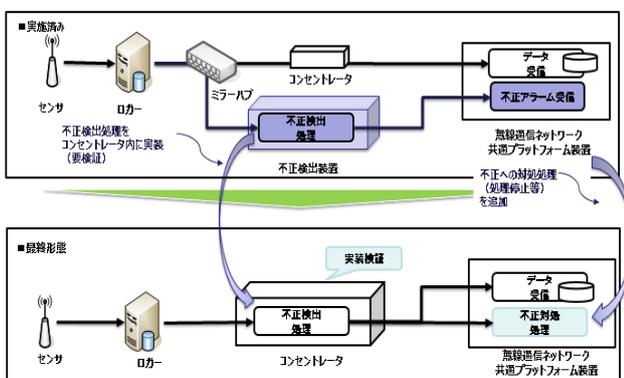


図 8 不正検出概要図

Fig. 8. Fraud detection overview diagram.

通信状況を踏まえて限られた電力やCPUリソースで動作する最低限の検出パターンで不正検出を行う。センサ/ログガーは定期的にデータを取得し送信すると想定されるため、複雑な通信パターンを判定する必要がないと考えるためである。また、コンセントレータは限られた電力やCPUリソースで動作させる必要があるため、複雑な通信パターンを判定するような実装は困難である。

上記より、不正検出判定レベルとリソース消費のバランスを保つことが課題解決の目標であり、セキュリティ機能の特徴である。

(4) 実証実験状況 不正検出パターンとして、MACアドレス変更時や、ポートスキャンによる情報収集の際に発生するパケットパターンなどシンプルな通信パターンについて、限られたリソースで検知できるか実施した。実証はデモシステムで実施し検知機能はコンセントレータの通常処理による負荷と区別するため、通信パケットをミラーハブでコピーし、コンセントレータとは別の機器で不正検出ができるか確認した(図8参照)。

上記構成で限られたリソースで不正検出が可能であることが確認できた。本機能は実際に現場に設置しているコンセントレータに実装し、継続して検証を実施する予定である。

3. あとがき

本稿では、道路インフラの通信基盤が持つ課題を4つ挙げ、無線通信ネットワーク共通プラットフォームによる解決案の提示および実証検証の結果を示した。

道路インフラの老朽化は、社会全体で取り組むべき大きな課題である。今回開発した無線通信ネットワーク共通プラットフォームは、データ収集やデータ利用の非効率を改善するとともに、運用コストの削減やセキュアな通信に対応した共通基盤であることから、道路インフラの老朽化対策の一つとして有効であると考えられる。今後は、道路インフラに加えてダムや発電所などの大規模インフラにおいても適用検証を進めるなどして、当該プラットフォームの様々な分野での活用を目指すこととしたい。

謝辞

ここで述べた成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託研究業務「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」で得られたものである。

文 献

- (1) Bizer, C., Heath, T., and Berners-Lee, T.: "Linked Data - The Story So Far", International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS), Vol.5, No.3 pp.1-22 (2009)