

超低消費電力通信方式によるテレメータリング技術

Telemetry Technique via Ultra Low Power Communication Method

畠内 孝明 Takaaki Hatauchi

星野 充紀 Atsunori Hoshino

浅野 貴正 Takamasa Asano

ガスメータや水道メータなどのように商用電源を接続することが困難なメータでは、電力用とは異なった通信方式が求められる。富士電機では、電池で長期間動作する超低消費電力テレメータリングのためのフルメッシュ無線方式を開発した。本方式は、アクセス技術と中継転送のためのルーチング技術の二つの特徴的な技術から構成されている。その特徴からNPO 法人テレメータリング推進協議会から新しいテレメータリング通信の標準方式として採用された。

For meters that are difficult to connect to commercial power such as gas meters and water meters, a communication method is required that can operate for long periods on a battery and that differ from those that use power. Fuji Electric has developed a full mesh wireless method for ultra low power telemetry that operates for long periods on a battery. This method is composed of two distinctive techniques: an access technique and a routing technique for relay transferring. Because of these characteristics, it has been adopted as the new standard telemetry communication method by the Japan Utility Telemetry Association.

1 まえがき

エネルギーの効率的な利用のために、電力メータを中心にスマート化が進められようとしている。一方、ガスメータや水道メータなどのように商用電源を接続することが困難なメータでは、電力用とは異なった通信方式が求められる。富士電機は超低消費電力である無線通信方式の研究を進め、ガスメータや水道メータなどの遠隔検針(図1)への応用を目的として電池で動作するフルメッシュ無線ネットワーク方式を開発した。

この方式は、NPO 法人テレメータリング推進協議会で検討した新しいテレメータリング通信の標準として採用された。また、部品を安定して入手できるように、無線物理層の国際標準を目指しIEEE 802.15.4 gへの提案活動も合わせて行っている。

本稿では、超低消費電力通信方式の概要、新しいテレ

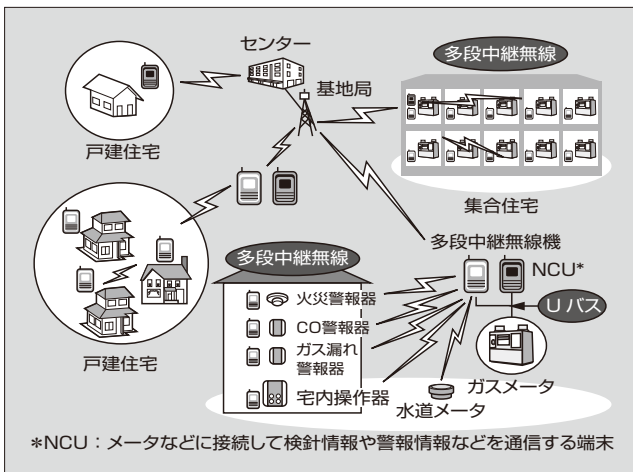


図1 遠隔検針システムのイメージ

メータリング通信の標準化状況と標準化した仕様が普及するために必要な運用環境の整備状況を紹介します。監視・計測システムへの応用について述べる。

2 超低消費電力通信方式の概要

フルメッシュ無線ネットワーク方式は、電池で長期間動作するアクセス技術と中継転送のためのルーチング技術の二つの特徴的な技術から構成されている。

図2にアクセス方式の動作原理を示す。

無線機は、エネルギーを消費する動作状態と、ほとんど消費しない休止状態とを周期的に繰り返している。電池で数年間機能させるために、動作時間を間欠周期に比べて十分短くしており、平均すると極めて小さなエネルギーとなる。

各無線機は、動作状態において無線機を特定するコードが格納されたビーコンと呼ばれる信号を発信している。隣り合っている無線機へデータを転送するときに送信側の無線機は連続受信状態になり、周辺の無線機のビーコンを受

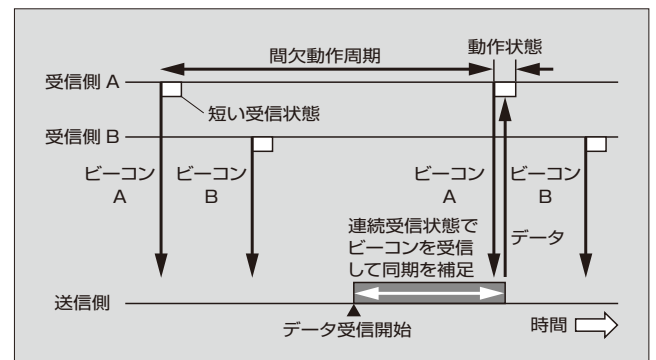


図2 アクセス方式の動作原理

信して転送相手特定して、受信側の無線機へデータを転送する。

図3に、中継転送のためのルーチング方式の動作原理を示す。図3(a)は、中継転送の始点から終点まで2回の中継によってデータが到達する様子を示したものである。①(始点)は②, ③, ④と直接通信が可能であり(中継1段目)、②, ③, ④は⑤, ⑥, ⑦と直接通信が可能であり(中継2段目)、⑤, ⑥, ⑦は⑧(終点)と直接通信が可能である。図3(b)は、それぞれ無線機の動作を時間経過で示したものである。図3(b)の数字は無線機の番号であり、円が動作状態を表している。それぞれの無線機は非同期に動作状態になる。①(始点)は、転送を開始すると、中継1段目の無線機のピーコンを待ち受け、最初に受信したピーコンに対してデータを転送する。以下、順に⑧(終点)に近い無線機にデータを転送し、⑧(終点)までデータを中継転送する。転送相手候補が複数の場合は、図3(b)のように通信路の一部が障害物によって遮断されても、通信可能な無線機のピーコンを受信してデータを転送するため、信頼性の高い通信システムを実現することができる。

表1に、通信仕様の概要を示す。免許不要な無線局の中では比較的高速通信が可能な950MHzの電波を採用している。この周波数帯は、IEEE 802.15.4gで国際的に採用が検討されているサブGHz帯の周波数である。

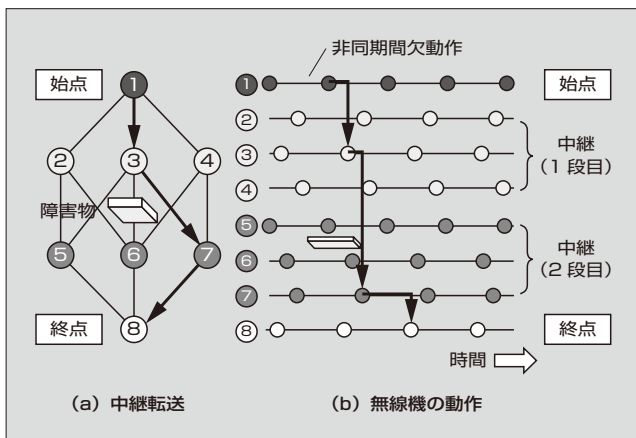


図3 フルメッシュルーチング方式の動作原理

表1 通信仕様の概要

項目	主な仕様	特徴
周波数	950MHz帯* ARIB STD-T96	IEEE 802.15.4g でサブGHz帯 (700~900MHz)採用
出力	10mW, 1mW	免許不要
通信速度	100kbits/s	中速通信
動作モード	間欠動作	平均消費電力削減
アクセス方式	非同期方式	中継による信頼性の劣化が 少ない
トポロジー	フルメッシュ ネットワーク	迂回ルート通信により信頼 性向上
ルーチング 方式	距離ベクタ テーブル駆動方式	テーブル自動生成 自動中継ルート選択

*「電波法」の改正に伴い、920MHz帯での開発を進行中

3 標準化状況

3.1 新しいテレメータリング通信の標準化

電池で長期間動作することが求められるLPガス、都市ガスの新しいテレメータリング推奨仕様に本方式が採用された。標準化はガス事業者、メータ・器具・通信機メーカー、通信事業者によって構成されるNPO法人テレメータリング推進協議会によってなされたものであり、富士電機も標準化研究部会のメンバーとして参加した。

新しいテレメータリング推奨仕様は、メータインタフェース仕様(Uバス)、広域網接続機器インタフェース仕様(UバスNCU)、無線インタフェース仕様(Uバスエア)からなる。本方式は、近傍の複数のガスメータやセンサ、器具を束ねて管理するためのネットワーク仕様であるUバスエアに採用された。

標準化によって事業者はオープンに通信機を調達可能となり、安定的に機器を調達することができる。

3.2 IEEE 802.15.4^(注) 国際標準化

米国電気電子学会におけるIEEE 802.15.4のタスクグループ(IEEE 802.15.4g)で、スマートユーティリティネットワークを対象にした無線通信の標準化が進行中である。現在はほぼ草案が固まり、2012年3月までに規格化の見込みとなっている。富士電機はこのタスクグループに参加して、関係者との議論を通じて超低消費電力でアクセスが可能な物理層を規格に盛り込むように活動を行っている。

表2に、技術提案の内容を示す。

提案した周波数帯は“特定小電力無線局950MHz帯テレメータ用、テレコントロール用およびデータ伝送用無線設備”(ARIB STD-T96)を反映したものである。また、伝送速度はパケットの送信時間を十分短くすることができる通信速度として100kbits/sを、物理層のフレームサイズは2,048byteを提案した。変調方式は低消費電力化に適したFFSK(Filtered Frequency Siftkeying)である。

表2 技術提案の内容

項目	要件	提案
周波数	700MHz~1GHz, 2.4GHz帯のように、あらゆる国、地域の免許不要な周波数帯を対象	特定小電力で免許が不要な950MHz帯*
伝送速度	40kbits/s以上 1,000kbits/s以下	100kbits/s
物理層フレームサイズ	1,500byte以上	2,048byteまで対応
変調方式	エネルギー効率の良い通信が可能な無線設計	FFSK

*「電波法」の改正に伴い、920MHz帯での提案を検討中

<注> IEEE 802.15.4: PAN(Personal Area Network)と呼ばれるIEEE(Institute of Electrical and Electronic Engineers)が策定中の短距離無線ネットワーク規格の名称

4 新しいテレメータリング運用環境の整備⁽²⁾

新しいテレメータリング通信の普及を促進し、安心して利用できる環境を整備するために、2010年6月からNPO法人テレメータリング推進協議会に環境整備部会が設けられ、富士電機はリーダーとして環境設備を推進した。

テレメータリング推進協議会では、安心して利用できる環境とは、次の二つのことが実施されて設置後に問題が起らないことであると考えている。

- (a) 標準化によってメータや関連機器、通信ユニットのインタフェースが統一されていること
- (b) 利用者がオープンな機器を採用するうえで、機器の相互接続性、サービスに必要な性能が保証されていること

これらを実現するために環境整備部会では、相互接続性検証装置や運用シミュレータなどの試験環境を構築した。

相互接続性試験装置と運用シミュレータは環境整備部会で仕様を策定し、富士電機が開発を担当した。

なお、本事業は2010年7月から2011年3月まで総務省からの受託事業として実施した。

4.1 相互接続性試験装置 (テストベッド)

テストベッドは、標準化した仕様を採用した機器の電氣的、論理的なインタフェースが推奨仕様を満足することを試験し、オープンな機器間の相互接続性を確認するための装置である。図4に、テストベッドの機能ブロック図を示す。構成要素は次のとおりである。

- (a) DUT (Device under test)
 - 測定対象の機器
- (b) Uバスター
 - DUTと有線通信し、測定対象のUバスの電氣的・論理的特性を試験する。
- (c) GM (Golden Master)
 - DUTと無線通信し、測定対象のUバスエアの論理的特性、電文フォーマット、タイミングなどの通信手順を試験する。
- (d) 電波測定装置

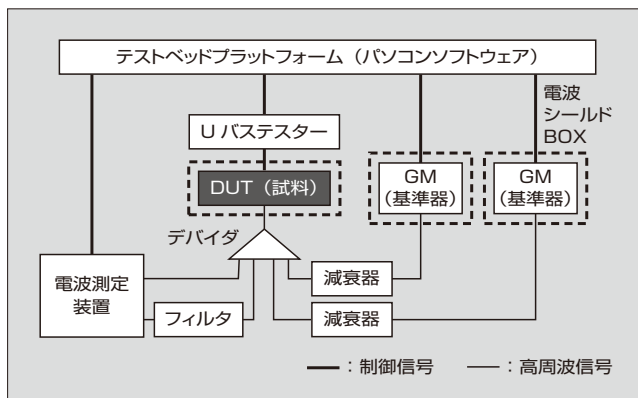


図4 テストベッドの機能ブロック図

DUTの無線電波の試験を行うための測定器群であり、スペクトラムアナライザ、シグナルジェネレータ、パワーメータからなる。

- (e) テストベッドプラットフォーム

DUT, GM, 電波測定装置をコントロールしながら自動的に一連の試験を実施する。試験情報の管理、結果の出力を行う。

- (f) 測定系

高周波信号を精度よく測定するために、配線に減衰器、フィルタ、デバイダ（分配器）を接続したものである。配線以外からの信号の結合を防ぐために、DUT, GMは電波シールドBOXへ格納される。

4.2 運用シミュレータ

運用シミュレータは、想定するシステムをパソコンの画面上に構築し、システムの挙動をシミュレーションするツールである。Uバスエアは無線通信であり、周辺の障害物の移動によって発生する電波の揺らぎのため通信状態が動的に変化する。設置する環境条件の多様性やサービスごとに要求される通信性能に対して、新しいテレメータリング通信によって提供されるサービスが効果的であることを事前に検証できる。

図5に、運用シミュレータの画面例を示す。

図5(a)は、メッシュネットワーク構成例である。想定される設置状態に応じて無線機を配置すると、無線機の距離から直接通信が可能な無線機間を自動的に接続しメッシュネットワークを構成する。都市設置、郊外設置などの条件をパラメータとして与えることで、通信性能や干渉、電池消耗などをシミュレーションして結果を図5(b)に示すようにグラフとして表示できる。性能や状態が時間経過で変化する様子を確認できる。上段から順に、通信遅延時間、構成調査のために行う通信の累積回数（構成の安定を表す）、単位時間当たりの転送データ量を示す。

5 監視・計測システムへの応用

超低消費電力テレメータリング技術は、ガスメータや水道メータだけでなく他の分野、特に監視・計測システムへの展開が期待される。建物などの構造物によって遮蔽され

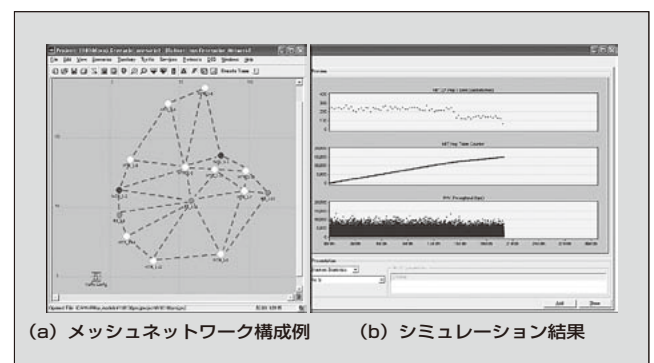


図5 運用シミュレータの画面例

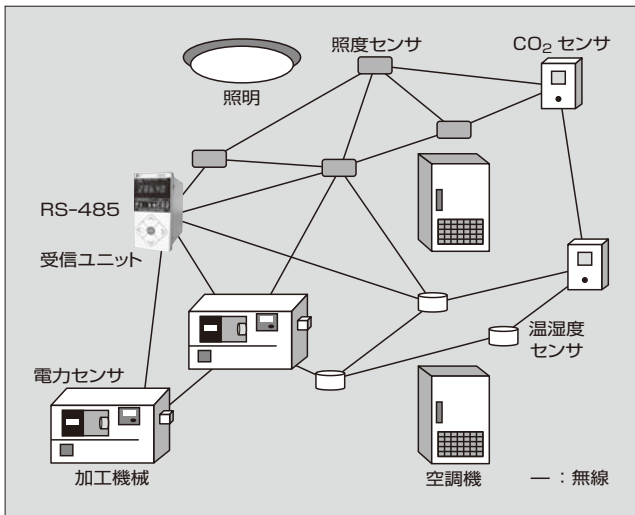


図6 監視・計測システムへの応用のイメージ

て直接通信ができない場所でも、中継により無線ネットワークを構築することができる。このため、工場や事業所、ビルディングなどの配線が困難な場所で測定したデータを集約して管理するようなシステムに有効である。

図6に、監視・計測システムへの応用のイメージを示す。

温度、湿度、照度など各種センサと組み合わせた環境計測システムや、エネルギーなどの“見える化”を目的とした、電力、流量計測システムへの適用が具体的な目標である。

6 あとがき

超低消費電力テレメータリングを担う無線技術と標準化の状況を紹介した。

富士電機では環境・安全への取組みを積極的に推進しており、本技術はこの取組みに貢献できるものと考えている。今後とも新しいテレメータリング通信の普及と監視・計測

システムなど他の分野への展開に努めていく所存である。

新しいテレメータリング通信の標準化に尽力されたNPO 法人テレメータリング推進協議会の関係各位、ならびに共同で仕様案の検討を行っていただいた東京ガス株式会社、大阪ガス株式会社、東邦ガス株式会社、パナソニック株式会社、東光東芝メーターシステムズ株式会社の関係各位に謝意を表す。

参考文献

- (1) 谷合洋. 集中監視システム新バージョン標準化研究部会報告. テレメ協ニュース. 2011年新年号, p.11-13.
- (2) 畠内孝明. 集中監視システム新バージョン環境整備部会報告. テレメ協ニュース. 2011年新年号, p.14-16.



畠内 孝明

無線機、無線システムの開発業務に従事。現在、富士電機株式会社東京事業所機器生産センターファインテック機器部主査。電気学会会員、電子情報通信学会会員。



星野 充紀

各種コンポーネント設計業務に従事。現在、富士電機株式会社東京事業所機器生産センターファインテック機器部。



浅野 貴正

計測機器の研究開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部製品技術研究所計測技術開発センター計測機器開発部主任。電気学会会員、IEEE会員。





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。