

HD-PLCマルチホップを用いたスマートメータ通信システム

Scalable Smart Meter Communication System by HD-PLC Multi-hop Technology

丸岡 正典*
Masanori Maruoka

梅田 直樹*
Naoki Umeda

HD-PLC (High Definition Power Line Communication) マルチホップは、電力線を通信媒体として、データを1つの端末から他の複数の端末へ次々にホップさせることで、通信距離を伸ばすことができる通信方式である。本通信方式にルート分散の仕組みを盛り込み、検針収集スケジューリングにQoS (Quality of Service) 制御を付加することで高い検針成功率を実現するスマートメータ通信システムを実現した。

High Definition Power Line Communication (HD-PLC) Multi-hop is a communication method which extends the distance with hop-by-hop transport using a power line as a communication medium. We have developed the route distribution method and Quality of Service (QoS) control for meter reading with this technology, and achieved a smart meter communication system which achieves the high meter-reading success ratio.

1. スマートメータ通信システム

日本をはじめとして、世界規模で電力メータのIoT (Internet of Things) 化が進み、課金サービスに加えて、さまざまなサービスが提供され始めている。

日本の電力メータは各戸ごとに、地上に設置されることが多いため、通信方式は920 MHz帯の特定小電力無線通信が主に採用されている[1]。一方、海外に目を向けると、無電柱化が進んでいることもあり、電力メータは地下の電力会社設備内に集中して設置されている。この設置形態では、無線が届きにくく、電力線を使用したPLC通信方式が適している。

スマートメータ通信システムでは、長距離伝送および大規模ネットワークの実現が求められる。現在国内で採用されている特定小電力無線通信方式は物理速度が数百kbit/sと低速である。HD-PLC^(注1) (High Definition Power Line Communication) は最大240 Mbit/sと高速であるため検針周期の短縮化とさまざまなサービス展開を期待できるが、高周波数 (MHz) 帯域を利用する電力線通信方式であるため信号減衰が大きく、単体では長距離伝送に向いていない。しかしながら、ITU-T G.9905として国際標準化済みのマルチホップルーティングプロトコルCMSR (Centralized Metric based Source Routing) [2]と組み合わせることにより、長距離伝送および大規模ネットワークを実現することが可能となった。HD-PLCマルチホップを用いた、スマートメータ通信システムの構成を第1図に示す。

第1図における主要な4機器の説明を以下に示す。

スマートメータ (SM: Smart Meter)

各戸の電気使用量を測定する計量部とHD-PLCマルチ

(注1) 当社の登録商標または商標。

* エコソリューションズ社 エナジーシステム事業部
Energy Systems Business Div., Eco Solutions Company

ホップ通信を行う通信ユニットから構成される。

ヘッドエンドシステム (HES: Head End System)

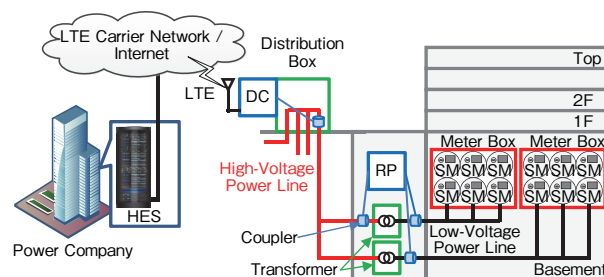
電力会社のサーバ室に1システム配置され、各家庭に設置されているスマートメータと通信を行い、検針値を取得する。

コンセントレータ (DC: Data Concentrator)

HD-PLCマルチホップ通信の親機能とHESへのLTE^(注2) (Long Term Evolution) 通信機能を持ち、通信メディア変換を行う。SMとRPをあわせて1024台まで管理する。

リピータ (RP: Repeater)

DCとSMが直接通信できない場合に通信経路途中に設置され、HD-PLCマルチホップにより通信フレームを中継する。



第1図 スマートメータ通信システムの構成

Fig. 1 Configuration of smart meter communication system

第1図のように変圧器が地下室に設置されている場合はRPを設置し、高圧電力線を経由して地上のDCとマルチホップ通信を行う。電力線への信号注入は第1図のようにCouplerを使用する。地下室ごとにDCを設置する場合と比較して、システムコストの低減およびHESとDC間のLTE通信の安定化が期待できる。

(注2) 欧州電気通信標準協会 (ETSI) の登録商標。

検針値収集性能に影響を与えるPLC通信のエラー発生要因としては以下2点が挙げられる。

- ① 通信トラフィックの過負荷
- ② 電力線上のノイズ変動

次に、過負荷を抑制するマルチホップルートの分散方式とノイズ変動を考慮した検針値収集スケジューリング方式に関して述べる。

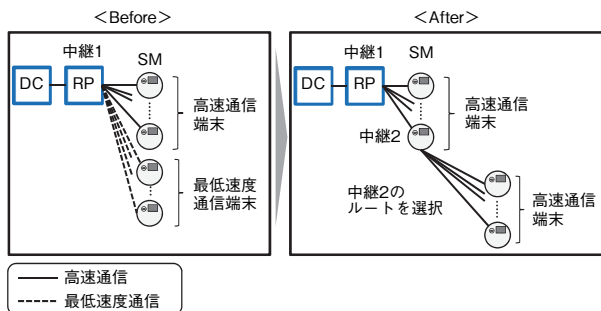
2. マルチホップルートの分散

第1図のように複数のSMが集合計器ボックス内に設置されている場合、RPと配下のSMが直接通信するルートが形成されることになる。しかしながら、HD-PLCでは高速に直接通信可能な相手端末数が127台に制限されているため、これを超過すると最低速度3.6 Mbit/sでの通信となり、性能が低下してしまう。

そこで第2図に示すように、直接通信する端末数を制限することでルートを分散し、通信性能の低下を抑制する。具体的には、隣接端末とリンク品質情報を交換するために各端末が定期的にブロードキャストするメッセージ内に下位端末台数を含んで送信し、従来のルート選択方法[2]に加えて、下位端末台数の多寡に応じてルートが選択されるようにする。

例えば1200 byteのデータ通信を行う場合、物理速度3.6 Mbit/sではACK (Acknowledgement) などを含めたデータ通信時間が3.1 ms必要である。それに対して80 Mbit/sでは0.6 msに短縮できるため、ホップ数が1から2に増加したとしても信号線占有時間は1.2 msとなり、通信トラフィック負荷を61%低減することが可能となる。

本方式により、多台数環境にあっても高速な通信を維持することで、通信速度低下が原因で生じる通信トラフィックの過負荷を回避できる。



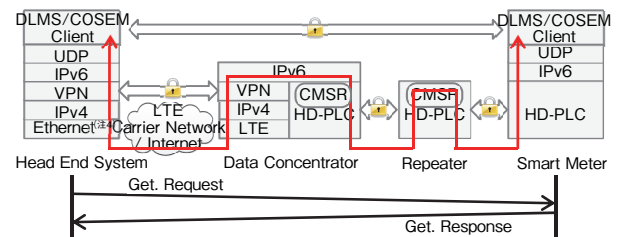
第2図 ルートを分散したトポロジー形成
Fig. 2 Topology with distributed routes

3. 検針値収集のスケジューリング

家で使用する家電機器やエレベータなどのノイズが電力線に重畳され、機器動作中はPLC通信が一時的に中断されてしまう場合がある。このようなPLCに特有な事象を考慮したデータ収集方式を採用している。

3.1 UDP (User Data Protocol) を用いた通信アクセス

通信プロトコル階層図を第3図に示す。検針プロトコルとしてIEC標準のDLMS/COSEM^(注3)を使用し、HESからSMの検針値を取得する。電力線上のノイズ変動が大きい場合には、数分間の通信断絶も考えられるため、TCP (Transmission Control Protocol) の自動再送制御は適さない。そこで、UDPを使用し、HESのQoS (Quality of Service) 制御により検針成功率を確保する。



第3図 プロトコル階層図と通信シーケンス
Fig. 3 Protocol structure and sequence

3.2 QoS制御

HESにおけるQoS管理構成を第4図に示す。

(1) 業務に応じた優先度制御

検針システムでは優先度の異なる多様な業務 (ジョブ) が存在する。HESでは、管理するDCごとに7つの優先度キューを用意しており、優先度の高いジョブから順番に実行していく。UDPによる検針値取得に失敗した場合は、HESで優先度を下げてジョブをキューに積み直す。このように検針値を再取得するまでの実行間隔を長くすることで、一時的に通信できないSMに対する無駄な再送を抑制する。再実行間隔は接続しているSM台数やHD-PLCの通信状況、業務実行状況により異なる。繁忙時では再実行を100秒程度遅延させ、検針成功率の向上を図る。

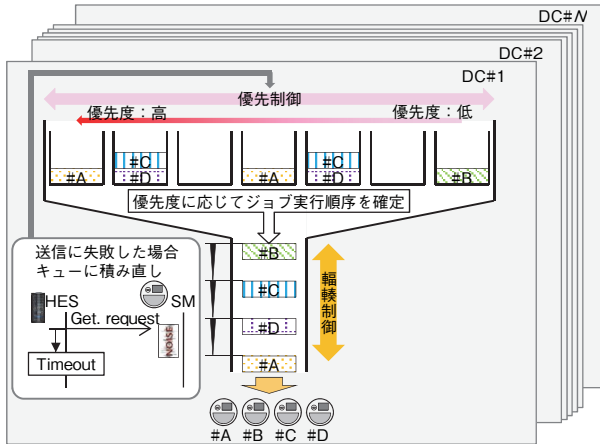
(2) 通信状態に応じた輻輳 (ふくそう) 制御

またHESでは、LTEの通信状況や、HD-PLC通信内のルート情報や通信速度などを定期的に計測している。これ

(注3) DLMSはDevice Language Message Specification, COSEMはCompanion Specification for Energy Meteringの略。DLMS User Associationで開発・保守されている。

(注4) 富士ゼロックス (株) の登録商標または商標。

らの計測情報に基づき、通信フレームがDC内で滞留しないよう、送信間隔を50 ms～200 msの間で調整する。



第4図 HESにおけるQoS制御
Fig. 4 QoS control in HES

参考文献

- [1] 経済産業省 スマートメータ制度検討会, “スマートメータの導入促進に伴う課題と対応について,” http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004668/pdf/015_03_00.pdf, 参照 Oct.20, 2018.
- [2] 岡田幸夫 他, “スマートメータ用マルチホップ通信システム,” パナソニック技報, vol.57, no.4, pp.23-28, 2012.

4. 実証結果と今後の展望

日本ではスマートメータ設置場所でのHD-PLC通信には実験局申請が必要なため、海外の市中にて500台規模の実証実験を10日間行った。その結果、検針値取得成功率99%以上を達成できることを確認した。

今後、海外の電力会社に向けてHD-PLCマルチホップを用いたスマートメータ通信システムを普及させていく。