

リアルタイム防災システム実現のためのホームネットワークの研究

原山 恭輔 井上 雅裕

芝浦工業大学システム工学部 〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作 307
E-mail: {m106086, inouem}@sic.shibaura-it.ac.jp

あらまし 地震被害の低減を目的とし、緊急地震速報の実用化が検討されている。現在、この情報の適用は病院等の特定施設への情報通知に留まっており、家庭等の一般ユーザでの利用、さらに情報を直接利用したリアルタイム防災制御への適用には課題がある。本稿では、緊急地震速報を各家庭での直接防災制御利用する際に必要なホームネットワークの検討を行う。特に、既設の住宅に適用可能な電力線通信を用いた場合に発生する隣接家屋との信号干渉問題を解決する手段を提案する。複数の住宅間で配電線を共有することを活用し、全ての家庭に向けて情報を送信した後、前もって定期的に計測した信号のS/Nに応じて家屋内で個別送信することで干渉を軽減する方法を提案し、検証した。

キーワード リアルタイム、防災、ホームネットワーク、PLC、干渉、輻輳

Study on home network for realization of real-time disasters prevention system

Kyosuke Harayama, Masahiro Inoue

Department of System Engineering, Shibaura Institute of Technology
307 Fukasaku, Minuma-ku, Saitama, 337-8570 Japan

Abstract To reduce earthquake damage, real-time earthquake information is under examination. At present, this information is applied only to limited facility such as hospitals. There are challenges to apply it to real-time control of household appliances. In this paper, we study power line communication (PLC) to reduce earthquake damage by using real-time earthquake information in house. To reduce traffic we utilities PLC signal interference among houses which share same power distribution line; After a primary information is broadcasted to the houses, secondly individual transmissions are added only in houses which receive lower S/N signal. In this paper, we propose protocol and algorism for the home network system, and experimentally evaluate the system.

Keyword Real-time, Disaster Prevention, Home Network, PLC, Interference, Congestion

1. はじめに

近年、情報化社会が急速に発達し私たちがより安全に、より快適に生活を営むためのシステムが次々と提案されている。ここでは次世代防災システムの一案として研究されている「緊急地震速報」をホームネットワークで活用するための研究を行う。

既に緊急地震速報などの防災情報を病院等での活用が検討されている。しかし、一般家庭での利用や二次災害防止のための機器制御の実現には、家庭内で、新規の通信線を敷設すること無しでのリアルタイム通信の実現などの課題がある。

リアルタイム防災システムをホームネットワークで利用するための要求条件に基づき PLC (電力線通信: Power Line Communication) を用いたホ

ームネットワークを想定する。PLC は既存の AC ライン上に情報を乗せ通信を行うため、比較的ネットワーク構築が容易であり、既設の住宅を含め、ホームネットワーク構築に適切な手段といえる。しかし、AC ライン上の情報は同一配電線上で混在するため災害時などのトラフィックが増加する場合、隣接家屋との過度な干渉や輻輳が起こる可能性がある。

本研究では災害時に起こりうる輻輳を回避するアルゴリズムを提案し、模擬配線を用いた実験を行うことで、近隣との干渉を考慮しないで送信した場合よりも有効であることを示す。また全家庭への送信完了時間を明らかにし、今後の課題を検討する。

2. 緊急地震速報の背景

2.1 緊急地震速報について^[1]

緊急地震速報は地震速度と情報送信速度の差を利用したものである。地震は伝播速度の遅い主要動と呼ばれる S 波と、伝播速度の速い初期微動と呼ばれる P 波に分けることが出来る。地震発生時、P 波を全国 800 箇所に上る地震観測網で検知し、集めた情報を高速処理する。地震の規模や位置をすばやく放送や通信を用いて配信して、S 波が到着する前に防災対策を行うことを目的としている^[2]。

2.2 ホームネットワークへの要求条件

緊急地震速報をホームネットワークで防災対策を実施する場合、次の点が要求条件として考えられる。

- (1) 通信が制約時間内に完了すること。災害時の情報は非常に緊急性と確実性を伴うものである。アラーム発生や避難経路の確保、ガスや電気の停止などのアプリケーション考えられる。
- (2) ネットワーク構築が容易であること。既設の建物を含め、全ての家屋に対応できるような通信手段が望ましい。ユーザの手間や煩雑さを考慮する必要がある。
- (3) 近隣家屋との干渉問題への対応が必要である。地震発生時には周辺地域へ地震発生後の一定時間、情報送信が集中することが考えられる。これにより無線や電力線等通信媒体を共有する通信方式の場合、信号干渉が原因となり、輻輳や伝送遅延が発生することが予想される。

3. PLC と信号干渉

研究対象として取り上げる PLC(電力線通信: Power Line Communication)の詳細や、近隣家屋との干渉問題の発生仕組み、さらに干渉問題への対応手段として現在検討されているブロッキングフィルターについて触れておく。

3.2 PLC 概要^[3]

今回の通信媒体には PLC を選択した。PLC は既存の AC ラインを使用することで特別な配線が必要としない、ネットワーク構築が比較的容易な通信媒体である。また無線媒体より干渉問題に対処しやすい。今回使用した PLC は家電のノイズレベルが低く、電力線のインピーダンスが高い周波数帯を用いており、また複数のキャリアに同一信号を載せ送信することにより通信品質を向上しているのが特徴である。(表 1)。

表 1. 主な PLC 仕様

通信方式	トーン分散型マルチキャリア伝送方式
一次変調方式	DBPSK/DQPSK (伝送路に応じて自動的に選択)
アクセス方式	CSMA
伝送速度	400, 320, 240, 160, 80kbps に切替え
周波数帯	2~9 MHz 帯

3.2 干渉問題について

PLC は隣接家屋と低圧配電線上で通信媒体を共有している。よって PLC の信号は隣接家屋へ漏洩する可能性がある。電文内のハウスコードを用いることで隣接家屋間の混信を防ぐ。しかし、伝送路自体は共通であり、漏洩データにより輻輳が起こる可能性がある(図 1)。

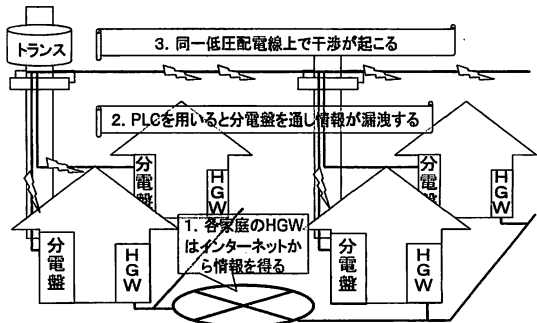


図 1. 隣接との干渉モデル

3.2 ブロッキングフィルター

電力線通信用ブロッキングフィルターは、電力線通信で使用する 2~30MHz 帯の信号のみを遮断(減衰)させるフィルターである。AC ライン上は 50 又は 60Hz の交流電源は透過することができる。ブロッキングフィルターは各家庭の分電盤付近に設置され、情報を家庭内に止めることが可能である(図 2)。

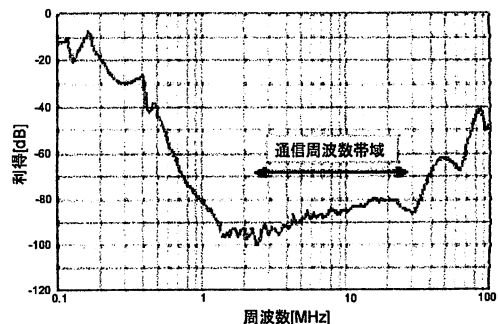


図 2. ブロッキングフィルター減衰特性

ブロッキングフィルターを用いた実験では通信範囲を分離し、トラフィックを分離することを確

認した。本提案ではブロッキングフィルター設置の手間を考慮し、これを用いることなく干渉を和らげる手段を提案する。

4. 提案内容

4.1 基本的な考え方

基本的な考え方は、配電線を共通する家庭間での PLC 信号の漏洩を逆に活用することで、重複送信を避け、輻輳発生を防ぎ、かつ各家庭への通信遅延時間を最小とすることである。

- (1) 各家庭には、警報機及び制御対象となる家電機器、ガス機器、ガス遮断機、電磁開閉器などが設置されており、災害発生時に制御することにより二次災害を防止する。
- (2) 同一配電線を供給する複数の住宅をあわせ、1つの受信システムを構成する。この受信システムに属する各家庭には、防災情報家庭内発信源を1台保有する。
- (3) 受信システムには、防災情報共通発信源を1台設ける。この共通発信源は、1つの家庭の発信源を兼ねることもできる。
- (4) 防災情報共通発信源は定期的(例えば1回/10分)に、信号レベル確認のための送信を実施する。各家庭の防災情報家庭内発信源は、この受信信号のSNを測定し、防災情報共通発信源に報告する。
- (5) 防災情報共通発信源は、各家庭の防災情報発信源からのSN報告を受け、各家庭での2次送信の送信開始時間を指定する。送信開始時刻は、SNに反比例させる(図4)。図5に時間軸で見た送信完了モデルを示す。
- (6) 緊急地震速報は、放送系又は通信系のネットワークを経由して防災情報家庭内発信源および防災情報共通発信源に到達する。緊急地震速報を受信した防災情報共通発信源は、即時にシステム内へのブロードキャスト(全住宅共通)として一次送信を行う。各家庭の防災情報発信源は、事前に指定されたスロットで2次送信を行なう。

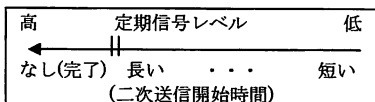


図4. 信号レベルと二次送信開始時間

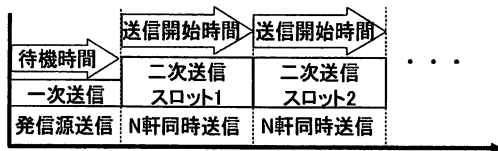


図5. 送信完了モデル

4.2 システム図

図6にシステム図を示した。前節に記したように定期的に送信する信号のSNが一定レベル以上なら二次送信は行わない。

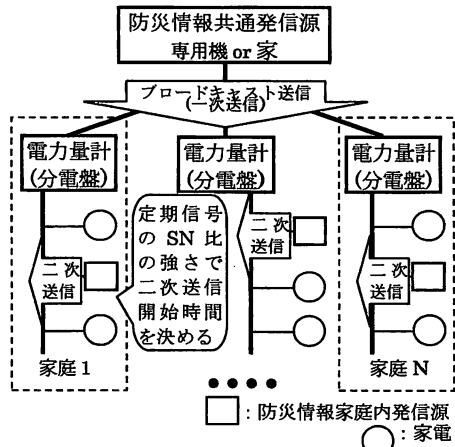


図6. システム図

5. 評価実験と結果

提案内容によってトラフィックが減少、干渉を軽減することが出来るかどうかを実験、机上検討する。有効性と全家庭が確実に送信完了できる時間を明確にする。また今回の実験は研究室内の模擬配線で行った。

災害時の状況を模擬的に再現するための条件は次の通りとする。

- (1) 一つの防災情報のペイロードサイズは100バイトとする。
- (2) 確認通知は返さないものとする。確認通知で干渉発生する。
- (3) 同一低圧配電線上に存在する家庭は100軒とする。
- (4) 信号レベルの強度によって分けられたスロット内の同時送信軒数は同等であるものとする。
- (5) MAC層は電力線通信でのCSMA-ACKとする。

5.1 2次送信の条件

1次送信の各家庭での受信レベルにより、2次送信のスロットを複数で構成する。本検証では、準備できた機材数の制約から1スロットでの同時送信ノード数を7個とし、2次送信が必要なノードは、ノード数7個毎の複数スロットに割り付けられると仮定した。

電力線通信は、5本の搬送波を使用する方式を用いた。電力線通信には2つのモードがある。5

本の搬送波に同一のベースバンド信号を載せるモードを Same モード、一方、ベースバンド信号を 5 分割し、5 本の搬送波で分担して送信するモードを Different モードとする。

ペイロードサイズは、100 バイトと 230 バイトの 2 種で評価した。

これらの条件での実験結果を表 3 に示す。

表 3：同時送信軒数と送信完了時間

同時送信軒数		7	7	7	7
送信ペイロードサイズ(byte)		100	230	100	230
送信モード※1		Same		Different	
送信スピード(kbps)		80		400	
送信完了時間(msec)	最小	33.5	58.9	22.0	35.6
	最悪	100	170	30	40
通信成功率(%)		97	89	100	100

表 3 に示した送信完了時間は、1 スロットに 7 個の PLC ノードが存在し、各ノードの送信が完了するまでの時間を表したものである。最悪値は、スロット内での送信が最終になった場合と推定できる。

送信は、Ack 無しで実施しており、衝突が発生した場合は、パケットは失われる。PLC の制約から衝突検出は行っていない。

送信成功率は、Same モードと Different モード間で差が出ている。Different モードでの送信が Same モードより送信成功率が高い。この理由は Different モードでの送信が同ペイロードサイズであれば電文長が短いため、衝突によるパケットの損失が少ないことによると推定できる。実際の電力線では、Same モードが電力線特有のインピーダンス低下やノイズの影響を受け難く、これは送信成功率を向上させる要因になるが、本実験は模擬線路で実施しておりその差異は評価できない。

5.2 全家庭送信完了推定値

先ほどの実験から 7 軒での送信を基準として Same モードと Different モードの場合、2 次送信が必要な軒数に対してどれほどの時間で全ての家庭へ情報が送信完了されるのかを実験のデータから推測値を求め、図 7 に示した。

5.3 考察

信号レベルが低く、2 次送信が必要である軒数が 20 軒なら、2 次送信は最悪 7 軒×スロットの 300msec 程度で全家庭への防災情報伝送が完了する。しかし、2 次送信が必要な家庭数が 60 軒を越えると、全家庭が送信完了するまで 1 秒を越える。

今回、各家庭の分電盤の近傍に設置された各家庭の防災情報発信源での受信レベルにより、防災情報共通発信源から各家庭内の警報機器や家電機器への信号到達可否を予測する方法を提案した。各家庭の電力線ネットワークは個々に異なり、分電盤位置での受信レベルに代え、分電盤からの信号減衰が最も大きな家庭内ノードの受信レベルを用いる方式も検討できる。その場合は、家庭の防災情報発信源は、その位置から各ノードまでの減衰を定期的に測定する機能を持つ必要がある。

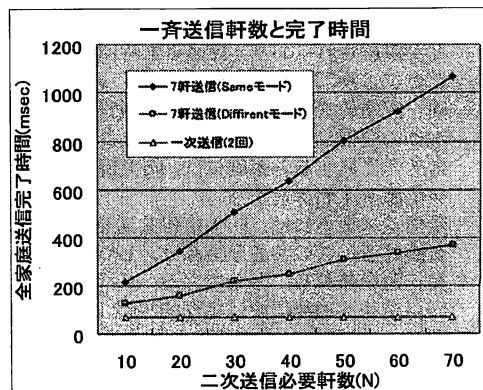


図 7. 全家庭送信完了推定値

6. まとめ

本稿は PLC という通信手段を用い、リアルタイム防災システムに対応したホームネットワークの構築の研究を行った。主な内容は隣接家屋との干渉による輻輳を回避するためのものであった。模擬配線を用いた実験により 2 次送信が必要な家庭数における全家庭への送信完了時間を導いた。今後の課題として干渉を考慮しないで送信を行う場合との比較実験や実家庭を用いた実験が挙げられる。さらに様々な状況下でも使用できるように回避アルゴリズムと通信アルゴリズムの両面からアプローチしていきたい。

参考文献

- [1] リアルタイム地震情報利用協議会，<http://www.real-time.jp/>
- [2] 藤縄幸雄，「ホームセキュリティ～家庭内制御ネットワーク向け防災システム～」，映像情報メディア学会誌，Vol59，No.5，pp.710-715，2005
- [3] 高速電力線通信推進協議会，<http://www.plc-j.org/index.htm>