

## PLC ネットワークを用いた地震対策システム PLC Home Network System for Earthquake Disaster Prevention

本田 大典†      原山 恭輔†      井上 雅裕‡  
Daisuke Honda    Kyosuke Harayama    Masahiro Inoue

### 1. はじめに

地震被害の低減を目的とし、緊急地震速報[1]が日本で実用化された。これにより、テレビ放送や通信ネットワークで地震の発生を伝えることが可能かつ地震波が到着する前に住居者に対策のための数秒の時間が与えられるが、限られた時間の中で情報を利用するには、ホームネットワークシステムとソフトウェアの制御が必要不可欠である。

本研究では、受信した緊急地震速報を PLC ネットワークを用いて家庭内で配信し、警報や・機器の制御をおこなうことで、災害の損害を軽減するシステムを提案する。緊急地震速報を受信する間、隣接家屋間で干渉に起因する PLC 輻輳が発生する。これを低減する手段を検討する。また、それぞれの家屋や家族の状況に応じた最適な避難告知と制御内容を決定するアルゴリズムを検討する。

### 2. 利用技術

#### 2.1 PLC について

電力線を通信媒体とした HF 帯 PLC (Power Line Communication) [2]は既存の電力線を使用することで特別な配線を必要としない、ネットワーク構築が容易な通信媒体である。しかし、災害時などのトラフィックが増加する場合、隣接家屋との干渉により輻輳が起こる可能性がある。

表 1. 実験に用いた HF 帯 PLC の主な仕様

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

#### 2.2 緊急地震速報について

地震には二種類の波がある。伝播速度の早い P 波と、伝播速度は遅いが大きな災害の原因となる S 波である。緊急地震速報では、まず、各地の地震観測網が P 波を検知する。次に収集したデータをコンピュータが高速処理し、地震の規模を解析し、S 波が到着する前に情報を配信する。これによって 2 次災害対策や心構えをする猶予を得ることができる。

### 3. 要求条件

PLC ホームネットワークでの高信頼情報への要求を以下に示す。

- (1) 通信が制約時間内(S 波到着前)に完了すること。  
(震源地との距離が近い、直下型地震は対象外とする)
- (2) PLC は、隣接家屋間で、干渉し、輻輳と伝達遅延を引き起こす可能性がある。緊急地震速報を受信する間、PLC の輻輳を防ぐことが必要である。
- (3) 電力線上には様々な家電が存在し、PLC 通信の妨げになる可能性がある。それに伴い到達距離が変動する。到達距離変動に対応できるプロトコルの実装が必要である。

以上のことより本研究における「高信頼情報配信」を次のように定義する。

- 通信の遅延時間が 100msec 以内の通信
- 情報の初送信が 95%以上の通信成功率を保証する通信方式
- 一般家屋中の面積をカバーできる到達距離

### 4. PLC ホームネットワークシステム概要

マンションを想定した PLC システム(図 2)を設計する[3]。特徴はトランス以下で信号が共有されることを逆に利用した共通発信源の存在である。まず、共通発信源は各家庭に 1 次送信を行なう。次に、各々の家庭にある家庭内発信源は干渉を減らすために、ディレイ値に応じて 2 次送信を行なう。

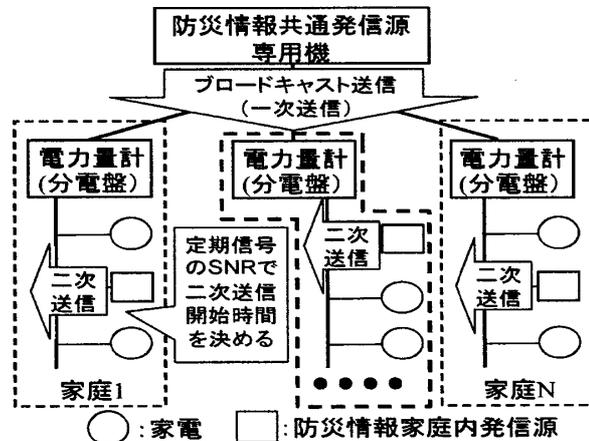


図 2. PLC ホームネットワークシステム

### 5. 高信頼性情報配信

システムでは、共通発信源と各々の HGW との間に SNR に応じたディレイ値を与えて、2 次送信する。共通発信源との PLC の SNR が相対的に低い HGW に対しては、1 次送信をバックアップするために、より短いディレイ値で 2 次送信することを許可する。

また、PLC の到達距離変動（短縮）に対応できるマルチホップ方式により、家屋で広範囲な通信をカバーする。

† 芝浦工業大学 電気電子情報工学専攻

‡ 芝浦工業大学 電子情報システム学科

表2. 通信状況によるディレイ値

SNR	ディレイ値(msec)	通信成功率
SNR<40dB	無し(0msec)	100%未満
40≤SNR<60dB	30msec	100%
60dB≤SNR	60msec	

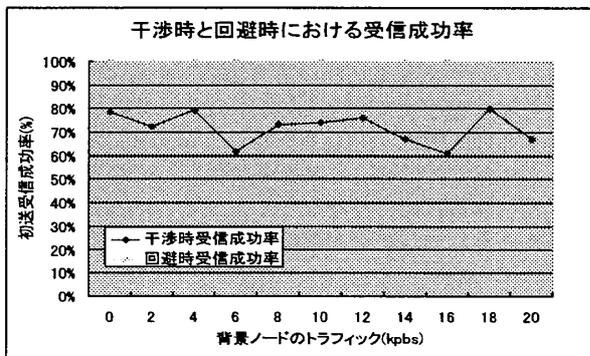


図3. 2次送信のPLC受信成功率

図3より、干渉時とディレイ通信による回避時を比較すると親の受信成功率は背景パケットが18kpbsまで100%と要求条件を満たすことがわかった。背景パケットが20kpbsでも回避時の受信成功率は96%を維持した。

以上のことより、SNRによってディレイ値を設定することは十分に有効であるといえる。

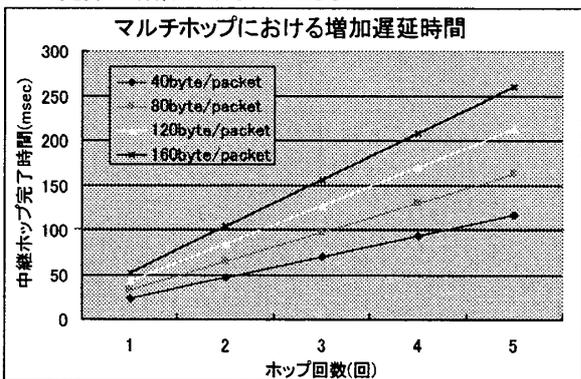


図4. マルチホップにおける遅延時間増加

マルチホップを含む通信遅延の上限を100msecと定めると、図4から1パケットのサイズが40byteなら4ホップ、80byteなら3ホップまで制約時間を満たすことが分かる。一般家庭の規模を考慮しても十分に有効な値である。

## 6. 避難告知アルゴリズム

本研究では、各々の家の条件に従い家族ごとに制御する情報家電や最も適切な避難指示を決定するためのアルゴリズムを検討する。緊急地震速報、各々の建物の特徴や家族の特徴において、避難指示と機器制御は地震の到着時間や規模に対応した決定をする。

避難告知のアルゴリズムの要求条件を以下に示す。

- (1) 地震による家屋の被害の推定。
- (2) 損害の推定と家族の特徴(年齢、ハンディキャップ、その他)から避難告知を決定
- (3) 指示の適切さの向上

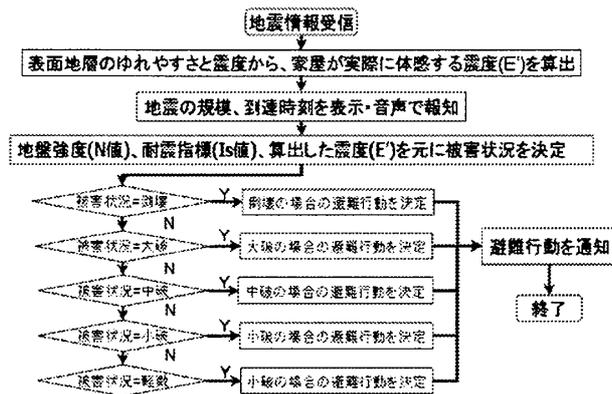


図5. 避難告知アルゴリズムフローチャート

避難告知アルゴリズムを評価するために、Analytic Hierarchy Process AHP[4][5]を採用した。図6は、基準、基準の優先度と代替案を用いてAHP図を表している。AHP分析法は提案された避難している通知アルゴリズムが0.669の優先度を得ることから、0.331の優先度を得る従来のアルゴリズムより優れている。

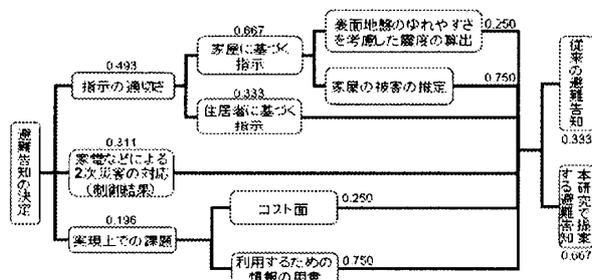


図6. 避難告知アルゴリズム評価用AHP階層図

## 7. まとめ

本研究では、緊急地震速報を利用するために、地震災害防止のために高信頼性PLCホームネットワークシステムと避難告知アルゴリズムを提案した。

干渉に起因するPLCの輻輳を抑えるために、SNRに応じた順応なディレイ値によって2次送信をすることは有効である。マルチホップ方式は、家屋で広範囲の通信をカバーすることが可能である。1パケットのサイズが40byteなら4ホップ、80byteなら3ホップまで制約時間を満たすことが分かった。

避難指示と機器制御は、地震波の到着時間や規模、各々の建物の特徴と家族の特徴対応した決定がされる。AHPによる評価から、提案された避難告知アルゴリズムが従来のアルゴリズムより優れていることを示した。

## 参考文献

- [1] Japan Meteorological Agency, <http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/ew.html>
- [2] Kazumasa Suzuki, Isamu Kawakami, Mamoru Sakugawa, Hiroyuki Kondo, Hitoshi Kubota, "High Frequency Band Dispersed-Tone Power Line Communication Modem for Networked Appliances," IEEE Trans on CE, Vol. 52, No. 1, pp. 44-50, Feb. 2006.
- [3] 原山恭輔, 井上雅裕, 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, 情報処理学会研究報告, Vol.2006, No.54(UBI-11), pp.39-42, 2006.
- [4] T.L.Saaty: A: Analytic Hierarchy Process, RNS Publications (1990)
- [5] Expert choice, <http://www.expertchoice.com/>