

リアルタイム防災システムのためのワイヤレスホームネットワーク

原山 恭輔† 平井 裕二‡ 山口 成‡ 井上 雅裕‡
 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‡

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。その一例として次世代防災システムの一案である「緊急地震速報」が挙げられる。既に病院等での運用が試験段階まで検討されている。一方、一般家庭で利用するには新築のみならず、既設の家庭にも対応出来なければならない。よって、新規の通信線を敷設すること無く構築しなければならないが、現状は様々な問題により構築できていない。本研究では防災情報をワイヤレスホームネットワークで活用することを想定した場合に考えられる要求条件を明確にし、解決手段を提案する。

2. 緊急地震速報の背景

2.1 緊急地震速報とは^[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 波を全国の地震観測網で検知し、集めた情報を高速処理する。地震の揺れの大きさや到着時刻を素早く、放送や通信網を用いて配信し、S 波が到着する前に防災対策や二次災害対策を行うことを目的としている。

2.2 ホームネットワークの要求条件

緊急地震速報をホームネットワーク内で防災対策に活用する場合、次の点が要求条件として挙げられる。

- (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がある。
- (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。

- (3) 近隣家屋との干渉問題への対応が必要である。地震発生後一定時間、周辺地域には情報送信が集中することが考えられる。よって無線や電力線等、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危惧される。

3. システムの構成方式

研究は新規に敷設工事が要らない No New Wire という考えに則り PLC (電力線通信: Power Line Communication) と ZigBee (IEEE802.15.4) を選択した(表 1)。それぞれを用いたシステムと、二方式を合わせたハイブリット方式を提案、検討した。

表 1. ホームネットワークの主な仕様

通信媒体	HF-PLC	IEEE802.15.4
変調方式	トーン分散型マルチキャリア伝送方式	DSSS
アクセス方式	CSMA/CA	CSMA/CA, TDMA (GTS)
伝送速度	400, 320, 240, 160, 80 kbps に切替え	250kbps
周波数帯	2~9MHz 帯	2.4GHz 帯
伝送距離	—	10~75m

3.1 PLC 方式

PLC は既存の AC ラインを使用することで特別な配線を必要としない、新しいワイヤレスネットワークとして注目を集めている。今回対象とした PLC^[2]は電力線のノイズレベルが低く、かつインピーダンスが安定した周波数帯を用いている。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。PLC を用いた場合、同一低圧配線電線を共有している隣接家屋との干渉、漏洩問題が懸念される。そこで次の提案を検討した。

情報の漏洩を逆に利用した情報送信を行い、同一低圧配電線を共有する家庭に向けた一次送信と、それぞれの家屋内での二次送信に分ける方法である(図 1)。一次送信は Same モードと呼ばれる、複数のキャリアに同一信号を載せたノイズ耐性に優れた送信方式を用いる。また各家庭内に向けた二次送信には異なる信号を載せることで、電文長が短くなり、トラフィックが落とせる方式である Different モードを用いて送信を行う。一度に干渉を受ける家庭数を 7 軒として遅延時間の検証を行った。

Wireless home network for real-time disasters prevention system

Kyosuke Harayama†, Yuji Hirai‡, Akio Yamaguchi‡, Masahiro Inoue‡

†Electrical Engineering and Computer Science, Shibaura Institute of Technology

‡Department of Electronic information Systems, Shibaura Institute of Technology

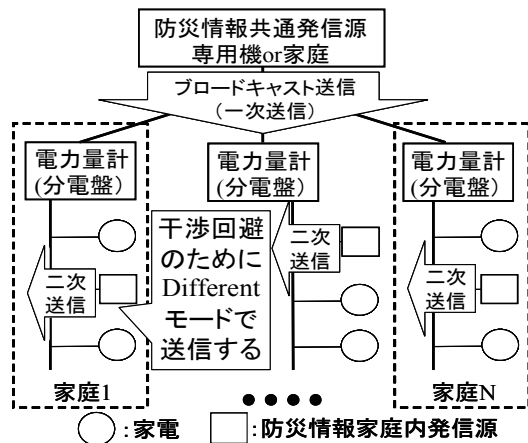


図1. 共通発信源を用いたシステム図

3.2 IEEE802.15.4方式^[3]

IEEE802.15.4はISM帯である2.4GHzを用いた小電力無線通信規格である。IEEE802.15.4は起動時間が短く、数多くのノードを制御するのに向いている方式である。また、帯域が保証されたGTS(Guarantee Time Slot)と呼ばれるタイムスロットを構築することができるため、GTS区間を用いて、ハードリアルタイム通信を可能にする見込みがある(図2)。

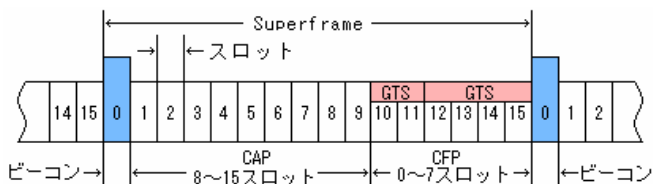


図2. スーパーフレーム構造

IEEE802.15.4は無線媒体なので隣接家屋同士やPAN(Personal Area Network)内、その他の2.4GHz帯の機器(無線LANやBluetooth等)と干渉、混信が起きる。本研究では、干渉時にもGTS区間で通信が行えると仮定し、下記のハイブリット方式の検討に充てた。

3.3 ハイブリット方式

前節で検討、実験した二方式を混合させた方式を提案する(図3)。机上検討を行い、その優良性を評価する。

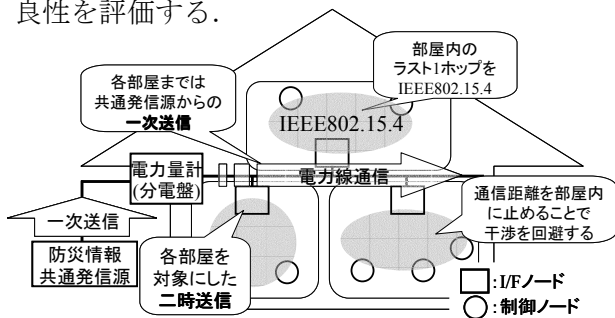


図3. ハイブリットシステム図

4. 評価実験と結果

PLCのモジュールを用いて、提案の検証を行った結果を表2に示す。同時に干渉を受ける隣

接家屋軒数を7軒とした。

表2. 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
通信モード	Same		Different	
送信速度(kbps)	80		400	
送信完了時間(sec)	最小	33.5	58.9	22.0
	最悪	100	170	30
通信成功率(%)	97	89	100	100

送信成功率は、SameモードとDifferentモード間で差が出ている。Differentモードでの送信成功率がSameモードより高い。この理由はDifferentモードでの送信時間が同ペイロードサイズであれば短いため、衝突によるパケットの損失が少ないことによるものと推定できる。本実験は模擬線路で実施しており、方式の違いによるノイズ影響の評価していない。

次に、ハイブリット方式の机上検討を行い、上記PLCの提案方法と比較した。同一低圧配電線路上にある家庭を10~70軒と仮定し、防災情報を230byteとした場合の全家庭への配信完了時間を検証した(表3)。

表3. ハイブリット方式の送信完了時間

送信方式	家庭数(軒)			
	10	30	50	70
PLC方式(msec)	198	278	398	518
ハイブリット(msec)	236	236	236	236

完了時間の内訳としては共通発信源からの一次送信を二回行った後、PLC方式では干渉家庭を7軒ずつ時間で区切りDifferentモードで送信し、ハイブリット方式は1スロット分のGTSで通信が完了するスーパーフレーム時間を加えた。今後はDifferentモード時、より多数の家庭間干渉の遅延や、GTS通信完了時間の実測値が検討項目となる。

5. まとめ

本研究ではワイヤレスネットワークの要求条件を明確にし、PLCとIEEE802.15.4について、リアルタイム性と干渉、混信回避の両立を検証した。PLCではSameモードとDifferentモードを使い分け有効性を示した。今後はIEEE802.15.4のGTS方式の検証や、より実家庭に近い状況での実験を行いたい。

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] Hitoshi Kubota, Kazumasa Suzuki, Isamu kawakami, Mamoru Sakugawa, and Hiroyuki Kondo: IEEE Transactions on Consumer Electronics, 52(1), PP.44-50, FEB. 2006.

[3] IEEE802.15.4 Std.