

M-037

HF帯を使用した2種類のPLCの共存に関する研究  
Study on the coexistence of two types of PLCs in HF Band

鈴木 彰仁<sup>†</sup> 千田 健太<sup>‡</sup> 井上 雅裕<sup>‡</sup>  
Akihito Suzuki Kenta Senda Masahiro Inoue

1. まえがき

2006年秋から屋内でのHF帯の電力線通信(Power Line Communication, PLC)の使用が規制緩和されたことにより、ホームネットワークの通信媒体としての注目を集めている。そのような中で、規制緩和された周波数帯域を使用したPLC(高速PLC)と規制緩和された周波数帯域の一部を使用した分散トーン型PLC(中速PLC)を対象機器に要求される通信速度によって使い分けたホームネットワーク構築構想がある[1]。

- ・中速PLC…セキュリティ機器, 照明, 音声通信など
  - ・高速PLC…インターネット, AV機器など
- 本研究では、両PLCが同一の電力線上で共存した際の問題点を明確化し、それらに対する解決案を提案する。

2. 共存時において考えられる問題

表1. 各PLCの主な仕様[2][3][4][5]

	中速PLC	高速PLC		
		HD-PLC	HomePlug AV	UPA
周波数帯域	2-9MHz	4-28MHz	2-30MHz	
最大物理速度	400kbps	190Mbps	200Mbps	190Mbps
アクセス方式	CSMA	TDMA + CSMA/CA		TDMA
変調方式	分散型トーン マルチキャリア方式	Wavelet OFDM	OFDM	
最大消費電力	1.7W	4W		6.5W

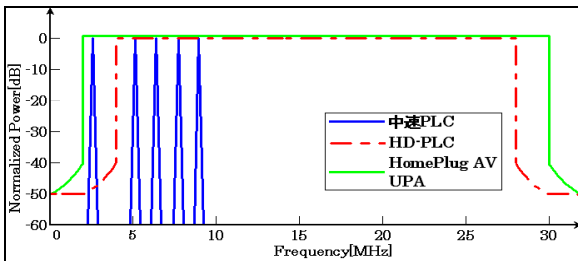


図1. スペクトラムイメージ図

中速PLCと高速PLCでは、使用している周波数帯域に重なりがあるため、互いの信号トーンをノイズとみなし、信号対雑音比(Signal to Noise Ratio, SNR)の低下や信号トーンの衝突によるパケットロスになると予測できる。

現状として、異なる高速PLC間の共存については研究報告がされている[6]が、中速PLCと高速PLC間では報告されていない。

3. PLCの共存実験

実際に両PLCを同一の電力線上で共存させた場合、どのような現象が起こるのか実験する。高速PLCにHD-PLC方式を採用した。実験環境は図2に示す。

- ・Pattern1…中速PLCが待機状態
- ・Pattern2…高速PLCの通信後、20秒後に中速PLCを通信させる
- ・Pattern3…中速PLCを事前に通信させ高速PLCを通信させる

<sup>†</sup> 芝浦工業大学 電気電子情報工学専攻  
<sup>‡</sup> 芝浦工業大学 電子情報システム学科

高速PLCと中速PLCが共に通信した場合、最大約30Mbpsの通信速度の低下がみられた(Pattern2)。しかし、中速PLCを事前に通信させ高速PLCを通信させた場合、通信速度は平均して約10Mbps低下している。これは、高速PLCが周波数帯域全体を利用するリンク管理トーンによって経路上のSNRを測定していること、その後、高速PLCが中速PLCの使用周波数帯を通信時における使用を避けたためだと考えられる。

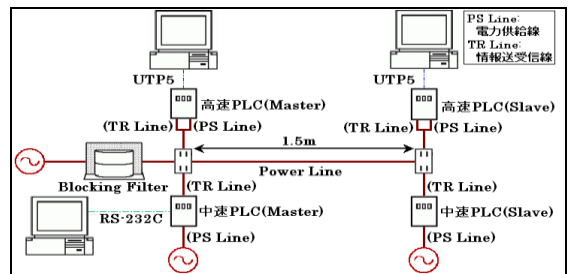


図2. 実験環境図

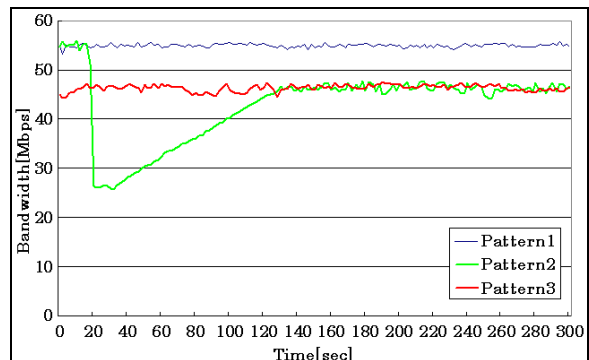


図3. 共存時における高速PLCの通信速度変化

このとき、Pattern2, 3共に中速PLCのパケットロスは見られなかった。すなわち、Pattern3のような状況を常に構築していれば、両PLCが通信していても共存できると考えられる。高速PLCが待機状態においては、中速PLCのPER(パケットエラーレート)は約20%であった。これは高速PLCのリンク管理トーンとの衝突によるパケットロスだと考えられる。

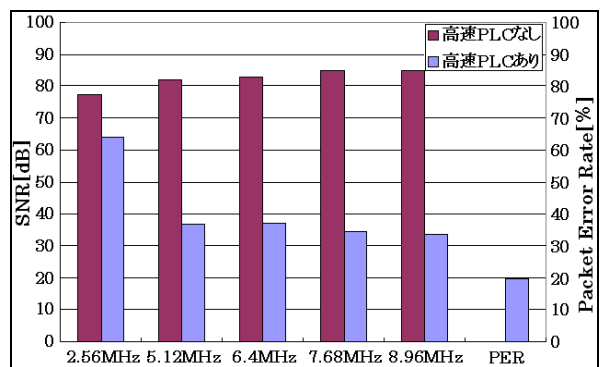


図4. 中速PLCの各トーンのSNRとPER

以上のことから、両 PLC が同一の電力線上で共存した場合、高速 PLC が待機状態のときに中速 PLC のパケットロスが見られる。

ホームネットワークを例として考えると、高速 PLC は通信状態より待機状態のほうが圧倒的に長く、中速 PLC は高速 PLC に比べて、対象機器に高い信頼性が要求されるものが多く、パケットロスは致命的である。

#### 4. 課題に対する解決案

課題解決に対する要求条件は以下にまとめる。

- ・ 中速 PLC の PER が常に充分低い ( $PER < 10^{-3}$ ) .
- ・ 高速 PLC の通信速度の安定化.
- ・ 既存の製品にも容易に対応できる.
- ・ 低消費電力化.

ここで、本研究では、解決案として高速 PLC (Master) と電力線間に特定の周波数を減衰させるバンド・エリミネーション・フィルタ (BEF) を導入し、中速 PLC と高速 PLC の使用周波数帯を分離することを提案する。

BEF を導入することにより、

(1) 高速 PLC (Master) が待機時に発するリンク管理トーンが、中速 PLC が使用している周波数帯のみ減衰され、中速 PLC のトーンが破損しない。

(2) (1)より、高速 PLC (Master) が、中速 PLC が使用している周波数帯の SNR が他より低いと判断し、通信開始時から中速 PLC が使用している周波数帯を避けて通信するため、安定した通信速度を保てる。

と考えられる。

次に、リンク管理トーンをどの程度減衰させれば、中速 PLC との干渉が起きないか実験する。高速 PLC (Master) と電力線間に減衰器を導入し、リンク管理トーンを段階的に減衰させた (図 5) .

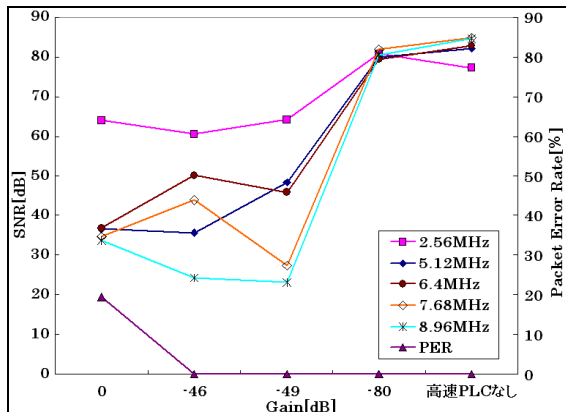


図 5. 中速 PLC の各トーンの SNR と PER

実験結果から、中速 PLC が使用している周波数帯を 46dB 減衰させれば、高速 PLC のリンク管理トーンと中速 PLC のトーンの干渉が起きないことがわかる。

#### 5. BEF による通信比較実験

BEF を導入し、高速 PLC の通信速度、中速 PLC の各トーンの SNR, PER を測定した。また、本実験に使用した BEF の周波数特性を図 6 に記す。

両 PLC を共に通信させた場合、高速 PLC の通信速度は BEF\_1 導入時に約 35Mbps, BEF\_2 導入時に約 37Mbps となり、図 3 の結果と比べても大きな差はなく、BEF の効果

が確認された。しかし、通信時に使用する周波数帯が狭まったため、通信速度は低下している。高速 PLC のリンク管理トーンに関しては、中速 PLC の各トーンの SNR から見て良好に減衰され、PER も 0%を示している (図 7) .

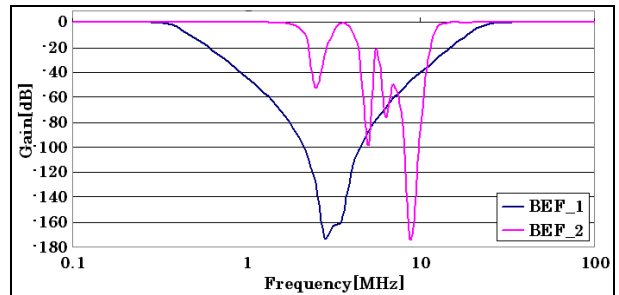


図 6. 使用した BEF のシミュレーションによる周波数特性

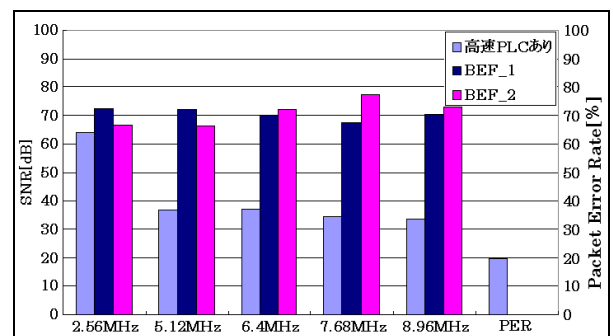


図 7. BEF 導入時の中速 PLC の各トーンの SNR と PER

#### 6. まとめ

本研究では、HF 帯を使用した 2 種類の PLC の共存に関して、BEF による使用周波数帯の分離を提案した。

BEF を高速 PLC (Master) と電力線間に 1 台のみ導入することにより、中速 PLC のパケットロスがなくなる反面、高速 PLC の使用周波数帯が狭まるため、通信速度が低下することがわかった。また、BEF の特性や遮断周波数帯を変えれば、今回の通信速度より高くなる可能性がある。

この提案は、物理層に対するアプローチのため、あらゆる高速 PLC の規格に対して対応できる。

#### 参考文献

- [1]RENESAS 中速 PLC “NILLC” に関する取組みご紹介, [http://www.cepc.org/about\\_us/Events/past\\_events/japan\\_seminar/CEPCA\\_Seminar\\_Renesas.pdf](http://www.cepc.org/about_us/Events/past_events/japan_seminar/CEPCA_Seminar_Renesas.pdf)
- [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]HD-PLC, <http://www.hd-plc.org/>
- [4]HomePlug Powerline Alliance, <http://www.homeplug.org/>
- [5]Universal Powerline Association, <http://www.upapl.org/>
- [6]児玉 宣貴, 古賀 久雄, 異なる PLC モデム間での共存方式について, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, Vol. 2005 年\_基礎・境界 (20050907), pp. 127.