

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[†] 千田 健太[‡] 井上 雅裕[‡]
 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全域を使用した PLC (高速 PLC) と規制緩和された周波数帯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	2-30MHz	4-28MHz	2-30MHz	
最大物理速度	400kbps	160kbps	200kbps	160kbps
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	

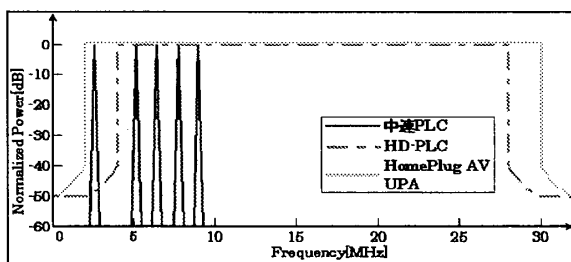


図 1. スペクトラムイメージ図

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

[†] 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

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.

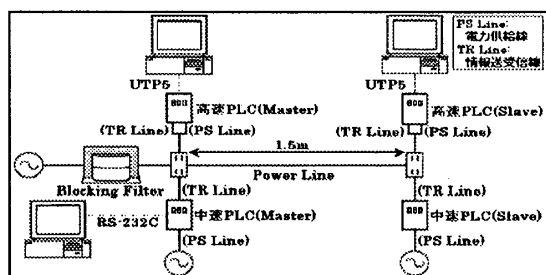


図 2. 実験環境図

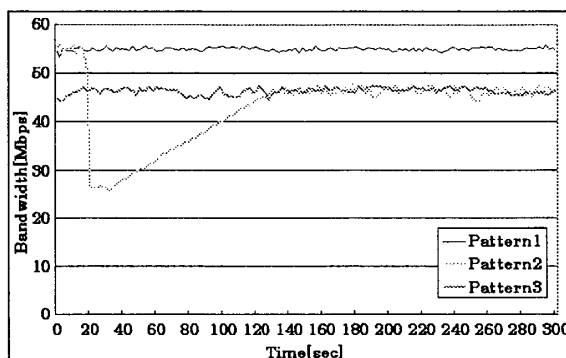


図 3. 共存時における高速 PLC の通信速度変化

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, Pattern 3 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.

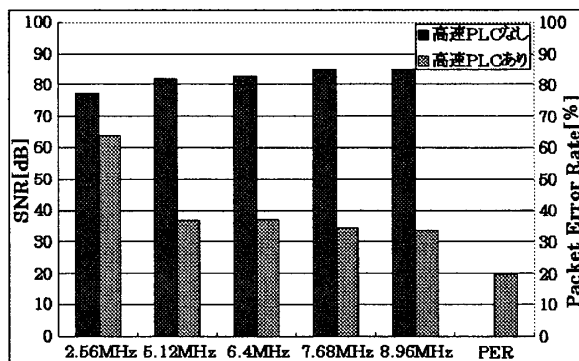


図 4. 中速 PLC の各トーンの SNR と PER

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) 。

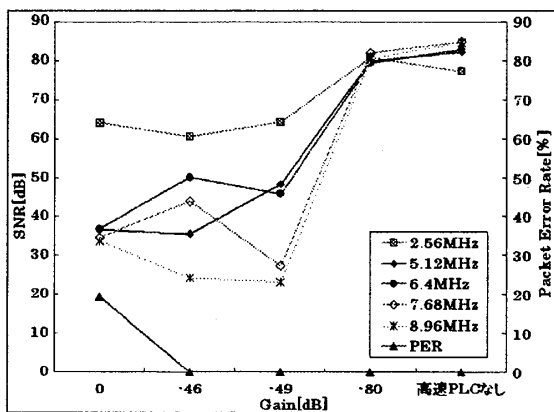


図 5. 中速 PLC の各トーンの SNR と PER

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) 。

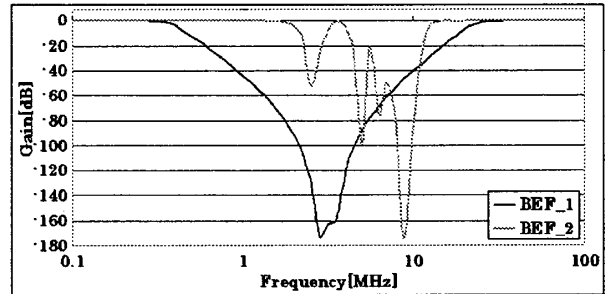


図 6. 使用した BEF のシミュレーションによる周波数特性

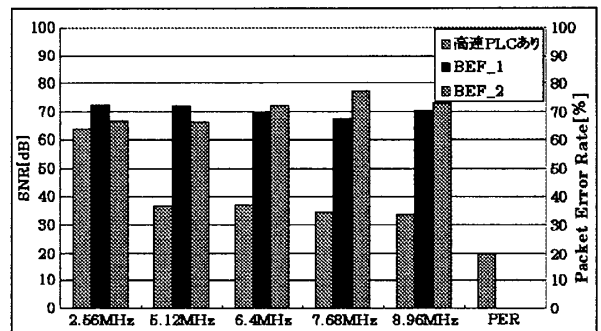


図 7. BEF 導入時の中速 PLC の各トーンの SNR と PER

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.cepca.org/about_us/Events/past_events/japan_seminar/CEP_CA_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 貴典, 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.