

# 全二重無線エネルギーハーベスティングを用いた Filter-and-Forward リレーネットワークの提案

B-5

Proposal of Filter-and-Forward Relay Network  
with Full-duplex Wireless Energy Harvesting

古川 純汰  
Junta Furukawa

宮嶋 照行  
Teruyuki Miyajima

杉谷 栄規  
Yoshiki Sugitani

茨城大学工学部  
College of Engineering, Ibaraki University

## 1 まえがき

無線 Energy Harvesting (EH) は、RF 波からエネルギーを収集する技術であり、同時に情報信号の伝送も可能である。文献 [1] では、無線 EH を用いる全二重 Amplify-and-Forward (AF) リレー方式が提案された。しかし、マルチパス通信路における符号間干渉 (ISI) は考慮されていない。文献 [2] では ISI を抑えるため、EH を用いる半二重 Filter-and-Forward (FF) リレー方式が提案された。本稿では全二重無線 EH を用いた FF リレー方式を提案する。

## 2 システムモデルとフィルタ設計

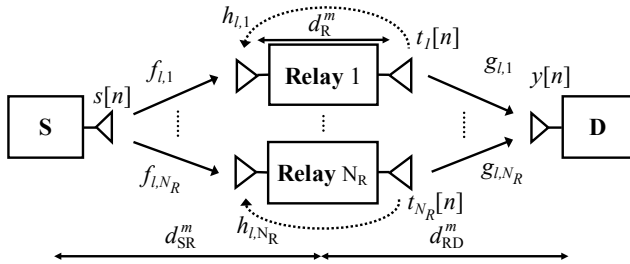


図 1 システムモデル.

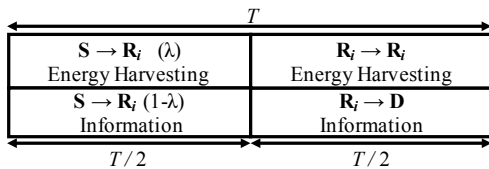


図 2 リレー動作プロトコル.

図 1 と図 2 にシステムモデルとリレー動作プロトコルを示す。情報信号はそれぞれ  $T/2$  秒間の 2 つのフェーズにより伝送される。第 1 フェーズでは、送信機 S から情報信号  $s[n]$  が送信される。第  $i$  リレー局  $R_i$  は受信信号の一部を分割率  $\lambda$  だけ EH 処理をする。残りを情報信号とみなして係数  $\mathbf{w}$  を持つ FIR フィルタにより処理する。フィルタは ISI を抑圧するように決める。第 2 フェーズでは、リレー局はフィルタ出力  $t_i[n]$  を送信しながら、それを受信して EH 処理を行う。

リレーは直線上に等間隔に配置されており、 $N_R$  はリレー局数、 $d_{SR}$ ,  $d_{RD}$ ,  $d_R$  はそれぞれ  $SR_i$  間、 $R_iD$  間、リレー局自身のアンテナ間の距離、 $m$  は距離減衰指数、 $\mathbf{f}_i$ ,  $\mathbf{g}_i$ ,  $\mathbf{h}_i$  はそれぞれ  $SR_i$  間、 $R_iD$  間、 $R_iR_i$  間のチャネルを表し、全て周波数選択性チャネルとする。

第 2 フェーズで  $R_i$  では送信と同時に受信が行われる。送信電力  $p_t$  は式 (1) で表される。

$$p_t = E [ |t_i[n]|^2 ]. \quad (1)$$

また受信した信号  $r_{i,2}[n]$  を EH により電力  $p_i^r$  へ変換する。電力  $p_i^r$  は電力変換効率  $\eta$  を用いて式 (2) で表される。

$$p_i^r = \eta \cdot E [ |r_{i,2}[n]|^2 ]. \quad (2)$$

これにより得られた電力  $p_i^r$  以下になるようにリレー送信電力  $p_t$  を制限し、その条件下で受信 SINR が最大となるようなフィルタ係数  $\mathbf{w}$  を求める。この時  $\mathbf{w}$  は以下の最適化問題を解くことで求められる。

$$\max_{\mathbf{w}} \text{SINR} \quad \text{s.t.} \quad p_t \leq p_i^r, \quad i = 1, \dots, N_R. \quad (3)$$

式 (3) は文献 [2] と同様の二分法で解くことが出来る。

## 3 シミュレーション結果

図 3 に  $\text{SNR} = P_s / \sigma_{mR,1}^2$  に対する SINR 特性を示す。 $N_R = 3$ , 電力分割率  $\lambda = 0.65$ , 各通信路インパルス応答長は  $L_f = L_h = L_g = 3$ ,  $\eta = 0.8$ ,  $d_{SR} = d_{RD} = 3$ ,  $d_R = 1$ ,  $m = 2.7$  とした。ここで、フィルタ長  $L_w = 1$  の時、FF リレーは AF リレーに相当する。図 3 より、提案法のフィルタ長  $L_w$  を増やすことで干渉を抑圧し、SINR が飽和せず改善することが分かる。

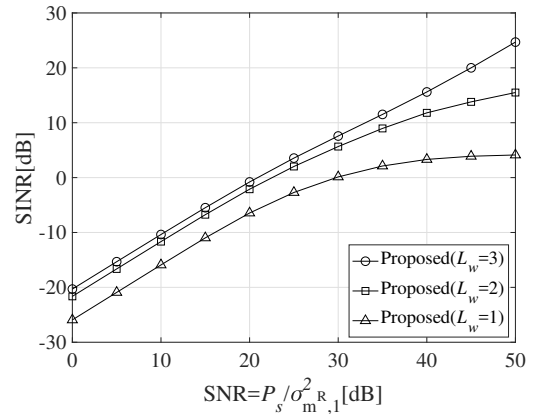


図 3  $\text{SNR} = P_s / \sigma_{mR,1}^2$  に対する SINR 特性.

## 4 まとめ

全二重無線 EH を用いる FF リレーネットワークシステムを提案し、シミュレーションによりその優位性を示した。

## 参考文献

- [1] Y. Zeng, R. Zhang, "Full-duplex wireless-powered relay with self-energy recycling," IEEE Wireless Commun. Lett., Apr. 2015.
- [2] 馮龍龍, 宮嶋照行, "無線エネルギーハーベスティングを用いる FF リレー...", 信学技報, WBS2016-55, vol. 116, no. 337, pp. 43-48, Dec. 2016.