

電力測定のための無線信号伝送システムでの干渉低減評価

Evaluation of interference immunity in radio signal transmission system for electronic-power measurement

ドン クォング マン*¹
Cuong Manh Doan

清水 則博*¹
Norihiro Shimuzu

古関 隆章*¹
Takafumi Koseki

*¹ 東京大学大学院・情報理工学系研究科・電子情報学専攻
Dept. of Communication and Information science, The University of Tokyo

1. まえがき

電力ピーク負荷をオフピーク帯へシフトさせるために、瞬間的に使用される電力の情報が必要である。そのために、様々な電気製品の使用電力情報を収集する分散型電力測定システムを考える。個々の電力測定器の配線は簡単でないため無線通信技術を応用する。

ケーブルなしで通信するテクノロジーは赤外線無線通信、HomeRF などがあるが、Bluetooth と無線 LAN 通信技術は免許不要の 2.45GHz 帯で稼働し、安価という特長を持っているので、これらを用いたシステムを考える。

しかし、狭空間で複数のチャンネルが通信すると、同一チャンネル干渉が生じ、通信品質が劣化する。この現象に対して、通信品質を高める方法を提案し、シミュレーションモデルによって評価する。

2. 無線通信技術の応用

2.1. 無線センサの概要

ある程度伝送レートが高く価格も安くできれば、取り付けの容易な無線センサが有用になる。その概要は図 1 に示す。

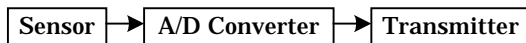


Fig. 1: A concept of wireless sensors

2.2. 問題点

提案する無線信号伝送システムでは、2.45GHz の免許不要の帯域周波数を利用するため、同じ 2.45GHz の電子レンジや無線 LAN など妨害源となりうる電気機器が近傍にあるため、熱雑音やフェージングの他に、分散型システムには、他の機器からの干渉信号の影響も問題となっていた。

3. 干渉低減の対策とその効果

3.1. 直接スペクトル拡散における方法

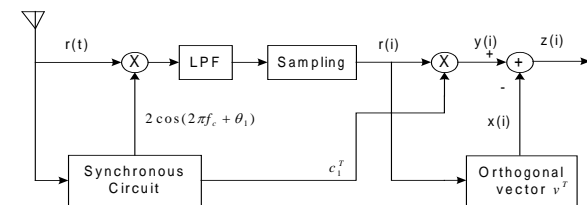


Fig. 2: A diagram of receiver using orthogonal vector

無線 LAN の殆どは DS-SS を利用するので、この DS-SS は拡散符号により拡散変復調が行われる。図 2 は直交ベクトルを用いる受信機の構成図を示す。また、多チャンネルが同時に通信する場合、拡散符号の自己相関と相互相関を求めることができる。

ビット同期とチップ同期の場合を仮定すれば、

$$y(i) = \mathbf{c}_1^T \mathbf{r}(i) \quad (1)$$

$$= R_1 d_1(i) N_c + \sum_{k=2}^K R_k d_k(i) \alpha_{1,k}^{(i)} \cos(\theta_k - \theta_1) + n(i)$$

但し、 $\mathbf{c}_1^T \mathbf{c}_1 = N_c$, $\mathbf{c}_k^T \mathbf{c}_k = \alpha_{1,k}$, $\mathbf{c}_k^T \mathbf{n}(i) = n(i)$

$$z(i) = y(i) - x(i) = R_1 d_1(i) (N_c - \mathbf{v}^T \mathbf{c}_1^i) \quad (2)$$

$$+ \sum_{k=2}^K R_k d_k(i) (\alpha_{1,k}^i - \mathbf{v}^T \mathbf{c}_k^i) \cos(\theta_k - \theta_1) + n(i) - \hat{n}(i)$$

あるベクトル \mathbf{v}^T は次式を満たせば、干渉除去できる。

$$\mathbf{v}^T \begin{bmatrix} \mathbf{c}_1 \\ \dots \\ \mathbf{c}_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ \alpha_{1,k} \end{bmatrix} \quad (3) \quad \text{但し } \mathbf{c}_k : \text{拡散符号}$$

\mathbf{v}^T : 直交ベクトル
 $\alpha_{1,k}$: 相互相関値 ($k \geq 2$)

3.2. 周波数ホッピングの提案パターン(FHP)

希望チャンネルの周波数が f_c の時、干渉チャンネルの信号は式(4)を示す。

$$s_i(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T}} \cos(2\pi(f_c + f_d)t + \phi_d(t)) \quad (4)$$

複数のピコネットが場合も同様に f_d は 0 にならなければ良い。周波数ホッピングの提案パターンは下に示す。

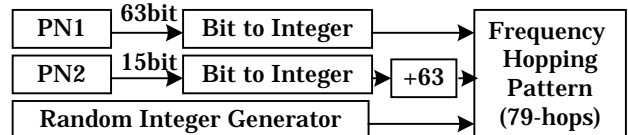


Fig. 3: Method to produce the proposed frequency-hopping pattern

3.3. イミュニティ評価

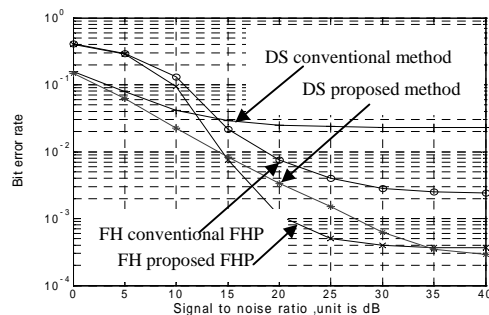


Fig. 4: Immunity improved by our proposals

図 4 より提案方法は 5 チャンネルの時、ビット誤り率が改善できる。

4. まとめ

直交ベクトルと周期的な周波数ホッピングパターンを応用すればビット誤り率を改善でき、通信の品質向上に有用であることを確認した。

技術的な議論協力を頂けたナナ LEM の弓長氏に感謝する。