

H2 時間ホッピング UWB 伝送におけるジッタの影響に関する一検討

木村 直樹 佐々木 重信 周杰 村松 正吾 菊池 久和

新潟大学工学部電気電子工学科

あらまし

UWB(Ultra Wideband)伝送方式は極めて時間幅の短い数ナノ秒以下のインパルスを用いることにより、数 GHz の周波数帯域を利用して近距離で数百 Mbps という高速なデータ伝送を実現可能な方式である。用いる波形の時間幅が非常に狭いことからジッタの影響が考えられる。そこで本報告では時間ホッピング(TH)UWB 方式でのジッタの影響と用いる波形による影響を検討する。

1. はじめに

近年、オフィスや家庭内において無線 LAN や無線 PAN といった近距離無線通信の需要が増大している。画像などの大容量データを取り扱う機会が増えるに従い、このような無線通信に求められる速度や伝送品質はますます高くなることが予想される。このような中で、大容量の高速データ伝送が可能な技術として注目を集めている技術が Ultra Wideband(UWB)無線通信である。

UWB 通信は原則としてキャリア変調を行わず、数ナノ秒以下のパルスを利用し、数 GHz の周波数帯域を占有して近距離で数百 Mbps という高速なデータ伝送を実現可能な方式である。パルスの送信時間が通信時間全体に対して非常に短いため、マルチパス環境の影響をうけにくく、消費電力も小さくて済むというメリットがある。しかし、パルスの時間幅が非常に短いことから、既存の通信システムでは無視できるようなパルス発生器等で生じるジッタが通信性能へ悪影響を及ぼす恐れがある。

そこで本研究では時間ホッピング/パルス位置変調(time hopping/Pulse position modulation: TH/PPM)を用いた UWB 伝送におけるジッタの影響と用いる波形による影響について検討する。

2. システムモデル

本研究で用いる TH/PPM 伝送における送信側のシステム構成を図1に示す。送信信号 $s(t)$ は次式で与えられる。

$$s(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} w(t - jT_f - c_j T_c - \delta D_{[j/N_s]}) \quad (1)$$

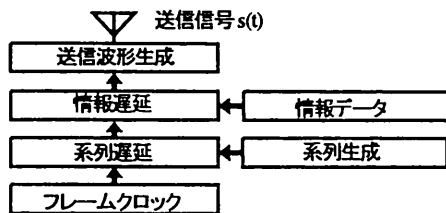


図1 時間ホッピング UWB 伝送の送信側システム構成

ここで、 T_f はフレームクロック、 T_c はチップ長、 c_j は TH 系列の j 番目の要素、 D_j は 0, 1 の 2 進の情報データである。 $w(t)$ は送信信号の基本波形を示す。送信機から送信データが 0 のときはシフト時間を追加せず、1 のときはシフト時間を δ だけ追加する。 δ はパルスの時間幅によって決まる値である。 N_s は 1 ビット間隔中のパルスの反復回数で、 $N_s T_f$ の間に N_s 個のパルスで 1 ビットを伝送する。

受信側のシステム構成を図2に示す。受信機では受信波形とテンプレート波形との相関を取り相関機出力から送信された情報データを検出する。

受信機相関機で用いるテンプレート波形 $w(t)$ は次式のように $w(t)$ から得る。

$$w(t) = w(t) - w(t - \delta) \quad (2)$$

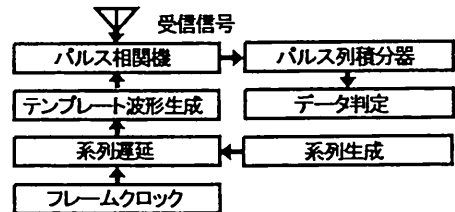


図2 時間ホッピング UWB 伝送の受信側システム構成

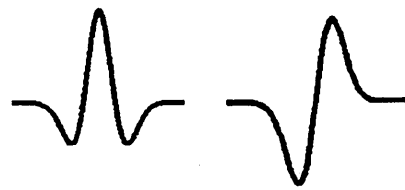
3. 伝送パルス波形

本報告では伝送波形としてモノサイクル波形[3]、ガウス波形[4]の2種類を用いて比較する。

$$w_{monocycle}(t) = A \left[1 - 4\pi(t/t_m)^2 \right] e^{-2\pi(t/t_m)^2} \quad (3)$$

$$w_{gaussian}(t) = \frac{A\sqrt{e}t}{t_p} e^{-(t/2t_p)^2} \quad (4)$$

ここで A は振幅、 t_{mp} はそれぞれパルス幅を決める定数である。モノサイクル波形、ガウス波形の例を図3に示す。



(a) モノサイクル波形 (b) ガウス波形
図3 送信波形

4. シミュレーション結果

本報告では TH/PPM-UWB におけるジッタの影響を2つの波形について評価した。シミュレーション諸元を表1に示す。PPM 変調としては2値 PPM (BPPM) を仮定した。本来ジッタは送信側、受信側双方のノイズ発生器に生じるものであるが、本報告ではジッタの影響を見えやすくするため、受信側のテンプレート波形のみにジッタが発生したものと仮定して評価した。

図4は相関時にテンプレート波形にジッタが発生した場合の特性を示している。縦軸はビット誤り率、横軸はパルス幅に対する RMS(Root Mean Square)ジッタの割合(%)である。モノサイクル波形とガウス波形を比較するとモノサイクル波形の方がジッタが小さいときは性能がよく、ある程度ジッタが大きくなるとガウス波形のほうが良い性能を示すことがわかる。また2つの波形とも RMS ジッタがパルスの幅に対して1%程度まではほぼ横ばいの特性を示していることがわかる。

図5はパルスあたりのエネルギー対雑音電力密度比 E_p/N_0 が -20 [dB] の場合における1ビット当たりパルス繰り返し回数 N_s に対するビット誤り率特性を示している。パラメータとして、パルス幅で正規化した RMS ジッタを用い、それが0,3,5,10% の場合における特性を示した。

E_p/N_0 と情報ビットあたり SN 比 E_b/N_0 との関係は次式で表される。

$$E_b/N_0 = N_s \times E_p/N_0 \quad (5)$$

パルス繰り返し回数 N_s が増加するに従い1ビットあたりのエネルギーが増加するため、誤り率特性は徐々に改善されてゆく。しかし RMS ジッタが増加するに従い、 N_s を大きくしても誤り率特性の改善がわずかとなる。グラフより、パルス幅に対する RMS ジッタが3,5,10%の場合では、モノサイクル波形よりガウス波形のほうが良い特性を示していることがわかる。

5. まとめ

本報告では TH/BPPM-UWB 方式における用いる波形によるジッタの影響を検討した。その結果、ジッタの影響を考えた場合、モノサイクル波形の方が RMS ジッタが小さいときに良い特性を示し、RMS ジッタがある程度大きくなるとガウス波形の方が良い特性を示すことを確認した。反復回数における特性でも、ジッタの影響がない場合にはモノサイクル波形のほうが良い特性を示し、ジッタの影響が大きくなるにつれ、ガウス波形のほうが良い特性を示すことを確認した。

表1 シミュレーション諸元

フレームタイム T_f (nsec)	10	
ユーザ数	シングルユーザ	
パルス反復回数 N_s	1	
パルス幅 (nsec)	0.7	
ジッタの分布	ガウス分布	
情報シフト時間 δ (nsec)	モノサイクル	0.156
	ガウス	0.203
通信路	AWGN 通信路	

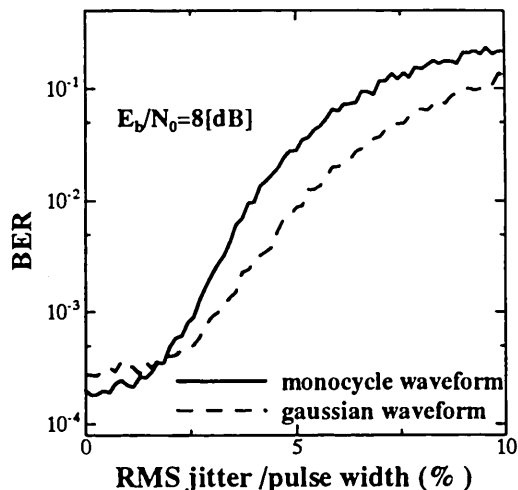


図4 ジッタに対する特性

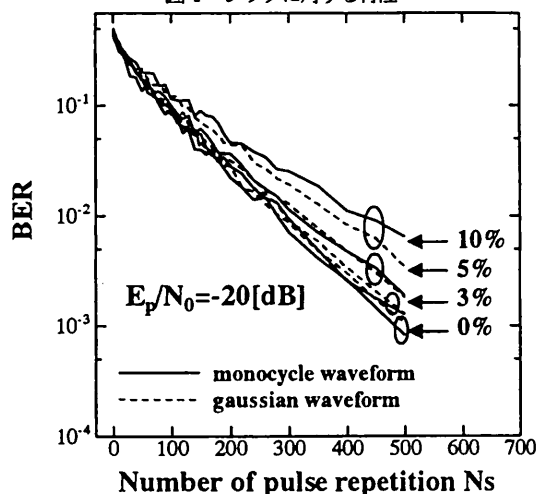


図5 1ビット当たりの反復回数における特性

文献

- [1] Moe Z Win and Robert A. Scholtz "Impulse Radio: How It Works" IEEE Communications Letters, Vol.2, No.1 January 1998
- [2] M. Z Win and R. A. Scholtz, "Ultra -Wide Bandwidth Time-Hopping Spread spectrum Impulse Radio for Wireless Multiple-Access Communications," IEEE Trans. Commun., Vol. 48, No.4, pp. 679-691, Apr. 2000
- [3] Celestino A. Corral, Salvador Sibecas, Shahriar Emami, Glafkos Stratis, "Pulse Spectrum Optimization for Ultra-Wideband Communication," IEEE conference on ultra Wideband System and technologies, Baltimore, MD, pp31-35, July 2002
- [4] Yoan Shin and Jinchul Ahn "Effect of Timing in an Ultra Wideband Impulse Radio System," IEEE ISAPCS 2000, pp502-505, Nov.2000
- [5] William M. Lovelace "The Effects of Timing Jitter of the Performance of Impulse Radio," IEEE Journal on Selected Areas in Communication Vol.20 No.9, Dec 2002 pp1646-1651.