

平成 21 年 6 月 17 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19760250
 研究課題名（和文） 超広帯域（UWB）無線システムのための超高速プレフィルタに関する研究・開発
 研究課題名（英文） Research and development of high speed pre-filter for Ultra wideband wireless systems
 研究代表者
 中村 一彦（Nakamura Kazuhiko）
 山梨大学・大学院医学工学総合研究部・助教
 研究者番号：40402086

研究成果の概要：超広帯域(UWB)無線システムのための、低コスト・高速信号処理が可能な光信号処理デバイスの一つである標本化ファイバブラッググレーティングによる高機能・高速動作が可能なトランスバーサル型プレフィルタについて検討した。半値全幅約 30 ピコ秒の光ガウシアンパルスを入フィルタに入力すると、中心周波数 24.7GHz、-10dB 帯域 9.4GHz、パルス幅約 200 ピコ秒の電気 UWB パルスが生成できることを示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,900,000	0	1,900,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,000,000	330,000	3,330,000

研究分野：ワイドバンドシステム，超広帯域無線，光信号処理
 科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学
 キーワード：超広帯域無線，UWB，プレフィルタ，標本化ファイバブラッググレーティング，24GHz 帯

1. 研究開始当初の背景

超広帯域(Ultra Wideband: UWB)無線システムが利用可能な周波数帯域は約 3.1～10.6GHz という非常に広帯域にわたるため、通信路の歪みや符号間干渉などの影響を除去するために利用する等化器などを実現する UWB 用フィルタの開発が重要である。UWB 無線システムは、従来の狭帯域無線システムで利用されている RF 回路を削除できるので、送受信機のシステム構成は比較的簡易なものとなる。しかしながら、低送信電力の UWB 無線システムには等化器といった通信路歪みを補償するデバイスが必須である

ことから、これ以上の簡易・小型化は難しいといえる。

一方、最近では、等化器や波形整形を行うフィルタを受信機ではなく送信機にプレフィルタとして実装する手法が注目されている[1]-[2]。受信機内のフィルタを削除、あるいは省機能化することが可能となるので、受信機の大幅な小型化が実現できる。しかしながら、これまでは狭帯域無線システム（無線 LAN[IEEE802.11b]では 2.4GHz 帯で 1 チャネル当たり約 22MHz）への適用がほとんどであった。なぜなら、UWB 無線システムで等化器や波形整形処理を行うには、1GHz を超え

るサンプリング周波数で動作するフィルタが必要となるからである。電気デバイスによるフィルタでも達成不可能ではないが非常に高価である。

本研究課題では UWB 用のプレフィルタを開発することで、UWB 無線システムの受信機の小型化を実現できると考えている。このプレフィルタの実現には非常に高速な信号処理デバイスが必要であるが、これには、光領域の信号処理が有望であると考えている。文献[3],[4]では、ファイバブラッググレーティングを用いて、振幅解像度が 10bit、時間解像度が 50G サンプル/秒を超える非常に高精度・高速な信号処理を既に実現しており、この技術を応用することで、提案するプレフィルタの実装が十分に可能であると考えている。

参考文献：

- [1] Stamoulis, G.B. Giannakis, and A. Scaglione, "Block FIR Decision-Feedback Equalizers for Filterbank Precoded Transmissions with Blind Channel Estimation Capabilities," IEEE Trans. on Commun., vol.49, no.1, pp.69-83, 2001-01.
- [2] 中村 一彦, 宮嶋 照行, 山中 一雄, "マルチキャリア方式のためのプレフィルタによるチャネルショートニング," 2004 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, A-5-5, 2004-03.
- [3] 埴 雅典, 中村 一彦, "光信号処理による UWB-IR パルスの生成," 2005 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, A-5-18, 2005-09.
- [4] M. Hanawa, K. Nakamura, "UWB-IR pulse generation method based on optical signal processing," Technical Digest of the 11th OptoElectronics and Communications Conference (OECC2006), 5D1-1, 2006-07.

2. 研究の目的

本研究の目的は、UWB 無線システム用受信機の更なる小型化のために、従来は受信機で利用される等化器を送信機側に実装した、光信号処理デバイスによる高機能・高速動作が可能なトランスバーサル型プレフィルタの実現である。

無線システムでは、マルチパスやフェージングなど無線通信路において生じる信号歪みを補償するために、受信機側では等化器を利用する。しかしながら、UWB 無線システムでは受信機が非常に小型であることが望まれるために、あまり多くの信号処理デバイスを実装することができないという問題がある。また、UWB 無線システムの一つであるインパルス無線(Impulse Radio: IR)方式は、パルス幅が数百ピコ秒から数ナノ秒という極短パルス信号を利用するので、このような

極短パルスの電気回路による波形整形処理は非常に困難である。

そこで本研究では、受信機のさらなる小型化を達成するため、電気信号を光信号に変換し光領域で等化や波形整形などの信号処理を、受信機と比べてシステム規模の大きい送信機に実装することを提案する。また、高速・高機能な光信号処理デバイスとして光ファイバブラッググレーティング(Fiber Bragg Grating: FBG)を利用することで、低コスト化も期待できる。

3. 研究の方法

本研究でもっとも特徴的な点は、実現性が高く、高速動作が可能なトランスバーサルフィルタ(図 3-1)として、光ファイバのコアに複数の FBG (図 3-2)が配置された標本化 FBG (Sampled FBG: SFBG)を利用するところにある。電気/光、光/電気変換が必要となるが、SFBG の価格でいえば、数十円という非常に低コストで 10G サンプル/秒を大きく超えるトランスバーサルフィルタが実現できる。SFBG の入力を $g(t)$ 、インパルス応答を $h(t)$ 、出力を $y(t)$ とすると、 $y(t)=h(t) * g(t)$ と畳込みで表現できることから、SFBG はまさしくトランスバーサルフィルタとして動作する(図 3-3 参照)。

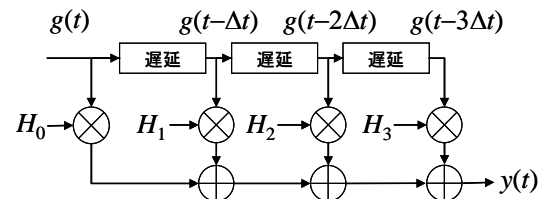


図 3-1: トランスバーサルフィルタのブロック図 (3 次の場合)

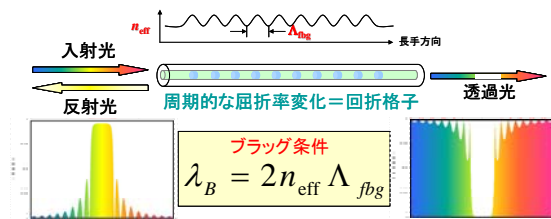


図 3-2: ファイバブラッググレーティング (FBG)

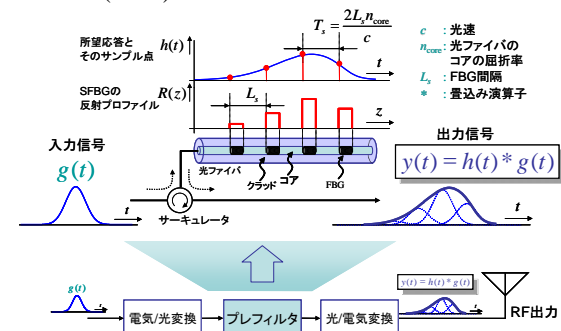


図 3-3: ファイバブラッググレーティングに基づくトランスバーサル型プレフィルタ

4. 研究成果

2007年度では、標準化ファイバブラググレーティングを用いたプレフィルタ用の設計やモデル化、パラメータ設計についての理論検討ならびにモード結合法による数値計算での検討を主に進めた。得られた知見を元に、パルスシェーピングフィルタとして用いた標準化ファイバブラググレーティングとバランス型光検出器を組み合わせた UWB パルス生成器について検討し、3dB 帯域幅 7GHz, 中心周波数 20GHz, パルス幅約 150 ピコ秒の UWB パルスが生成できることを実験的に示した(図 4-1,2)。また、本学において電波暗室と広帯域アンテナの利用が可能となったことから、無線伝送を行ったときの性能評価についても検討した。実際に、数百 M ~ 数 Gbps の高速 UWB 無線伝送が実現できることを示した。さらに、送信アンテナからの放射信号は米連邦通信委員会(FCC: Federal Communications Commission)規範や電波法によりスペクトルマスク以下の電力制限を受けるが、等価等方放射電力(EIRP: Equivalent Isotropically Radiated Power)スペクトルを知るには送信アンテナの詳細な特性が必要なことから、短光パルスを用いたアンテナ特性・送信電力の推定法についても検討した(図 4-3,4)。

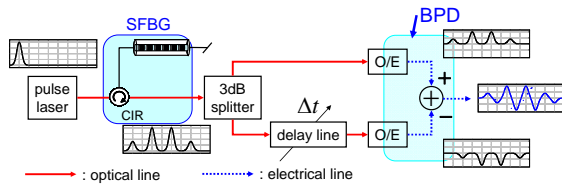


図 4-1: パルス生成器のブロック図

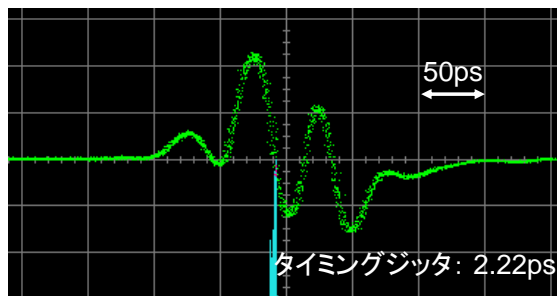


図 4-2: 生成パルス波形

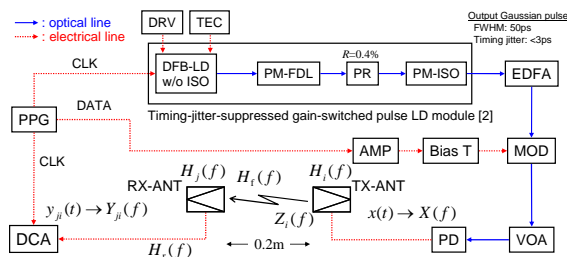


図 4-3: 短光パルスを用いた送信電力スペクトル測定系

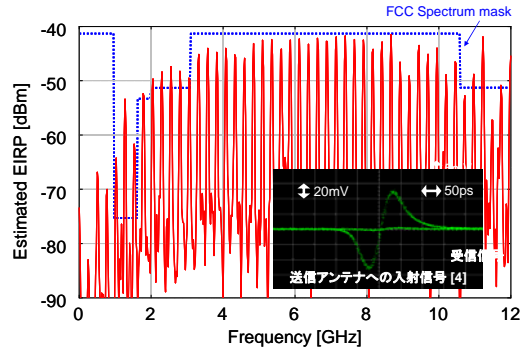


図 4-4: 送信電力測定結果

2008年度では、前年度において理論検討並びに数値計算による検討で得られた知見を元に作製したプレフィルタ用の標準化ファイバブラググレーティングをトランスバーサル型パルスシェーピングフィルタとして用い、24GHz帯 UWB パルス生成について実験的に検討した。本フィルタは、2つの標準化ファイバブラググレーティングとバランス型光検出器で構成され、所望の UWB パルスの正と負の振幅部分を分けて、それぞれの波形を出力するよう設計された2つの標準化ファイバブラググレーティングにより入力された光パルスを波形整形することでほぼ全ての信号処理を光領域でおこなえるため、サンプリング周波数が数十 GHz という高速動作が可能となる(図 4-5)。実際に作製した、タップ間隔約 38 ピコ秒、タップ数5の標準化ファイバブラググレーティングを用いて、半値全幅約 30 ピコ秒の光ガウシアンパルスを本フィルタに入力すると、中心周波数 24.7GHz, -10dB 帯域 9.4GHz, パルス幅約 200 ピコ秒の電気 UWB パルスが生成できることを示した(図 4-6,7)。

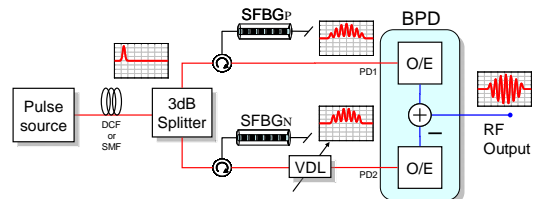


図 4-5: パルス生成器のブロック図

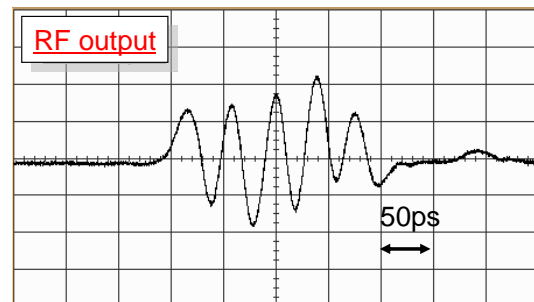


図 4-6: 生成パルス波形

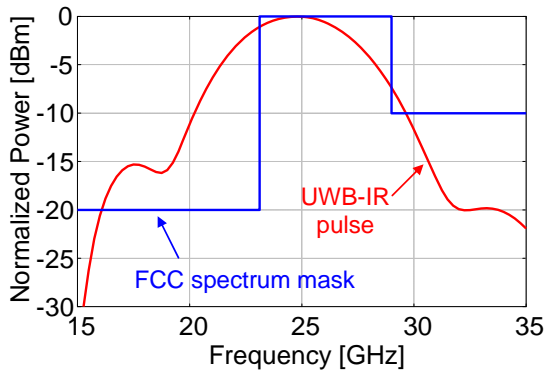


図 4-7: 生成パルスの周波数スペクトル

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- [1] K. Mori, M. Hanawa, K. Nakamura, A. Matsui, and K. Nonaka, "An experimental investigation of FCC-compliant UWB-IR pulse radar," Proceeding of Asia Pacific Microwave Conference 2008 (APMC2008), A4-56, 2008. (査読有り)
- [2] M. Hanawa, K. Nakamura, and K. Nonaka, "High Quality Electrical Gaussian Monocycle Pulse Generation by Electrical Optical Hybrid Signal Processing," Technical digest of OptoElectronics and Communications Conference (OECC2007), 11B-5, 2007. (査読有り)

[学会発表] (計 7 件)

- [1] 中村 一彦, 埴雅典, "FCC スペクトルマスク準拠 24GHz 帯 UWB-IR パルスの光信号処理による生成," 2009 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, 2009.3.17 (愛媛大学, 松山市).
- [2] 森皓平, 埴雅典, 中村一彦, 松井章典, 神田泰明, 野中弘二, "比帯域幅 1 の FCC 準拠 UWB-IR パルスを用いたパルスレーダ," 2008 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, 2008.9.17 (明治大学, 川崎市).
- [3] 森皓平, 埴雅典, 富田尚宏, 中村一彦, 松井章典, 神田泰明, 野中弘二, "FCC 準拠パルスを用いた UWB-IR-Over-Fiber 伝送実験," 2008 電子情報通信学会総合大会講演論文集, 2008.3.21 (北九州学術研究都市, 北九州市).
- [4] 中村一彦, 埴雅典, 松井章典, 野中弘二, "短光パルスを用いた 3 アンテナ法による UWB-IR パルスの EIRP 推定," 2008 電子情報通信学会総合大会講演論文集, 2008.3.21 (北九州学術研究都市, 北九州市).
- [5] 中村一彦, 埴雅典, "標準化ファイバブラ

ックグレーティングとバランス型光検出器を用いた UWB-IR パルス生成器," 2007 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, 2007.9.12 (鳥取大学, 鳥取市).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 一彦 (Nakamura Kazuhiko)
山梨大学・大学院医学工学総合研究部・助教
研究者番号：40402086

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

