

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 4 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～1012

課題番号：23760336

研究課題名（和文） 帯域干渉合成による超高速信号処理技術の研究

研究課題名（英文） Interferometric Band Combine Technique for Ultra High Speed Signal Processing

研究代表者

塩見 英久（SHIOMI HIDEHISA）

大阪大学・基礎工学研究科・助教

研究者番号：00324822

研究成果の概要（和文）：アナログ回路とデジタル回路の長所を融合した帯域干渉合成技術により高速無線通信信号を生成する実験を行なった。シミュレーション検討により信号生成を実現する簡素な回路構成を見いだした。5GHz 帯信号生成実験系を開発し、それぞれ 100Msps の信号しか生成できない信号生成系を 2 系統合成して 200Msps（QPSK では 400Mbps）の信号生成に成功した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is generation of Gbps class QPSK modulation signal using Interferometric Band Combine (InBC) technique. From the simulation results, we have found the new simple structure of the InBC. Using the developed experimental setup of dual branched InBC with 5GHz PLL and 100Msps DAC, we obtain the 200Msps signal (400Mbps with QPSK)

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：電気電子工学

科研費の分科・細目：通信・ネットワーク工学

キーワード：信号処理、帯域干渉合成

1. 研究開始当初の背景

光変復調技術の発展に伴って、光通信技術にも高度な振幅／位相の変復調技術が適用され、100Gbps 級の変調器が市販されてきている。これら電波通信技術に由来する変復調技術においてはデジタル信号処理による精密な変調波形の生成が不可欠である。しかしながら、現状のデジタル信号処理回路では、光技術の持つ 100Gbps 級の通信容量と比してたかだか 10Gbps の変調器ドライバ IC が市販されているにすぎず、十分な駆動能力があるとは言えない。復調に関しても同様であり、電気信号処理の性能が光通信の性能を律速

してしまう現状にある。研究代表者は超高速電気信号処理を実現するための帯域干渉合成技術を提案し、4Mbps までの信号合成について基礎実験を行なってきた。帯域干渉合成は高速なアナログ回路技術と柔軟なデジタル回路技術を融合して、高速かつ柔軟性の高い新しい信号処理を模索するものである。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの研究成果を発展させ 16 系統 1Gbps 級の信号合成実験装置の開発に挑戦し、帯域分割フィルタの影響、量子化雑音、位相雑音、システムの消費電力の評価

を行い、既存技術に対する優位性を実証することを目的とする。これらを実現するためには、変調周波数に対するデジタルアナログ変換器のオーバーサンプル比を大幅に減少させ、2~8 倍程度における誤差及び DAC サンプルの計算量削減手法について検討する。さらに、それらの検討から得られた結果を反映した実験装置を実装し、低サンプリングレートの DAC を試用して 1Gbps 級の変調信号を生成することを目標とした。

3. 研究の方法

本研究では、図 1 に示す系を構築し、信号合成実験を行なう。図中の合成回路系はアナログ回路により構成する。当初、デジタル信号処理部分も FPGA 及び高速 DAC を用いて試作する予定であったが、高速 DAC の実装が予定外に困難であったため、汎用実験装置により代替した。合成結果は周波数を下方変換の後に汎用のオシロスコープにより観測した。また、オーバーサンプル比に対する検討を行なうため、同様の実験形を想定した数値シミュレーションを実施した。

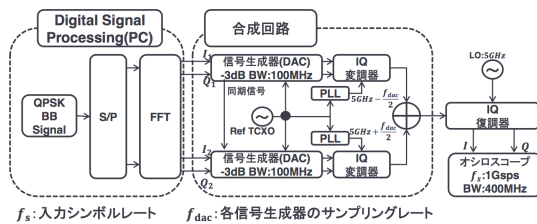
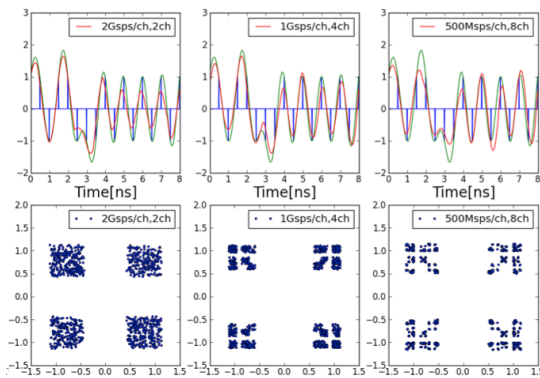
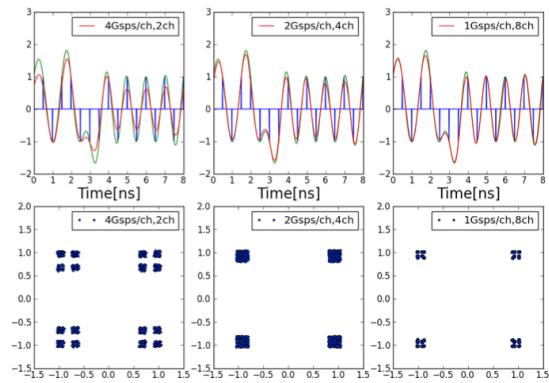


図 1 : 帯域干渉合成による信号合成実験系

4. 研究成果



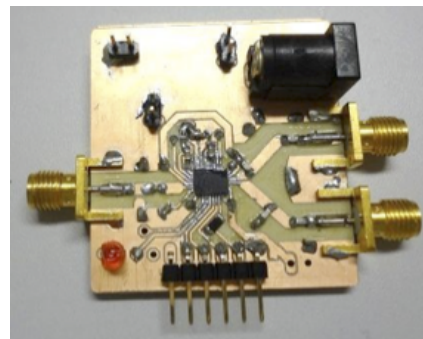
(a) オーバーサンプル比 2



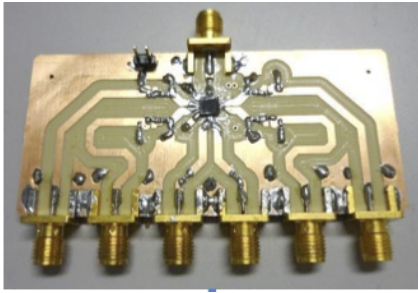
(b) オーバーサンプル比 4

図 2 : オーバーサンプル比の変化に対するシミュレーション結果

まず、シミュレーション検討を行なった。帯域干渉合成に必要な変調信号の分割回路が FFT で代替できることがわかり、当初予定した構成よりも大幅に簡素化できた。また、オーバーサンプル比を変化させた場合の数値シミュレーションを行なった結果を図 2 に示す。図 2 (a) はオーバーサンプル比 2 について計算した波形である。左の列から 2 系統合成、4 系統合成、8 系統合成における計算結果を示し、上段が信号波形、下段がコンスタレーション図である。理論上、コンスタレーション図は 4 つの点に収束するはずであるが、オーバーサンプル比 2 では十分に収束が得られなかった。図 2 (b) はオーバーサンプル比 4 について計算した波形である。4 系統で収束が得られ、8 系統においてはさらに十分な収束が見られることがわかった。したがって、1Gbps の信号を生成するのに少なくとも 250Msps の DAC が 4 系統必要であることが分かった。



(a) 発振器ボード



(b) 変調器ボード

図3： 製作した 5GHz 帯 PLL 発振器ボードと IQ 変調器ボード

次に、アナログ合成系を開発した。本研究で試作した発振器および変調器を図 2 に示す。発振器と変調器はアナログ合成系において重要な構成要素であるため、ボードを外注せずに研究室内で設計開発実装を行なった。最後に、製作したアナログ合成系を用いて 2 系統帯域干渉合成実験を実施した。

$$f_s = 200\text{Mpsps}$$

$$f_{dac} = 100\text{Mpsps}$$

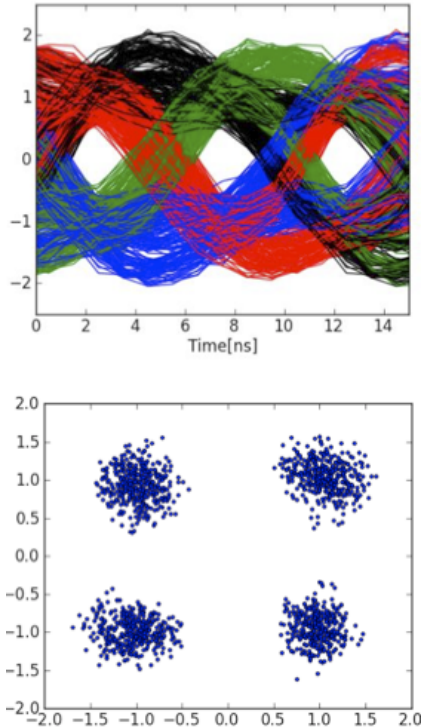


図4： 帯域干渉合成により生成した QPSK 信号のアイダイアグラムとコンスタレーションダイアグラム

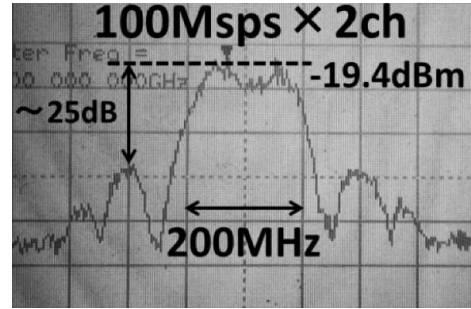


図5： 帯域干渉合成により生成した QPSK 信号の周波数スペクトル

当初 4 系統以上の大規模合成を想定していたが、デジタル合成系の実装が難航したために汎用実験装置を用いて試験可能な 2 系統までの実験となった。系統数は達成できなかったが、汎用実験装置を用いることで 2 系統で 400Mbps の伝送信号の生成が実現できた。歪み特性が不十分ではあったが、オーバーサンプル比を 2 に設定することで 800Mbps の伝送信号生成にも成功しており、1Gbps 級の無線通信信号が生成可能であることを実証するという当初の目的を達成できた。

オーバーサンプル比を 2 程度に低下した場合に得られたアイパターンをシミュレーションにより検討した。その結果、図 6、7、8 に示すように実測値とシミュレーション結果が良く一致した。

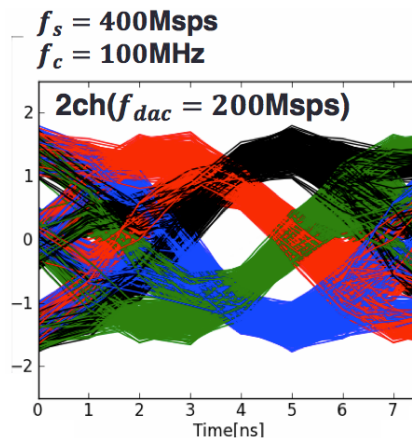


図6： オーバーサンプル比を 2 に設定した場合のアイパターン実測値

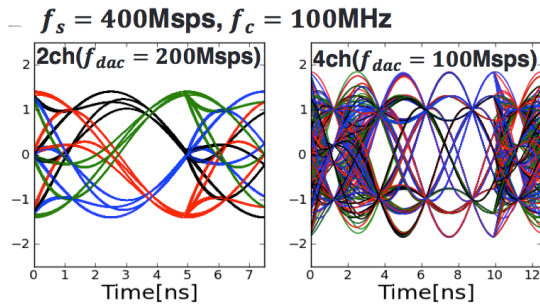


図 7 : オーバーサンプル比を 2 (左) 及び 4 (右) に設定した場合のアイパターン計算値

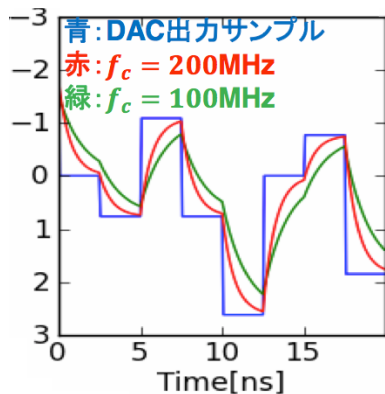


図 8 : オーバーサンプル比を変化させた場合の信号波形 (赤: サンプル比 2、緑: サンプル比 4、青: 理論値)

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)

[学会発表] (計 6 件)

1. 本谷進二, 塩見英久, 岡村康行, “帯域干渉合成による DAC 帯域幅の合成実験”, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 C-2-114 (2013).
2. 北條貴大, 塩見英久, 岡村康行, “2 波の FSK 信号を用いた AM 変調波の生成”, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 C-2-115 (2013).
3. Takafumi Yagi, Hidehisa Shiomi and Yasuyuki Okamura, “(Reviewed) Phase Variable PLL Oscillator using Imperfect Integral Loop Filter”, 2012 IEEE MTT-S Asia Pacific Microwave Conference, 1229-1231 (2012).
4. Takafumi Yagi, Hidehisa Shiomi and Yasuyuki Okamura, “(Reviewed) Phase

control experiment of the PLL oscillator for a phased array antenna”, 2012 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems and Applications, 167-170 (2012).

[その他]

ホームページ等

<http://www.ec.ee.es.osaka-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

塩見 英久 (SHIOMI HIDEHISA)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・助教

研究者番号: 00324822