

多値変調方式無線通信用低位相雑音シンセサイザに関する研究開発 (031207001)

Low phase noise frequency synthesizer for mm-wave QAM digital radio system

川田 豊 株式会社神戸製鋼所 技術開発本部
Yutaka Kawata Technical Development Group Kobe Steel, Ltd.

日下 卓也[†] 真鍋 知多佳[†] 福本 吉人[†] 毛笠 光容[†]
Takuya Kusaka[†] Chitaka Manabe[†] Yoshito Fukumoto[†] Koyo Kegasa[†]
[†]株式会社神戸製鋼所 技術開発本部 生産システム研究所
[†]Production Systems Research Lab. Kobe Steel, Ltd.

研究期間 平成 15 年度～平成 16 年度

概要

準ミリ波及びミリ波の周波数での通信・放送では発振器の位相雑音の制約により周波数効率の高い多値変調方式はあまり使われていない。従来より高安定度の発振回路に用いられているデジタル PLL 回路は量産性に適するものの、デジタル回路特有の位相ジッタにより位相雑音面での性能を満たしていない。また PLL 回路により制御される電圧制御発振器 (VCO) に関しても低位相雑音でありながら量産に適した発振器が必要である。本研究では初年度にデジタル PLL 回路の位相雑音低減を実現し、本年度に VCO 回路の最適化により位相雑音を低減するとともに、発振器の周波数範囲を拡張する通倍器に関しても最適化を行い、これらを組み合わせることにより準ミリ波及びミリ波帯での多値変調方式の利用を可能とする発振器を開発した。

Abstract

In millimeter wave radio system, we usually use simple modulation such as ASK or FSK, because phase noise from Local Oscillator is too big. Today, bandwidth efficient QAM modem for microwave radio are available at low cost. So, we developed very low phase noise Frequency Synthesizer which allow us to use bandwidth efficient digital modulation scheme such as 64QAM or 256QAM at millimeter wave band.

研究目標

6GHz 帯低位相雑音発振器の目標位相雑音レベル -105dBc/Hz@10kHz
24GHz 帯低位相雑音発振器の目標位相雑音レベル -93dBc/Hz@10kHz

研究内容

デジタル位相周波数検波器の低位相雑音化

位相検波器の並列運転による位相雑音の低減を試みた。出力周波数 6GHz 位相比較周波数 30MHz の周波数シンセサイザにおいて位相比較器の並列数 N を 1～8 の間で変化させて位相雑音を測定したところ、N=2 では 3dB、N=4 では 6dB、位相雑音が改善され、並列数 N に対し $10 \times \log(N)$ dB 位相雑音が改善できるという結果が得られた。N=8 での位相雑音はオフセット周波数 10kHz にて -110dBc/Hz となり位相雑音を 9dB 改善することが出来た。

電圧制御発振器の開発

プリント基板上の平面回路に円筒型の誘電体共振器をカップリングさせる構成の低位相雑音電圧制御発振器を開発した。三次元電磁界シミュレーション及び非線形回路シミュレーションを駆使して回路設計・最適化を行い試作し測定したところ、図 1 に示すように 6240MHz 出力、オフセット周波数 10kHz にて -119dBc/Hz、100kHz にて -140dBc/Hz という低位相雑音特性が得られた。

6GHz 帯低位相雑音発振器の開発

新開発した電圧制御発振器を 8 個の位相検波器を並列動作させる PLL 回路と組み合わせ 6GHz 帯周波数シンセサイザを試作した。4 通倍後の 24GHz にて 60MHz ステップで周波数を可変したいので位相比較周波数は 15MHz とした。電圧制御発振器の発振周波数は調整ネジで機械的に 100MHz 程度の範囲で可変できるが、今回は 6240MHz に調整して位相同期させた。



図 1 6GHz 帯・電圧制御発振器の位相雑音の実測値

得られた位相雑音は 6240MHz 出力で、オフセット周波数 10kHz にて-112.5dBc/Hz となった。

逓倍器

6GHz 帯の信号を 24GHz 帯に変換する 4 逓倍器を開発した。2 逓倍器 2 段の構成とし出力にミキサー駆動用のアンプを設けて合計 5 個の FET を使用する回路とした。ハーモニック・バランス法を使ったシミュレーションを行い最適化したところ 6GHz 0dBm 入力時に 24GHz +7dBm が得られ位相雑音の劣化が無視できるレベルの逓倍器が得られた。

24GHz 帯低位相雑音発振器

6GHz 帯周波数シンセサイザと 4 逓倍器を組み合わせて 24GHz 帯周波数シンセサイザを試作した。

図 2 に得られた位相雑音のプロットを示す。24.96GHz での位相雑音は、オフセット周波数 10kHz にて -102dBc/Hz、10kHz ~ 10MHz で積分した位相ジッタが 0.117 度 rms という値が得られた。256QAM 変調波を使った通信では位相ジッタが 0.4 度 rms 以下なら殆ど信号が劣化しないと言われているので、準ミリ波帯にて 256QAM 変調の周波数変換に問題なく使える位相雑音レベルであることが分かる。

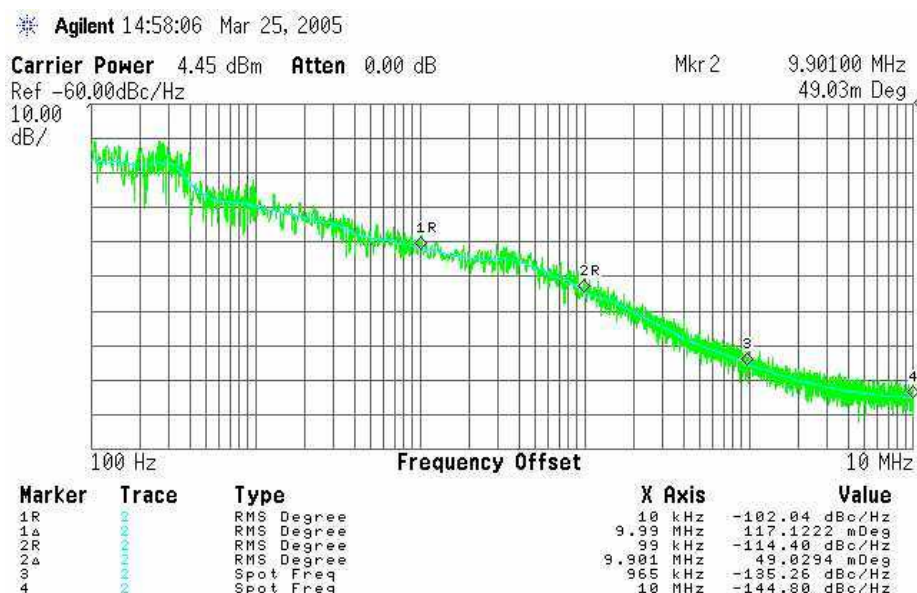


図 2 24GHz 周波数シンセサイザの位相雑音

通信試験

ベクトル・シグナル・ジェネレータで発生した 256QAM・600MHz の変調波を、今回開発した 24GHz 帯周波数シンセサイザからの信号を使って 25.56GHz の準ミリ波変調信号に周波数変換し、ベクトル・シグナル・アナライザで変調信号を解析した。周波数変換後の変調信号では S/N = 41.8dB、位相ジッタ 0.523 度 rms であり元の変調信号の S/N = 43.5dB、位相ジッタ 0.451 度 rms からの S/N の劣化は 1.7dB、位相ジッタの劣化は 0.07 度 rms 程度と極めて小さいことが分かる。このように 256QAM 変調信号を準ミリ波で扱うのに十分な性能が得られている。

研究結果

試作した 6GHz 帯低位相雑音発振器にて-112dBc/Hz@10kHz という目標以上の低位相雑音特性を達成した。

(目標位相雑音レベル -105dBc/Hz@10kHz)

試作した 24GHz 帯低位相雑音発振器にて-102dBc/Hz@10kHz という目標以上の低位相雑音特性を達成した。

(目標位相雑音レベル -93dBc/Hz@10kHz)

申請特許リスト

[1]毛笠 光容、真鍋 知多佳、発振器、日本国、平成 16 年 6 月 11 日

[2]毛笠 光容、真鍋 知多佳、電圧制御共振装置・電圧制御発振装置、日本国、平成 16 年 12 月 8 日

[3]毛笠 光容、真鍋 知多佳、負性抵抗入力増幅回路及び発振回路、日本国、平成 17 年 2 月 10 日

他 1 件申請

ホームページによる情報提供

URL

http://www.kobelco.co.jp/p047/m_module/synthesizer.htm