

- 60GHzミリ波帯ファイバ無線光変調器の開発に成功
～大容量家庭内ワイヤレス伝送を実現するデジタル家電の実用化に向けて～
- 平成15年4月18日

独立行政法人通信総合研究所(理事長:飯田尚志、CRL)は、ファイバ無線システム*用語説明参照向けの往復通倍変調器を開発し、60GHzミリ波帯信号による光変調に成功しました。往復通倍変調器はCRLが独自に提案したもので、信号純度・安定度の極めて高いミリ波信号の発生をシンプルな構成で実現するものです。従来技術に比べ1/10以下の低コスト化も十分に期待できる技術です。

<背景>

ミリ波帯ファイバ無線システムは、光通信の大容量性と無線通信の利便性をあわせもつものとして期待されており積極的に研究が進められています。しかし、実用化に向けては、ミリ波帯信号による光変調の高効率化が大きな課題となっています。これまで、

(1)ミリ波用超高速電気回路を駆使して、光をミリ波で直接変調する方法

(2)2種類の光を混合し、その干渉を利用してミリ波成分を発生させる方法

が利用されてきました。前者は電気回路の動作可能周波数の上限が数十GHzであり、また、回路も複雑かつ高コストという問題があります。後者は光技術を用いているので容易に高い周波数成分を発生させることができますが、2つの光を安定に保つために高精度な制御システムが必要となります。つまり、電気は安定であるが周波数が不足、光は高い周波数を扱えるが安定に欠けるという問題を抱えているといえます。

<本研究成果の概要>

CRLでは光の広帯域性と電気の安定性をあわせもつ変調方式として往復通倍変調を提案し、原理確認実験を進めてきました。今回、住友大阪セメント(株)、三菱電機(株)の協力を得て、高精度光フィルタと光位相変調器を集積した往復通倍変調器を開発し、低い周波数の電気信号(4.4GHz)を基に60GHz帯ミリ波信号で変調された光出力を発生させることに成功しました。そのミリ波信号の安定性・信号純度が標準信号発生器と同等以上であることを確認しました。

往復通倍変調器は2つのフィルタの間に位相変調器が位置する構造で、変調器内を光が複数回往復することで高い周波数成分を得るというユニークな動作原理に基づくものです。低い周波数の電気信号を使うので回路部分の低コスト化、高効率化が容易に実現できます。また、安定化制御なしで信号純度の高い出力を得ることが可能で、これまでの光によるミリ波生成技術の常識を覆すものです。

<今後の展開>

往復通倍変調器はファイバ無線システムの低コスト化を実現します。テレビのデジタル化に伴い一般家庭においても高精細画像データのワイヤレス伝送への需要が拡大すると考えられますが、今後、これに対応すべく実用化を目指します。この技術は光周波数変換などに応用することが可能で次世代の基幹光ネットワークにおいても高速化・大容量化に貢献するものと期待されます。

なお、関連研究を6月23日から27日までミュンヘンで開催される国際会議CLEO/Europeにて発表する予定です。

<連絡先>

基礎先端部門光情報技術グループ
川西 哲也 Tel 042-327-7490

ミリ波で変調された光信号を得るには、変調器に数十GHzの高い周波数の電気信号を加える必要があります。電気回路での損失は周波数とともに増大し、また、高い周波数の電気信号の発生・増幅も困難で、光変調器の性能は電気回路部分で制限されているというのが現状です。これに対し光を往復させ、変調器を複数回通過させることを特徴とする往復逡倍変調では、電気信号の周波数の整数倍高い周波数で変調された光が出力として得られるので、電気回路部分の周波数を低く抑えることが可能です。図1は10倍の周波数を得る構成例です。入力光のみを透過して他の波長成分を反射する特性をもつ狭帯域フィルタを通して、光変調器に入力し、その出力を帯域制限フィルタに入力します。帯域制限フィルタを入力光周波数との差が変調器に供給する電気信号の周波数の5倍以上である光のみを透過するものとする、光変調器により生成される側帯波は反射され、光変調器の出力ポートから入力されます。この出力は、狭帯域フィルタにより反射され、再度、光変調器に入力されます。このプロセスを繰り返すと、入力光周波数との差が変調器に供給する電気信号の周波数の5倍以上である光が生成されるので、帯域制限フィルタを通して、変調周波数が変調器に供給する電気信号の周波数の10倍となる出力光が得られます。

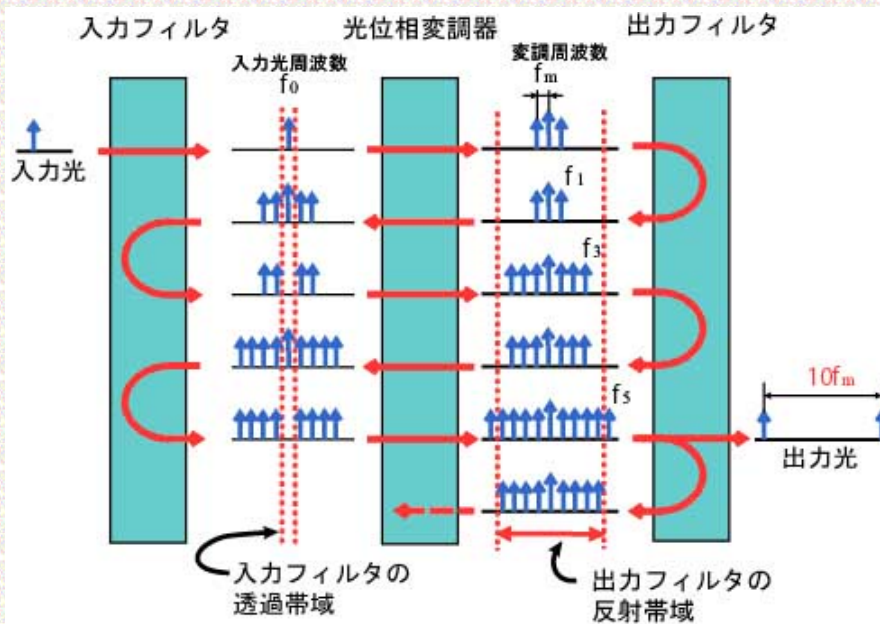


図1: 往復逡倍変調の原理

今回、2つのフィルタ(ファイバブラッググレーティング)と1つの光位相変調器を集積化し、60GHzミリ波信号発生用の往復逡倍変調器を開発しました(図2)。2つのファイバブラッググレーティングの間を光が往復します。光の往復や周回を利用した技術としてこれまでにモードロックレーザ、コムジェネレータなどがありました。光の発振や非線形現象を用いるもので、出力を安定化するためには複雑な制御システムが必要でした。往復逡倍変調では光は数回往復するだけで発振させていないのでフィードバック制御なしでも安定動作が可能です。

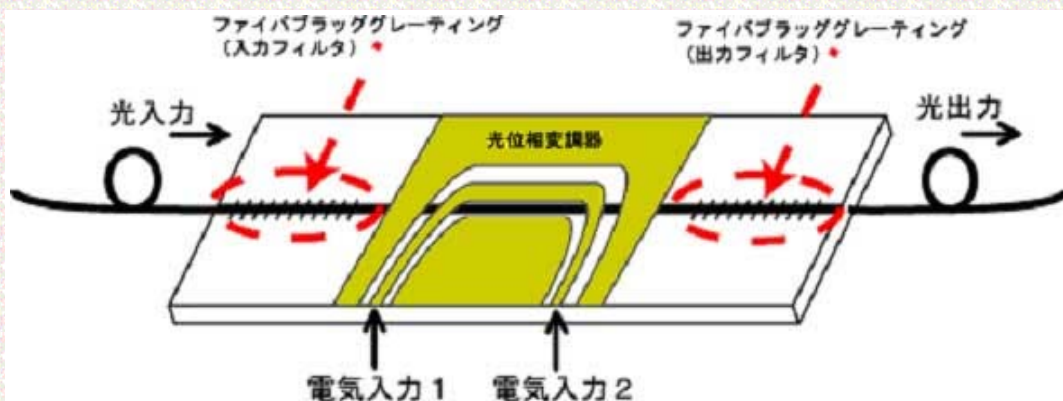


図2: 往復逡倍変調器

4.4GHzの電気信号を往復通倍変調器に供給して、その14倍成分である61.6GHzミリ波信号を発生させた例を図3に示します。スペクトル線幅が鋭く、また、強度の時間変動も極めて小さいことがわかります。図4は往復通倍変調器で生成したミリ波の位相ノイズです。標準的な計測用信号発生器の出力よりもノイズの少ない出力が得られました。

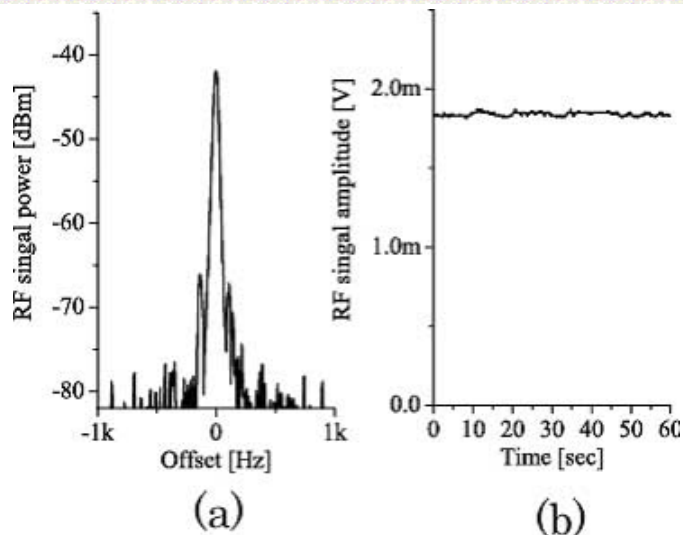


図3: 往復通倍変調器で発生させた61.6GHzミリ波の(a)スペクトル、(b)時間変動

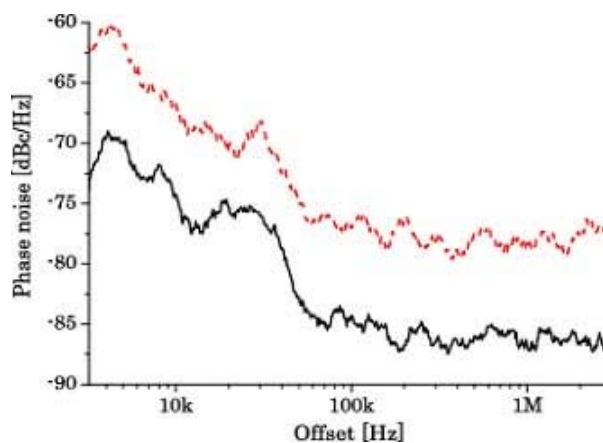


図4: ミリ波の位相ノイズ(実線: 往復通倍変調器、波線: 参照信号)

<用語解説>

- **ファイバ無線システム**

光通信と無線通信を組み合わせたシステム。無線信号を一旦、光にのせてファイバで伝送し、アンテナのすぐそばで電波に変換する。光通信の大容量性と無線通信の利便性をあわせもつシステム。

- **往復通倍変調**

光を往復させることで高い周波数成分で変調された光出力を得る方法。2つの光フィルタと1つの光位相変調器で構成される。CRLで独自に開発された光の広帯域性と電気の安定性を生かした技術。

- **光位相変調器**

加える電気信号に応じて光の位相を変化させるデバイス。出力には入力光よりも光周波数が高い方のシフトした成分と低い方にシフトした成分が含まれる。シフト量は電気信号の周波数と一致する。

- **ファイバブラッググレーティング**

光ファイバに周期的な屈折率変化を書き込んだもの。特定の帯域の光を反射し、それ以外を透過する。今回開発した変調器ではこれを使って光を往復させている。

- **ミリ波帯**

30GHz～300GHzの周波数帯を指し、波長が1mm～10mmとミリメートル域となるので、この名前が付けられている。特に60GHz帯については、平成12年2月に電気通信技術審議会から「60GHz帯の周波数の電波を使用する無線設備の技術的条件」が答申されており、その活発な利用が期待されている。