

分散処理による FM 一括変換の特性シミュレーションの高速化

著者 川原圭祐

指導教員 西仁司

1. はじめに

FM 一括変換は様々な変調方式で変調された複数の信号を 1 つの搬送波を使って、さらに周波数変調 (FM) する方式である。FM 信号であるため、雑音や伝送路歪みへの耐性が強く、光通信との親和性が高い。そのため、様々な通信への応用が考えられている [1]。

システム設計の際、求められる要件を規定する必要があるが、変調波波形が複雑であり、広帯域であるため解析的に計算することは困難である。そこで本研究では、FM 一括変換の特性シミュレーションシステムを構築することを目的とし、特に分散処理による計算の高速化を行う。

2. FM 一括変換方式とは

2.1 FM 変換の処理

周波数変調とは、搬送波の角周波数を 1 つの変調信号で変化させることである。FM 一括変換方式とは、変調波が複数本ある周波数変調であり、変調波数を N 、搬送波の角周波数、振幅をそれぞれ ω_c 、 A_c とし、変調信号を $y_i(t)$ 、最大周波数偏移を Ω_{di} とすると被変調波は次のように表される [2]。

$$S(t, y)_{FM} = A_c \cos \left[\omega_c t + \sum_{i=1}^N \left\{ \Omega_{di} \int_0^t y_i(\xi) d\xi \right\} \right]$$

この周波数の偏移を大きくすると、被変調波の疎密幅が大きくなる。FM 一括変換方式におけるスペクトルの例を図 1 に示す。

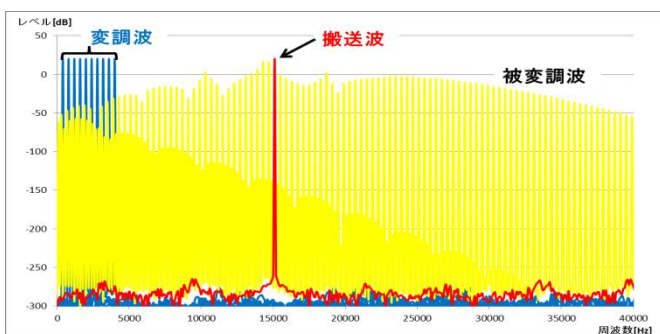


図1 FM一括変換による被変調波のスペクトル

FM 一括変換における被変調波の周波数スペクトルは一般の FM 信号に比べて帯域が広いものになっている。これは、変調信号が多いため、それぞれの変調信号による帯域変化が足しあわされるためである。変調波信号の帯域と被変調波信号の帯域が重なるため、復調後も残留 FM 成分の影響が大きい。そのため CN 比の解析が重要となる。

2.2 FM 信号の復調

FM 信号における復調は、被変調波の疎密を取り出す処理と等価である。その方法の 1 つとしてゲート素子を 2 段縦続接続にし、被変調波の立ち上り (または立ち下り) のタイミングに一定の時間の長さを持った矩形波を作る遅延検波がある。

このパルスの発生頻度は被変調波の周波数変化に対応しているため、元の信号を一括復調することができる。遅延検波の波形を図 2 に示す。

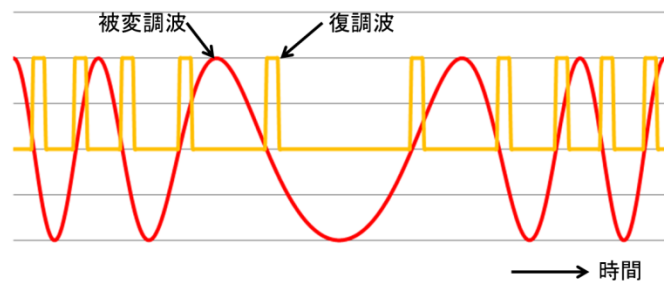


図 2 被変調波と遅延検波波形

3. 変調波信号の位相の影響

搬送波にのせる変調波信号の位相が変化すると検波後のスペクトルが大きく変化する。図 3 にその様子を示す。搬送波周波数は 15.1 [kHz]、変調波周波数は 400 [MHz] から 400 [MHz] きざみの 10 本としている。

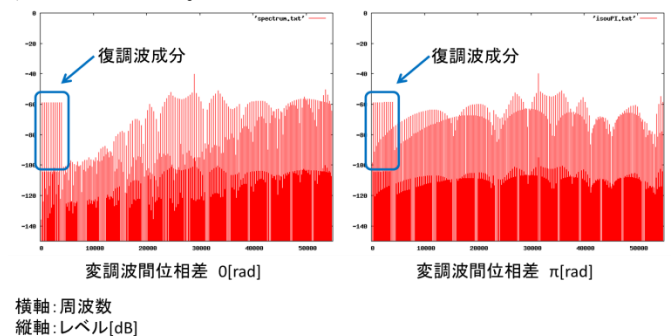


図 3 変調波信号の位相の変化による CN 比の違い

復調波成分の CN 比を計算すると位相変化によって 20dB 以上変化していることがわかる。よって、現実に則したシミュレーション結果を得るためには、変調信号の位相を様々な変化させたそれぞれの結果を統合する必要があると考えられる。そこで、変調波信号のそれぞれの位相差を変化させたシミュレーションをどの程度行えば結果のばらつきが抑えられるかを検証した。搬送波周波数は 3 [GHz]、変調波周波数は 1922 [MHz] から

4[MHz]きざみの 10 本としたときの 1 つ目の変調信号に対する CN 比を求め、回数で平均した。それぞれのシミュレーション回数で 5 回計算したときの 1922MHz の復調波に対する CN 比のばらつきを図 4 に示す。

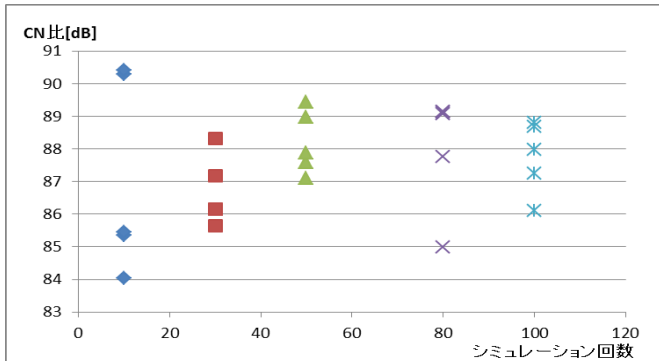


図 4 検証結果

この結果から、10 回のシミュレーションの平均では 16dB もの大きなばらつきが発生しているが、100 回以上シミュレーションを行えばばらつきは 3dB 程度になることが分かった。

ここでスペクトルの計算に用いられる高速フーリエ変換(FFT)は、一定時間間隔でサンプリングされた 2 のべき乗個のデータが必要である。しかし、復調波である矩形波をサンプリングすると立上り、立下りのタイミングの正確な情報が失われるため、計算誤差が大きくなってしまう。よって復調波スペクトルの計算には FFT が使えず、計算に時間がかかる。そこで、100 回のシミュレーションを複数台の計算機に分散して行わせることで処理を高速化するシステムを構築した。

4. 高速化システム

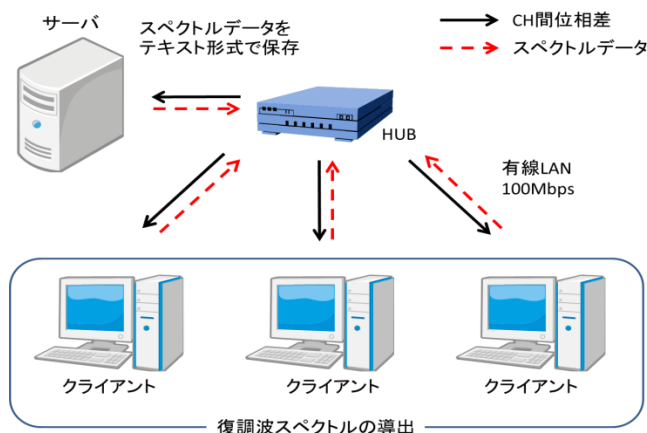


図 5 システムの構成図

図 5 にシステムの構成図を示す。システムはサーバ・クライアント形式とした。シミュレーションに関する設定と、結果の集約をサーバが行い、

実際の計算をクライアントが行う。システムの流れは、サーバとクライアントの接続が完了すると、サーバ側から変調波信号の位相のパラメータが送られる。クライアント側はそれをもとに FM 信号を作成して、遅延検波で復調し、スペクトルを求める。求めたスペクトルデータ(約 420KB)をサーバ側に送信し、サーバ側でテキストファイルに保存する。保存が完了すると再び位相のパラメータを送信し処理を繰り返す。

4. 高速化の効果

変調波信号の位相をランダムに与えて複数のコンピュータであわせて 100 通りの復調波スペクトルを計算した。使用するコンピュータ台数を変え、シミュレーションにかかった時間を測定した。コンピュータのスペックはすべて Windows XP 32bit、Intel Celeron CPU 450 2.20GHz、コア数 1 である。図 6 はその結果である。4 台のコンピュータの使用によって 1 台の時に比べ 3 倍高速化することが出来た。1 回の計算時間(約 25 秒)に対し、サーバ・クライアント間のデータ送受信と、サーバ側でのみ行っているテキストファイルへのデータの保存には長くて約 15 秒かかり、単純に 4 倍に高速化できなかったと考えられる。

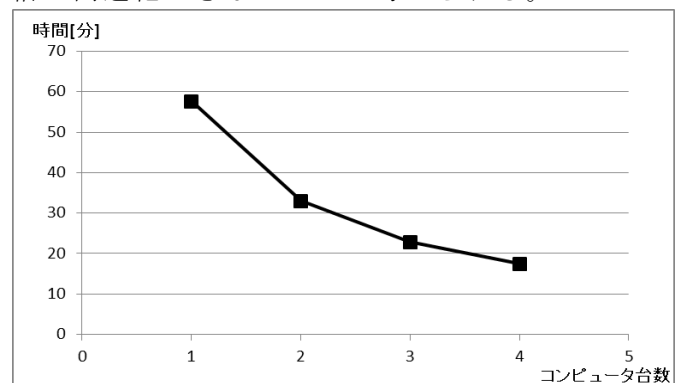


図 6 高速化結果

5. おわりに

FM 一括変換の特性シミュレーションにおける平均化の効果を示した。また、分散処理による計算の高速化を実現した。

今後は、様々なシステムで FM 一括変換が導入できるかの検証を行う必要がある。具体的には光通信を行うときに発生する雑音の影響を考慮する必要がある。

参考文献

- [1] 池田智ら, FM 一括変換技術を用いた広域映像配信 NTT 技術ジャーナル
- [2] 斉藤收三ら共著, 現代 情報通信の基礎, オーム社