

周波数ホッピング方式におけるリミター弁別器に関する一検討

瀬角 龍博 デービッド アサノ

〒 380-8553 長野市若里 4-17-1
信州大学 工学部 情報工学科

あらまし 本稿では MFSK(M-ary Frequency Shift Keying) 周波数ホッピングシステムの受信器として、リミター弁別器を用いた受信機を提案する。弁別器の出力は周波数に依存し、その時々々の周波数に比例した値となり、周波数のホッピング速度を速くしても復調が可能である。また、シミュレーションによりリミター弁別器を用いた受信機の有効性を示した。

キーワード 周波数ホッピング、MFSK、リミター、弁別器

A Study on the Use of Limiter-Discriminator in Frequency Hopping Systems

Tatsuhiko SESUMI David ASANO

Department of Information Engineering
Shinshu University
4-17-1 Wakasato, Nagano, 380-8553 Japan

Abstract In this paper, we propose the use of a limiter-discriminator in MFSK (M-ary Frequency Shift Keying) frequency hopping systems. The output of the limiter-discriminator is proportional to frequency, so demodulation is possible even under fast hopping conditions. By using computer simulations, we found that this system is valid.

Keywords frequency hopping, MFSK, limiter-discriminator

1 はじめに

ここ数年のIT業界の躍進には目を見張るものがある。特に、携帯電話が広く普及するにつれ、移動体通信事業は未曾有の好景気となり、インターネットとも結び付いてITバブルなどという言葉も聞かれるようになった。インターネットへの接続が可能になったことによって、携帯電話はモバイル情報端末としての機能が強化されつつあり、魅力あるモバイル端末（通信機器）として幅広い世代の人々の支持を得ている。また、通信業界では携帯電話の世界統一規格を模索するなど、ボーダレスでグローバルな技術が求められている。さらに、携帯電話の通信媒体である電波はワイアレスの可能性を我々に認識させてくれた。1999年、7月にはBluetooth [1] という周波数ホッピング方式を用いた技術使用が一般公開され、携帯電話やノートパソコンなどのモバイル端末とその周辺機器を相互にワイアレス接続する技術として使用されている。このように周波数ホッピング方式は手軽に利用できるモバイルかつワイアレスな通信技術として様々な分野の機器に応用することが可能である。

周波数ホッピングの変調方式として、MFSK (M-ary Frequency Shift Keying) を用いたものがあるが、一般的なMFSK周波数ホッピングシステムの受信器は、図1に示すような構成になっている。受信側では、同期確立後、周波数シンセサイザが駆動され、送信側と同じ周波数を用いて受信信号が中間周波数帯の信号に変換される。次に、バンドパスフィルタ (BPF) を通り MFSK 復調器で符号化されデータが取り出される [2]。このシステムにおける周波数シンセサイザは周波数のホッピング速度に限界があり、ホッピング速度が速くなり過ぎると処理しきれなくなる。

そこで我々は、その問題点を解決する1つの方法として、リミター弁別器を用いた MFSK 周波数ホッピング方式の受信器を提案する。弁別器は周波数のホッピング速度には依存せず、周波数を振幅に変換するものであり、その時々々の周波数に比例した出力を得ることができる。

本稿ではこのリミター弁別器を用いた MFSK 周波数ホッピング方式の受信機を提案するとともに、この研究

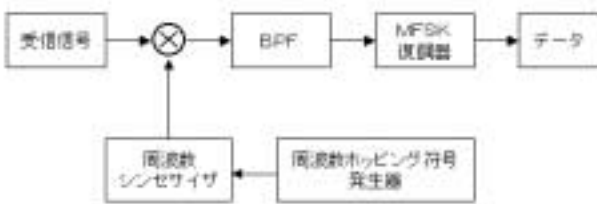


図 1: 一般的な MFSK 周波数ホッピングの受信器

の初期段階として、MFSK 信号をリミター弁別器で復調しその性能を検討する。

2 システムの概要

本研究で提案する リミター弁別器を使った復調器を図2に示す。受信信号は次のように表される。

$$y(t) = A(t) \cos(2\pi f_i t) + n(t) \quad (1)$$

ただし、 $A(t)$ は送信中に生じた振幅の変化量、 f_i は送信周波数、 $n(t)$ は受信器雑音である。

受信した信号はまずリミターに通し、包絡線が一定となるように制限する。これは伝送途中に混入した雑音、あるいは伝送中のひずみ、伝送路の減衰の変動またはフェージングなどいろいろな原因によって生じる振幅の変動が弁別器の出力に影響を及ぼさないようにするためである [3]。振幅が変動している受信信号と包絡線が一定になった信号をそれぞれ図3、4に示す。図3では受信信号が雑音等により振幅が変動し包絡線が一定ではない。図4はリミターに通したあとの信号で包絡線が一定になっている。

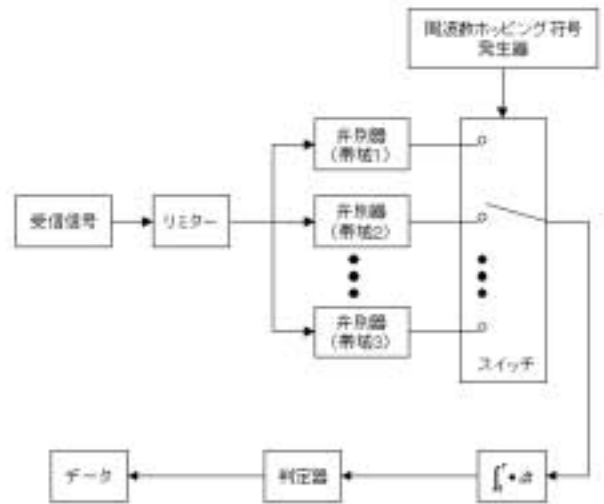


図 2: リミター弁別器を使った MFSK 周波数ホッピングの復調器

弁別器では受信信号の周波数変化を振幅の変化へと変換し、その時々々の周波数に比例した出力を得ている。弁別器回路を図5に示す。入力信号をフィルターL、フィルターHに通し、それぞれの出力の絶対値の差を弁別器の出力としている。フィルターL、フィルターHの特性は図6のようになっており、弁別器としての特性は図7で表される。図7において周波数 f_L と f_H の間はほぼ直線になっており、弁別器の入力信号の周波数と出力が比例

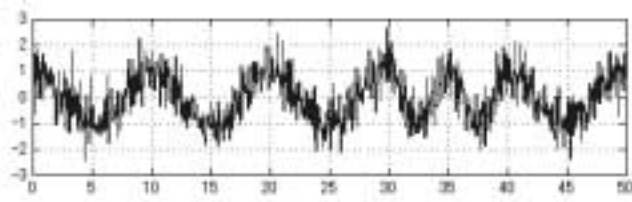


図 3: リミターへの入力

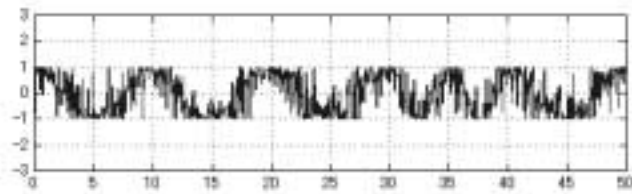


図 4: リミターの出力

関係となるようになっている。つまり、受信信号が周波数 f_L と f_H の間に収まるようにフィルターを構成するわけである。

例として、弁別器への入力信号を図 8、弁別器からの出力信号を図 9 に示す。図 8 の周波数の高い信号は図 9 では高い値へと変換され、同様に周波数の低い信号は低い値へと変換されているのがわかる。ただしこれらの図では入力信号を、2 値の MFSK 信号とし、雑音、伝送路のひずみ等は考慮していない。

周波数ホッピング符号発生器では、周波数がどの順にどの帯域へとホップしたかがわかっていて、それをスイッチへ伝え、スイッチはいくつかある弁別器の出力のうち適当な出力を積分器へと入力する。積分器は入力した信号をビット長ごとに積分し、さらにそれを判定器にかけデータを取り出している。

また、1 つの弁別器に周波数帯域を複数対応させることができる。例えば、変調方式が 2 値の MFSK として 1

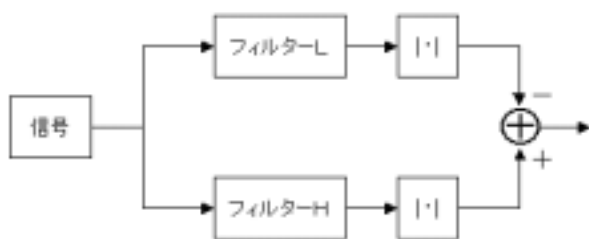


図 5: 弁別器の回路

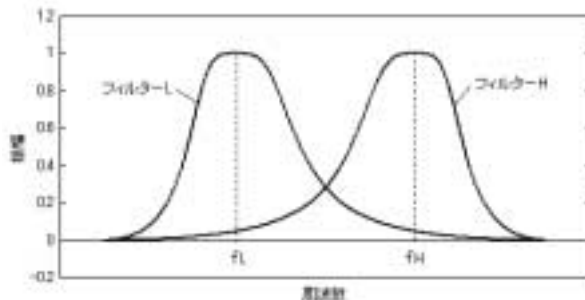


図 6: フィルター L、フィルター H の特性

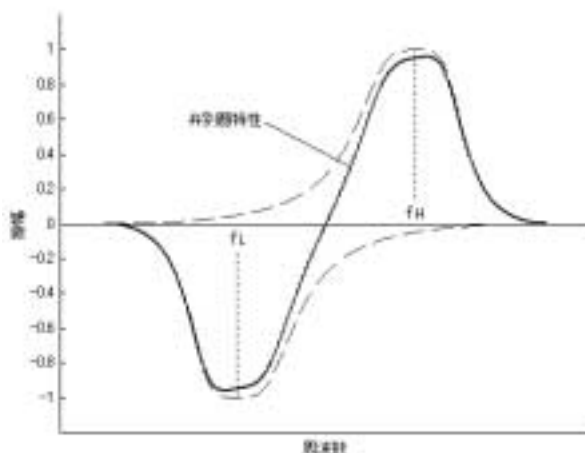


図 7: 弁別器の特性

つの弁別器に周波数帯域を 1 つ対応させた場合、弁別器の出力は 2 値となり、周波数帯域を 2 つ対応させた場合、弁別器の出力は 4 値となる。

3 リミター弁別器を用いた MFSK の復調

リミター弁別器を用いた MFSK の復調をシミュレーションした。

3.1 シミュレーション方法

シミュレーションの回路を図 10 に示す。このシミュレーションにおいて送信信号は 2 値の MFSK 信号とし、送信経路にはガウス雑音を入れている。受信信号は、リミターに通すことによって、包絡線を一定にし、弁別器で周波数に比例した値を出力、それを積分して判定器にかけ、データとして取り出している。

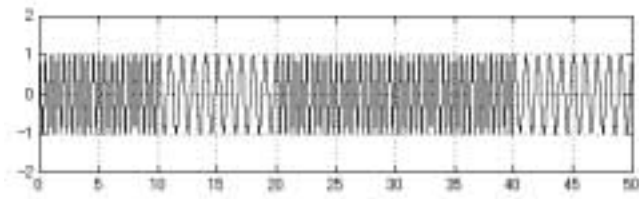


図 8: 弁別器への入力

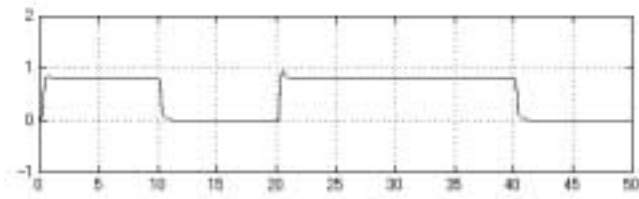


図 9: 弁別器の出力

3.2 結果

シミュレーションの結果を図 11 に示す。リミター弁別器を用いた受信機の誤り率は 10^{-10} でプロットし、MFSK ノンコヒーレント復調の理論値を実線で示している。これよりリミター弁別器を用いた受信機が有効であることがわかる。

4 まとめ

本稿ではリミター弁別器を用いた MFSK 周波数ホッピング方式の受信機を提案した。これは、一般的な MFSK 周波数ホッピング方式の受信機すなわち周波数シンセサイザを用いた受信機に代わるものである。特徴としては弁別器の出力は周波数に依存しているため、周波数のホッピング速度が速くとも復調が可能という点である。さ

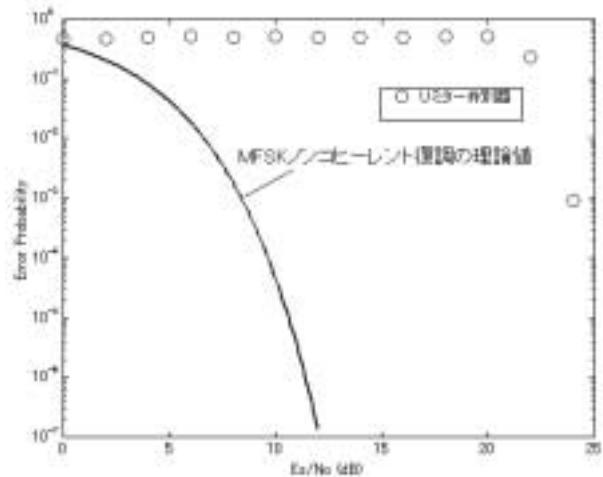


図 11: シミュレーションの結果

らに、1つの弁別器に周波数帯域を複数対応させることができる。また、計算機シミュレーションによりリミター弁別器を使って MFSK 信号を復調し、受信機の有効性を確認した。

5 今後の課題

問題点として、周波数ホッピング符号発生器をどのように制御するか、また、複数のユーザにどのように対応するのかということが挙げられ、それらをどう解決していくかが今後の課題である。

参考文献

- [1] 宮津和弘, “ワイヤレス通信の新技术,” bluetooth ガイドブック, pp. 1-2, 日刊工業新聞社, 東京都, 2000.
- [2] 横山光雄, スペクトル拡散通信システム, 科学技術出版社, 東京都, 1988.
- [3] 瀧保夫, “通信方式,” 電子通信学会, 株式会社コロナ社, 東京都, 1980.

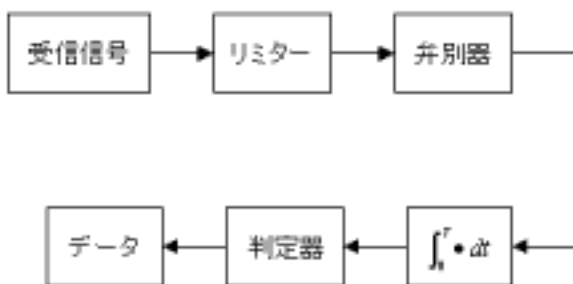


図 10: シミュレーション回路