

1. はじめに

ITS(Intelligent Transport System)を実現するためには情報通信が必要不可欠です。走行中の車両、すなわち移動体が通信相手になりますので、無線通信が必須ということになります。無線通信には空間光通信や誘導無線通信なども含まれますが、通信範囲の広さや姿勢の自由さから電波による無

線通信が主体になります。

電波による無線通信は実用化以来約百年が経過し、この間多くの通信方式が考案され使用されてきました。最近、スペクトラム拡散(SS: Spread Spectrum)通信が注目を浴びています。これは、SS通信が雑音耐性や秘匿性など多くの特長を持っているためです。しかし、これらの特長を発揮させる

ためにはある条件を満足させなければならず、回路構成の複雑さなどの欠点もあります。そのため、SS通信をシステムに応用するためには、特長と欠点および必要条件を十分に理解しておかなければなりません。ここでは、SS通信の特長とそれを実現するための条件を解説し、ITSへの利用方法を探ってみましょう。

基礎講座

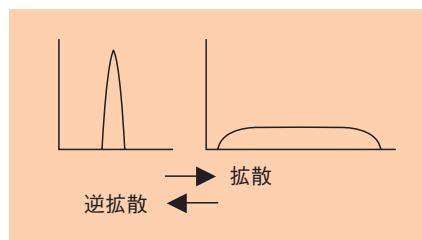
ITSにおける スペクトラム拡散通信の利用

2. SSとは

電波を利用して情報を伝送しようとするときは、変復調という操作が必要です。変調は搬送波(電波)を情報信号で加工するものであり、復調は加工された搬送波から情報を取り出すものです。

SSは変復調方式の一つで、情報信号を広い周波数帯に拡散して送信し、受信側では拡散された信号からもとの情報信号を取り出します(逆拡散という)。拡散方式として、情報信号のビットを拡散符号に置き換える直接拡散(DSS)方式と、送信周波数を短い時間でランダムに切り替える周波数ホッピング(FH)方式があります。

同じ情報信号速度の場合は、狭



帯域変調(非拡散変調)に比べて広い周波数帯域を必要としますが、次のような多くの特長を有します。

- (ロ) 秘匿性
- (ハ) 低電力密度(低干渉)
- (ニ) 被干渉耐性
- (ホ) フェージング耐性
- (ヘ) 時間圧縮
- (コ) 符号分割

以降、これらの特長の詳細と実現するための条件を述べます。

3. 秘匿性

SS通信は、拡散符号を知らない人には傍受できないので、秘匿性を保つことができます。そのため、軍事通信に使用されてきました。たしかに長い拡散符号長を用いてSS変調をかければそれなりの秘匿性を保つことができます。しかし、利用できる周波数帯域が制限された中で長い拡散符号長を使うのは困難です。また、拡散符号に適する符号の

種類はそれほど多くなく、たとえば無線LANに使用している拡散符号は、各社製品で共通の符号を使用しています。

したがって、SS通信に秘匿性を求めるのは無理があります。近年は優れた暗号方式が発表されていますので、秘匿性は暗号化によって確保すべきと思われます。

4. 低電力密度

SS変調波は広いスペクトラム(周波数分布)を有しますが、単位周波数あたりの電力は小さくなります。たとえば、総空中線電力を100mWとし、占有周波数帯幅(≒受信帯域幅)を10MHzとすれば、電力密度は10mW/MHzになります。

一般の無線通信機の占有周波数帯幅は極めて狭い帯域を使用しています。たとえば、400MHz帯テレメータ用無線機の占有帯域幅は8.5kHzです。その狭い帯域に入り込むSS変調波の電力は、総電力に比べて極め

て小さくなりますので、相手に干渉を与える可能性が少なくなります。この特性を利用することによって、既往の狭帯域無線局が存在する周波数帯にSS変調無線局を追加しても、干渉による障害を与えることなく周波数を共用できます。

しかし、与干渉局と被干渉局の距離が近い場合は、希望波の受信電力に比べて干渉波の受信電力が極めて大きくなりますから、いかに低電力密度でも干渉による影響を避けられません。したがって、狭帯域変調波とSS変調波の混在は原則としてできません。

5. 被干渉耐性

SS通信は、逆拡散によって希望波の拡散符号を強調して受信します。そのため、狭帯域変調波あるいは雑音の影響を少なくできます。しかし、前項と同じように干渉局と被干渉局の距離が近い場合は、干渉の影響を避けられません。

なお、2.4GHz ISM(Industry Science Medical)帯ではSS変調の無線LANと、狭帯域変調の移動帯識別装置やアマチュア無線局が混在しています。この周波数帯は電子レンジやマイクロ波医療機器などにも使用されており、最初から混信があることを前提とした周波数帯なので、あくまで例外と考えるべきでしょう。

6. フェージング耐性

送信点から受信点に至るまでに複数の伝播経路(マルチパス)が生じることがあります。たとえば、直接届く電波と山岳などに反射してから届く電波を受信すると、両者の時間差(位相差)の関係で振幅が変動し、通信に悪影響を与えます。マルチパスフェージングと呼ばれる現象で、テレビ受像器では

映像が2重に映ったり、データ通信ではビット誤りが出たりします。

SS変調波は逆拡散によってマルチパスによって時間差のある信号を受信した場合は、時間的にずれた複数のマルチパスパルスが出力されますが、正規の位置にあるパルスのみを取り出すことによって、ビット誤りを回避できます。また、時間的に遅れたマルチパスパルスをまとめて信号処理する、いわゆるレイク(Rake:熊手)受信方式によって、さらにフェージング耐性を向上させることができます。

7. 時間圧縮

パルスレーダは、非常に短い時間長の電波パルスを送信し、反射波を受信して物体の有無を検知します。パルス幅を狭くすればするほど分解能が高くなります。ところが、パルス幅を狭くすれば実効的な送信電力が小さくなり、遠距離の観測が困難になります。

このような場合にSS変調されたパルス波を使用すると、逆拡散によって送信パルス長より短い受信パルス(マルチパスパルス)が得られます。つまり、実効的な送信電力を下げずに分解能を向上できます。レーダの場合はランダム符号で拡散する理由はないので、連続的に周波数が変化する方式(チャープ方式)が使用されます。

また、この特性によって正確な時間信号を得ることができ、ナビゲーションに利用されているGPS(Global Positioning System)にもSS変調が使われています。

8. 符号分割

電波による無線通信の場合、同一空間で同一周波数の電波を使用すると相互に干渉し、良好な通信ができません。ところが、拡散符号の異なるSS

変調波であれば、同一周波数でも分離して受信することができます。適当な拡散符号を選択すれば、多くの局が周波数を共用できます。最近使われたCDMA(Code Division Multiple Access)方式の携帯電話はこの特性を利用したものです。

しかし、異なる符号を分離するためには、複数波の受信レベルが同一で、かつ相互の符号どうしが時間的に同期している必要があります。そのため、CDMA方式の携帯電話システムでは、各端末局の送信電力を基地局の受信レベルが同一(±1dB程度)になるように制御しています。また、端末どうしは基地局からの信号で同期を取り、基地局どうしはGPSの時刻信号で同期を取っています。

このように、独立した局で符号分割を利用しようとする、大がかりな制御プロトコルが必要になります。1:1通信で符号分割を利用すると、とくに制御しなくても受信レベルとタイミングが同一ですので、帯域幅が同じでも高速伝送が可能になります。

9. ITSへの利用

ITSにおいては、GPSやCDMA携帯電話のような既存システムを利用してほか、車車間通信などへの応用が考えられます。また、衝突防止レーダの標準方式の一つとしてチャープ方式があげられています。

SS通信は多くの特長をもっており、今後の新しいアプリケーションへの展開が期待できますが、その特長を生かすためには電波法の整備をはじめ、周辺システムやプロトコルの開発もあわせて進めていく必要があります。