

# 통신 기술

정 봉 현 譯

## I. 머리말

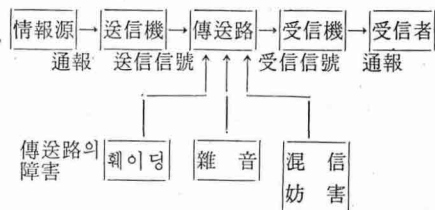
「통신 기술」에 관한 解説을 하기 위해서는 通信을 구성하는 個個의 技術要素를 集約하게 되나, 通信시스템의 現狀을 하아드 이미지(Hard Image)로 소개하는 등 여러가지 方法이 있어 이들의 學術的 解説書는 널리 일반에게 公開되어 있다.

여기에서는 本誌의 特色을 고려하여 광범위한 「통신 기술」을 通常 접하고 있지 않다고 생각되는 防衛用 通信技術, 특히 通信 ECCM 技術에 대하여 解説하고 내용은 一般 讀者層에 焦點을 맞추어 극히 平易한 說明을 하고저 노력했다.

Ⅱ章과 Ⅲ章은 Ⅳ章을 이해하는데 도움이 되는 通信技術의 基本的인 사항이며, Ⅳ章에는 지금까지의 研究結果를 概說하고 Ⅴ章은 몇 擘말로 通信技術의 將來動向을 간단히 언급했다.

## Ⅱ. 通信系의 모델

人間과 人間, 機械와 기계의 意思疏通, 近年에는 또한 人間과 機械와의 會話등을 廣義의 通信(Communications)이라고 해석한다면 그림 1에 表示되는 바와 같이 通信系의 모델로 集約될 수 있다. 즉 사람과 사람이 對話할 경우 通報는 말(音聲)로서 送信機는 입, 受信機는 귀라고 할 수가 있다. 바로 가까운 距離에서의 對話는 비교적 작은 소리로, 한치떨어진 距離에서는 보다 큰 소리로 말하게 되는 것 등은 人間이 본능적으로 傳送路(이 경우는 音聲傳送路)의 信號對雜音



〈그림 1〉 通信系의 모델

比를 一定值以上으로 유지하고자 하는 自動制御機能인 것이다. 다시 距離가 멀어지게 되면 擴聲器를 사용한다. 이것도 數10미터 이상에서는 使用不能하게 될 것이다.

音聲을 電氣信號로 變換하여 傳送路에 送信하면 通信距離는 비약적으로 향상된다. 이 경우 傳送路는 有線傳送路와 無線傳送路로 分類된다. 前者에는 電話線(JWD/ITT 등), 同軸케이블, 導波管, 光섬유케이블 등이 있고 擘연적으로 固定點間的 通信用途에 한정된다.

한편, 後者에는 이러한 제한이 없고 電磁波(電波)에 의한 電波傳送路가 넓게 활용되고 있다. 표 1에는 電波의 各周波數帶의 名稱 등을 표시했다.

軍用周波數帶는 모든 帶域에 걸쳐 있으나 近年에는 情報化時代를 反映하여 周波數需要가 급증하고 있어 上限周波數는 밀리波帶에서 光의 領域까지 通信用途로 확대되고 있다. 여기에는 情報(通報)를 傳送路에 送出(變調)하는 技術 이것을 受信(復調)하는 技術의 發展外에 半導體 등의 素子技術, 集積化技術의 급속한 발전에 크게 기여하고 있다.

<표 1>

周波數帶의 名稱

| 周 波 數 帶       | 波 長             | 名 稱 | 用 途  |
|---------------|-----------------|-----|--|
| 30~300 Hz     | 10,000~1,000 km | ELF | } 對潛水艦通信   |
| 300~3,000 Hz  | 1,000~100 km    | ELF |  |
| 3~30 kHz      | 100~10 km       | VLF |  |
| 30~300 kHz    | 10~1 km         | MF  | 海上移動通信, 無線航法   |
| 300~3,000 kHz | 1,000~100 m     |     | 海上移動通信, (中波放送)   |
| 3~30 MHz      | 100~10 m        | HF  | { 地上移動通信, 海上移動通信.<br>航空移動通信, 基地間通信.<br>OTH 레이다, (短波放送) |
| 300~300 MHz   | 10~1 m          | VHF | { 地上移動通信, 航空移動通信.<br>多重無線通信.<br>(FM 放送, TV 放送)         |
| 300~3,000 MHz | 100~10 cm       | UHF | { 地上·航空移動通信, 多重無線通信.<br>O/H 通信, 航法援助<br>레이다(TV 放送)     |
| 3~30 GHz      | 10~1 cm         | SHF | { 防禦用마이크로.<br>多重無線通信, 衛星通信.<br>레이다                     |
| 30~300 GHz    | 10~1 mm         | EHF | 衛星通信, 레이다  |
| 300~3,000 GHz | 1~0.1 mm        | —   |  |

III. 變復調技術

電波를 사용하여 情報를 傳送하기 위해서는 搬送波(표 1의 周波數)에 무엇인가를 細工하여 變化시킬 需要가 있다. 이것을 變調라고 하여 受信側에서는 이를 逆으로 細工하여 원래의 情報를 받아내는 것을 復調라고 한다. 여기에서 基本적으로 세 種類의 方法이 있다. 가장 單純한 變調는 搬送波를 그림 2(1)와 같이 斷續으로 情報를 送受하는 方法으로 斷續의 仕樣을 文字와 對應하게 訂해두면 通信을 할수 있게된다(몰스電信). 이 ON-OFF의 切換하는 速度를 1秒間에 몇回하는가, 즉 1秒間의 情報펄스數를 傳送速度라고 하며 비트/秒로 表現하고 있다. 일반적으로 傳送速度가 增加하면 電波가 占有하는 周波數帶幅(스펙트럼幅)도 넓어지게 된다.

한편, 音聲과 같이 다수의 周波數成分(數 100 Hz~數 KHz)을 含有하고 동시에 그 強度를 變化시켜 情報를 보내는 경우에는 一例로 그림 2(2)와 같이 音聲에 對應하여 搬送波에 振幅變化를 주는 變調를 하게된다. 이것을 振幅變調(AM-Amplitude Modulation)라고 한다.

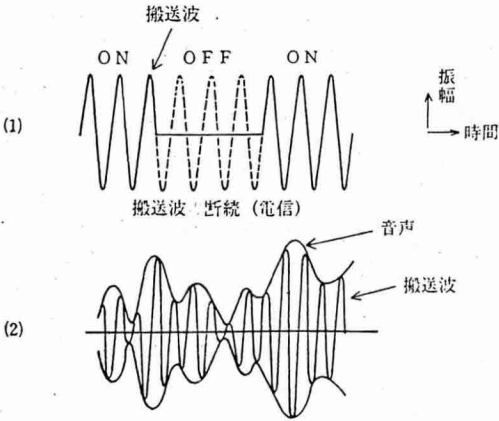
다음으로 搬送波의 振幅을 일정하게 두고 周波數를 音聲의 強度에 따라 變化시키는 方法을 周波數變調(FM-Frequency Modulation)라고 하며 그림 3에 표시했고.

마지막으로 그림 4는 基本的인 變調方法으로 位相變調(PM-Phase Modulation)를 표시했다.

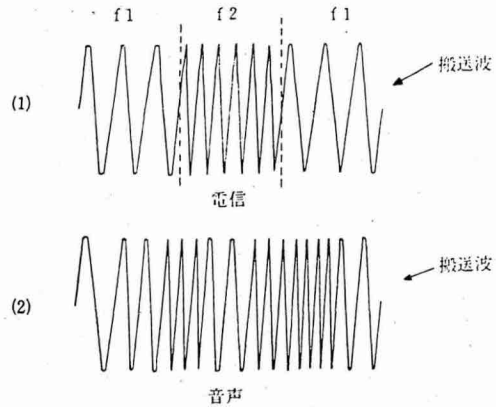
音聲의 例로서 그림 4(2)와 같이 位相이 音聲 強度에 의해 연속적으로 變化하는데 대하여 電信의 경우(그림 4(1))에는 마아크「1」, 스페이스「0」에 의해 位相이 180度 급변한다.

이와같이 搬送波가 ON이나 OFF,  $f_1$ 이나  $f_2$  및 0度나 180度의 정해진 상태만을 택하는 變調를 디지털 變調라고 하며, 各各을 OOK(ON OFF Keying), FSK(Frequency Shift Keying) 및 PSK(Phase Shift Keying)라고 한다. 이에대하여 各그림의 音聲波形과 같이 搬送波의 상태가 연속적으로 變化하는 것을 아날로그 變調라고 한다.

최근에는 IC 등의 발달에 의해 大部分 디지털 變調技術이 主流를 이루고 있고, 3種의 變調方法을 複合 또는 變形한 많은 제안들이 실현되고 있다. 音聲(아날로그)에 디지털變調를 적용할 경우 앞서 音聲을 「1」, 「0」의 時系列로 變換한 후 에 變調한다. 이 變調方法에는 PCM(Pulse Code



〈그림 2〉 振幅變調



〈그림 3〉 周波數變調

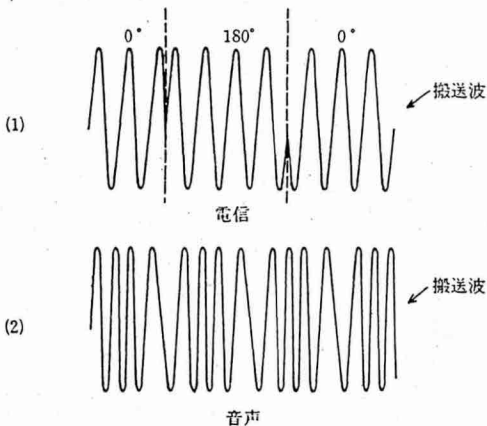
Modulation),  $\Delta M$ (Delta Modulation)을 위시하여 많은 研究開發이 이루어지고 있으나 細部의인 것은 여기에서 言及하지 않겠다.

#### IV. 特殊變調技術

軍用通信은 특히 混信·妨害나 傍受에 대한 抗性이 要求되고 있다. 여기에서는 여러가지 電子戰(EW-Electronic Warfare)狀況下에서도 通信을 확보할 수 있는 通信의 ECCM(Electronic Counter Counter Measures)技術에 關於하여 소개한다.

##### 1. SPM(Spectrum Pattern Modulation)方式

이 方式은 傳送速度에 대하여 넓은 周波數帶

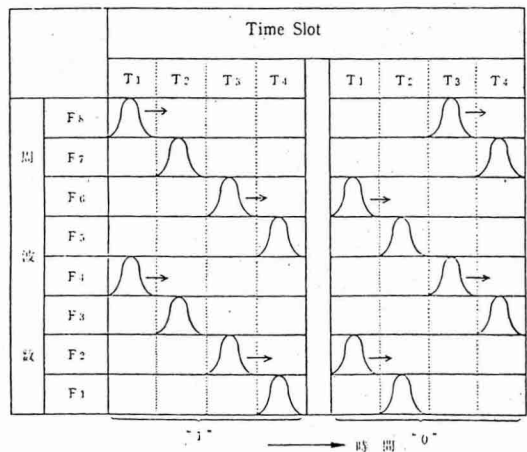


〈그림 4〉 位相變調

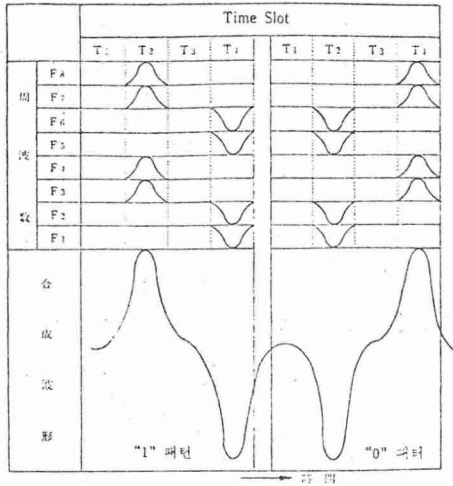
幅을 사용하는 것으로서 廣義의 意味에서는 後述하는 스펙트럼 擴散變調의 範疇에 넣어도 좋다.

그림 5에 例示된 바와 같이 情報(「1」 또는 「0」)에 對應한 2種類의 周波數패턴을 定하여 두고 情報 「1」에 대하여  $T_1$ 時間에 周波數  $F_4$ 와  $F_8$ ,  $T_2$ 時間에 周波數  $F_3$ ,  $F_7$ 와  $T_3$ 時間에 周波數  $F_2$ 와  $F_6$ ,  $T_4$ 時間에 周波數  $F_1$ 와  $F_5$ 를 送出한다.

受信側에서는 送出된 패턴이 「1」 또는 「0」의 어느 것인가를 判定하면 되는 것으로, 例로서  $F_2, F_4, F_6, F_8$ 의 짝數채널의 信號는 1타임스롯(TimeSlot)分 지연시키고 한편,  $F_1, F_3, F_5, F_7$ 채널의 信號는 極性を 反轉하여 合成한다. 그림 6



〈그림 5〉 SPM의 送信패턴



〈그림 6〉 SPM의 復調過程

의 復調過程에서 얻어진 合成波形에 의해 正의 피크 後에 負의 피크가 受信되면 「1」, 逆의 경우에는 「0」의 判定을 하게된다. 같은 그림에서 보는 바와 같이 正負의 피크는 4개의 周波數 信號를 合성한 것으로 이 方式은 特定한 채널에만 混入하는 狹帶域 混信, 妨害 또는 電離層 등의 電波傳送路에서 생기는 周波數 選擇性 페이딩(電波에너지를 消失하는 周波數가  $F_1 \sim F_8$  사이에서 時時刻刻 變化하는 페이딩-이에 대한  $F_1 \sim F_8$  사이의 에너지가 동시에 消失하는 페이딩을 同時性 페이딩이라고 한다)에 대하여 극히 有效한 것으로서 信賴性이 높은 通信回線을 확보할 수 있게 한것이다.

SPM 方式은 電波傳送路의 상태가 좋으면 지금까지 說明해온 手法을 응용하여 傳送速度를 2 배 또는 4 배로 증가시킬 수 있는 長點이 있고, 이미 研究開發段階가 끝나고 1978年度부터 實用化되어 海上自衛隊의 短波텔레다이프通信에 사용되고 있다.

## 2. 短波高速度通信方式

短波帶의 데이터傳送, 특히 高速度·遠距離通信은 傳送媒體가 電離層에 의존하고 있어 年間變化, 月間變化, 日中變化 등 그 傳送品質은 뚜렷하게 不安定하다. 이와같은 傳送路에 高速度通信(1,000비트/秒以上)의 品質을 확보하려는 연구가 美軍을 위시해서 世界各國에서 1960年代에

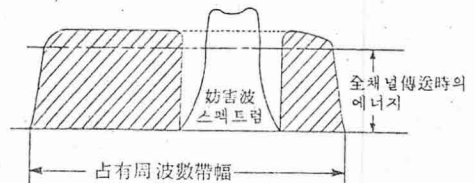
활발하게 進行되었다.

그 後 美軍은 通信衛星의 實用화로 遠距離通信의 용도로 短波帶의 使用를 輕視하여 一時 研究가 低調한 것같이 보였으나 近間 또다시 IHFR(短波改善計劃)등으로 1990年代에 장비하기 위하여 研究개발이 活性化되고 있는것 같다.

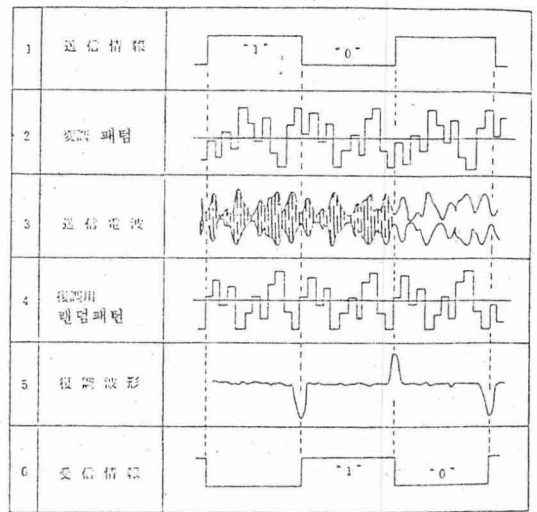
이들 方式은 不安定한 短波傳送路에 適應한 데이터傳送方式을 채택하고 있지 않기 때문에 運用面에서 상당히 많은 制限을 받고 있다.

이러한 現狀을 감안하여 技術研究本部가 研究試製한 「短波데이터 傳送裝置」(1975~1978年度)의 概要는 다음에 說明하겠나.

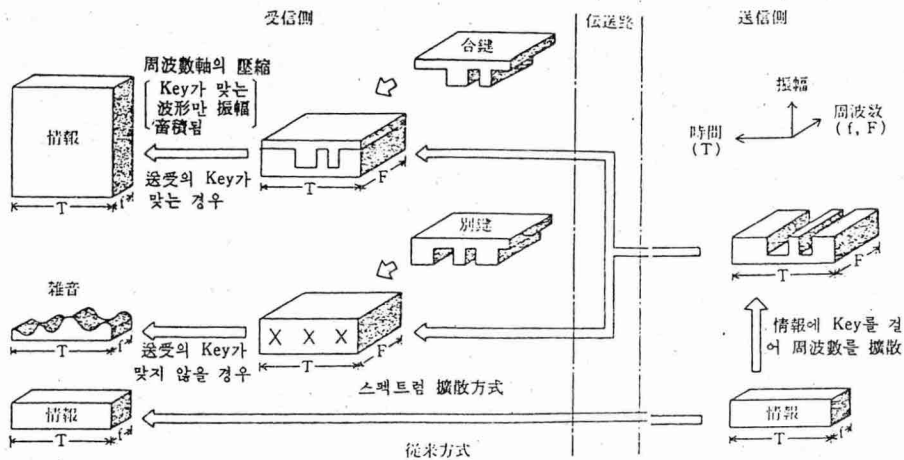
이 方法은 占有周波數帶域을 다수의 채널로 分離한 FDM-DPSK(周波數分割多重-差動 PSK) 方式으로서, 受信데이터中에 틀린 符號를 檢出하여 送信側에 再送시키는 通常의 誤符號制御方式외에, 混信·妨害의 스펙트럼을 常時 監視하고 이와 重疊되지 않은 部分의 스펙트럼을 사용하여 데이터傳送을 하는 것과 같이, 送信側을 制御하는 情報위드백方式을 채택하고 있다. 例로서 그림 7에 表示된 바와 같이 주어진 占有周



〈그림 7〉 高速度通信方式



〈그림 8〉 RPM 方式



〈그림-9〉 SS 방식의 概念圖

波數帶幅中에 混信·妨害가 混入될 경우에는 이 部分(채널)으로 傳送하고 있는 데이터는 거의 誤符號가 발생하게 되어 비록 訂正符號를 사용 하여도 올바르게 訂正하는 것은 불가능하다.

따라서 그림에 表示되는 點線의 區分에 相當하는 채널은 傳送하지 않고, 斜線部分의 스펙트럼만을 傳送하고, 동시에 傳送電力을 全채널 傳送時와 같은 모양을 갖도록 制御함으로써 傳送 채널의 品質을 더욱 向上(信號對雜音比의 向上)시킬 수가 있다. 이와같이 하여 送信側에서 受信側에의 傳送速度는 傳送路의 混信·妨害, 웨이딩狀況등에 적응하는 50비트/秒~4,500비트/秒의 可變速度通信이 가능하게 된다.

이 방식은 현재까지 裝備化되지 않고 있으나, 原理적으로 放送系以外的 全二重通信은 물론 半二重通信(Press-Talk 방식)의 回線에도 活用될 수 있는 것으로, 장래의 基地通信系등의 데이터 傳送에 적용될 것으로 기대되고 있다.

### 3. RPM(Random Pattern Modulation)

그림 8에 이 방식의 變調過程을 나타냈다. 送信情報에 대응하여 雜音에 근사한 二種類(그림은 「1」, 「0」로 反轉하는 패턴을 표시했다)의 랜덤패턴(多值振幅패턴 振幅值가 「1」 또는 「0」의 二種만이 아니고 多值를 取하는 패턴)의 어느 것인가를 送信한다. 受信側에서는 復調用의 랜덤

패턴과 到來패턴과의 相關計算은, 情報비트 길이의 周期마다 이루어져 그림에 나타나는 復調波形을 얻을 수 있다.

여기에서 負피이크의 경우에는 受信情報로서 「1」을, 正피이크의 경우에는 「0」를 出力하여 데이터 傳送이 이루어진다. 이 방식은 그림에서 容易하게 觀察할 수 있는 바와같이 情報비트 中에 있는 랜덤패턴의 길이가 길면 그만큼 妨害등에 대한 ECCM 性을 지니게 된다. 또한 送信電波는 擬似雜音과 극히 類似하여 時間과 더불어 振幅이 랜덤으로 變化하게 됨으로, 어떤 意味에서는 電波 그 自體를 秘匿한 方式으로 볼 수가 있어 對傍受性에도 우수하다.

한편, 패턴의 길이가 길게 되면, 相關計算을 위한 디지털演算素子の 速度 및 하드웨어의 크기에 制約을 받게 되어, 今後 아날로그演算을 포함한 素子技術의 많은 발전을 기대하고 있다.

### 4. 스펙트럼 擴散變調方式

스펙트럼擴散(Spread Spectrum)通信技術은 잡음에 묻힌 信號의 檢出方式으로, 레이더·通信등에의 利用은 第2次大戰 이전부터 美軍에 의해 着想되었고, ECCM 通信用으로는 극히 有效한 變調技術이다.

여기에서 SS의 意味를 간단히 설명하고자 한다. 例로서 人間の 音聲을 300~3,400Hz(3.1kHz

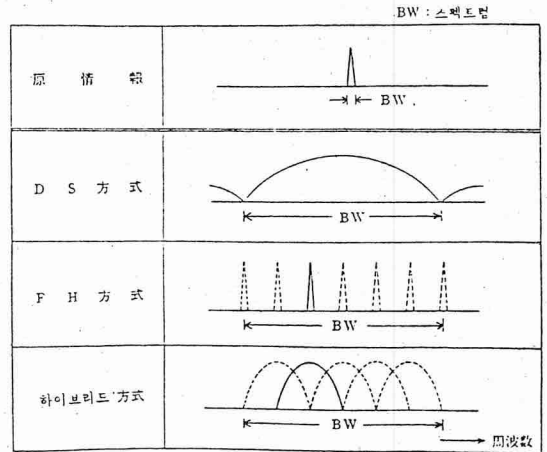
幅)의 스펙트럼에 制限하여도, 명확한 通信이 가능(일반의 通信機에 相当)하고, 이것의 電波에 실리기 위하여 變調률 해도 最低限 3.1kHz의 占有周波數帶幅으로 傳送할 수가 있다(SSB 方式—Single Side Band). 그렇지만 中波 AM 放送으로는 2배, FM 放送으로는 10배의 占有周波數帶幅을 사용하고 있다. 이런 意味에 있어서는 AM, FM 放送도 SS 方式이라고 할수 있다. 但, 放送에서 사용하고 있는 이들 擴散의 목적은 물론 對妨害를 意圖한 것이 아니고 受信機製造의 低廉化와 高音質(HiFi)化를 겨냥한 것이다.

軍用으로 사용되는 SS 方式은 이 擴散幅이 數 10倍~數 1,000倍로 對妨害效果를 얻는 方式으로서 그림 9에 概念圖를 나타냈다. 그림의 아래 쪽에 從來方式의 概念을 표시하였고, SS 方式은 原情報(「1」 또는 「0」)에 細工한 복잡한 펄스列로 變換한다. 이 과정에서 스펙트럼이 擴散되고 동시에 獨特한 열쇠(Key)가 걸리게 되어, 이 열쇠없는 傍受가 극히 곤란하다. 더구나 열쇠에 맞지않는 妨害波는 受信時에 相關計算結果, 단순한 잡음이 되어 分散되고, 信號(열쇠가 맞음)는 有效하게 蓄積되어 原情報를 復元하게 된다. 이 과정이 前節의 方式과 유사하다고 想起될 것이다.

그리고 前述한 原情報를 복잡한 펄스列로 變換하여 情報에 열쇠를 거는 方法에는 時間軸에 거는 方法과 周波數軸에 거는 方法의 두가지로 大別할 수 있다. 前者는 DS(Direct Sequence)方式, 後者는 FH(Frequency Hopping)方式이라고 부른다. 어느 方式이든 原情報의 스펙트럼幅에 대해 大幅의 스펙트럼擴散이 이루어진다.

그림 10에 DS 方式, FH 方式의 스펙트럼分布의 例를 나타냈다. DS 方式의 中心周波數는 항상 일정하고, 廣帶域스펙트럼을 占有하는데 대해 FH 方式은 中心周波數가 廣帶域으로 약진하지만 순간순간 狹帶域스펙트럼으로 되어 있는 것을 알수 있다. 이 意味에서 FH 方式은 狹帶域妨害波를 회피하여 通信을 할수 있는 ECCM 方式이라고도 말한다.

美軍등에 있어서는 이미 1980年代初부터 SS 方式의 裝備化가 한창 이루어져 DS, FH 方式外의 用途에 응용한 이들 하이브리드方式도 채택되고 있다. 日本의 방위용 SS 通信은 1965年代初부터



〈그림-10〉 SS 方式의 스펙트럼

RPM에 대한 研究가 시작되어 현재 研究開發의 최종 단계에 있다. 즉 1985~1987年度 研究試製되는 「適應制御通信裝置」는 DS, FH 및 이들 하이브리드方式의 技術檢證 이외에 상당히 강력한 妨害波를 排除하기 위해 妨害波方向에 不感點이 자동적으로 形成되는 어댑티브 어레이(Adaptive Array)空中線技術도 연구되어 評價試驗을 1987~1988年度에 실시할 예정이다.

## V. 맺음말

通信을 지탱하는 構成技術은 今後 VHSIC(Very High Speed IC), 슈퍼컴퓨터(Super Computer) 등의 출현으로 더욱 더 高度化 複雜化되고 있는 한편, 運用面에서는 多樣化에 따른 對應策이 강구되고, 동시에 단순한 조작으로 通信機能을 충분히 發揮할 수 있도록 하는 복잡한 技術과 간단한 操作의 調化가 통신의 필수조건이 된다는 것은 두말할 나위가 없다. 이를 위하여 妨害戰況下에서 通信方式과 電波傳送特性의 兩分野를 통합한 研究가 촉진되고 있다.

그래서 「通信技術」이란 提目이 그렇듯이 그림 1의 通信系모델과 연관된 모든 技術을 언급하고자 했으나, 이들 광범한 細部技術에 관해서는 많은 解説書가 市販되고 있어 本稿에서는 일반적인 通信 ECCM 技術, 活用中인 變調技術을 中心으로 극히 平易하게 해설을 해 보았다.

## 참고 문헌

(防衛アンテナ 1986. 11)