

# FH 대역확산통신이 TV채널에 미치는 간섭 연구

박창일, 김한중, 조형래, 이병수, 강창언

연세대학교 전자공학과 정보통신연구실

## A Study on Interference of Spread Spectrum Communications in TV Channels

C.I. Park, H.J. Kim, H.R. Cho, M.S. Rhee, and C.E. Kang

Dept. of Electronic Eng. Yonsei University

ABSTRACT: The purpose of this paper is to demonstrate a FH spread spectrum communication interference in TV channel. To calculate this interference, we derived the field strength of TV signals as a function of distance between TV transmitter and receiver. And then we developed an interference model in that field strength, and proposed the difference of power level between FH interference signals and TV signals, which results in acceptable TV screen. Experiments also show that simultaneous transmission of acceptable FH spread spectrum and TV signals are feasible. This proposal will be used in conventional FH spread spectrum systems.

### 1. 서론

정보화 시대에 따른 무선 주파수의 수요 증가와 이용의 다양화로 인하여 유한자원인 주파수대역의 효율적 이용은 매우 중요한 과제가 되었다. 정보 전송면에서는 광대역화가 바람직하지만 주파수 대역의 효율적 이용면에 있어는 항상 제약이 따른다. 따라서 지금까지의 효율적 사용 방안은 협대역화에 있었다.

그러나 협대역화의 한계성으로 인하여 급증하는 수요자를 완전히 충족시킬 수 없게 되었으며 이에 주파수 대역을 할당 공유하는 방법이 필요하게 되었다. 따라서 기존의 무선통신 채널을 공유하면서 비화 능력을 가지는 동시에 높은 간섭 제거 능력을 갖는 대역확산 통신 방식이 연구되어 왔다.

대역확산 통신 (SPREAD SPECTRUM COMMUNICATION)은 전송하

고자 하는 정보신호의 주파수 대역을 인위적으로 보다 넓은 대역폭으로 확산시켜 전송하는 통신 방식으로 2차 대전중 군사통신 목적으로 개발되어 1950년대에 들어와 연구가 본격적으로 시작되었으며, 최근에는 군사통신 뿐만 아니라 이동통신에도 널리 사용되는 추세에 있다.

대역확산 통신 방식은 인위적 혹은 자연적 JAMMING 신호를 제거할 수 있고 통신내용의 비확성을 향상시킬 수 있는 이점이 있다.

그러나 이러한 대역확산 통신방식은 기존의 무선 통신방식과 주파수 HITTING 현상에 의한 간섭을 발생시키며 이러한 간섭현상은 대역확산 통신방식보다 기존의 무선 통신방식에 더 큰 영향을 주므로 이러한 간섭현상을 최소화시킬 수 있는 방법이 요구되었다.

본 논문에서는 대역확산 통신방식중 주파수 도약 (FREQUENCY HOPPING)방식을 사용한 통신 장비와 기존의 TV 수신기와 의 상호간섭 영향을 분석함으로써 동일 주파수대역 (30 -88 MHz)에서의 주파수 양립성에 대하여 고찰하였다.

### 2. FH 대역확산 통신의 특성

대역확산 통신은 그 방법에 따라 직접 확산(DS), 주파수 도약(FH)확산, 시간 도약(TH)확산방법과 이들을 혼합한 형태인 혼합(Hybrid)확산방법, 그리고 CHIRP 방법이 있다.

FH 대역확산 통신방식은 의사잡음 발생기(PSEUDO NOISE GENERATOR)에서 랜덤하게 발생하는 코드에의해 주파수합성기에서 합성된 주파수로 정보 BIT를 연속적으로 도약시킴으로써 원래의 주파수 대역을 확산시키는 방법이다.

FH 대역확산 통신 방식에는 SLOW FH 방식과 FAST FH 방식이 있으며, SLOW FH 방식은 주파수 도약(FREQUENCY HOP) 사이에 2 개 이상의 심볼이 전송되고, FAST FH 방식은 한개의 심볼내에 한번 이상의 주파수 도약이 있다. 본 논문에서 고려할 FH 시스템은 SLOW FH 방식을 사용하고 있다.

FH 대역확산 통신방법의 계통도를 <그림 1>에 나타내었다. 주파수 합성기에서의 출력  $h(t)$  와 전송신호  $s(t)$  는 다음과 같이 쓸수있다.

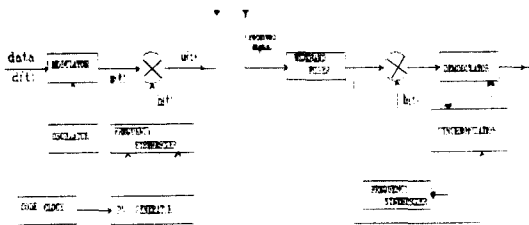
$$h(t) = \sum_{n=2^k-1}^n 2p(t-nT_c) \cos(\omega n t + \phi) \quad (1)$$

$$s(t) = \text{Cos}[\{fc+d(t)\Delta f\}(t) + \theta(t)] \quad (2)$$

$p(t)$  는  $t=0$  에서 시작하는 unit amplitude pulse 이며,  $T_c$  는 chip duration,  $\Delta f$  는 두 주파수 tone 사이 거리의 1/2,  $\omega n$  과  $\phi_n$  은  $n$  번째 주파수 도약시 주파수와 위상이다. 이때  $\omega n$  은  $2^k - 1$  개의 주파수로 부터 하나가 선택되며  $k$  는 PNG의 SHIFT REGISTER의 길이 이다. 전송신호  $u(t)$  는

$$u(t) = s(t) \sum_{n=2^k-1}^n 2p(t-nT_c) \cos(\omega n t + \phi_n) \quad (3)$$

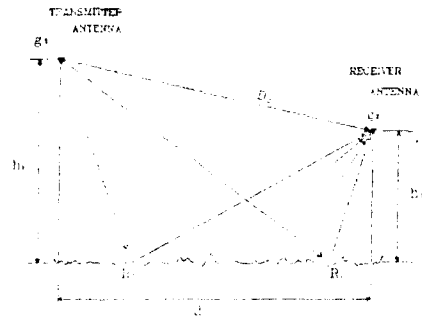
이다. FH 대역확산 통신에서는 CODE의 추적뿐만 아니라 COHERENT한 주파수 합성기를 만들기 어려워 PHASE의 COHERENCE가 유지되기 어렵기 때문에 위상에서 위상  $\phi_n$  을 고려하지않는 NONCOHERENT 대역확산 통신 방식을 사용한다.



<그림 1> FH 대역확산 통신방식의 계통도  
(fig.1) The block diagram of spread spectrum system

### 3. 수신 전력과 거리의 관계

전파모델의 일반적인 관계식은 <그림 2>로부터 다음과 같이 유도할 수 있다.



<그림 2> 전파 모델  
(fig.2) Propagation Model

$$Pr = Pt \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 GtGr \left[ Do + R1 \exp(j\theta1) + R2 \exp(j\theta2) + R3 \exp(j\theta3) + \dots + (1-R1)A1 \exp(j\theta1) + (1-R2)A2 \exp(j\theta2) + \dots + (\text{induction fields and secondary effects of the ground}) \right]^2 \quad (4)$$

여기서

- $d$  = 송수신기 사이의 거리
- $\lambda$  = 자유공간에서의 carrier 파장
- $Gt$  = 송신 안테나 이득
- $Gr$  = 수신 안테나 이득
- $Ri$  =  $i$  번째 반사체의 반사 계수
- $Ai$  =  $i$  번째 위치의 표면파 감쇄성분
- $\theta i$  = direct wave와  $i$  번째 반사파 사이의 phase 차이
- $Do$  = direct wave의 감쇄성분

식(4)에서 다른 반사파보다 직접파가 강할 경우 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$Pr = Pt \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 Gt Gr \quad (5)$$

자유공간에서 전계강도는

$$E_o = \sqrt{f Gt Pt/d} \quad (6)$$

이것 EGI의 전계강도에 관한 식

$$E = \frac{ht \text{ hr } f}{95 d^2} \sqrt{\text{ERP}} \quad (\text{uV/m}) \quad (7)$$

- $ht, hr$  : 송수신 안테나 높이 (ft)
- $d$  : 송수신 안테나 거리 (mile)
- $\text{ERP}$  : 유효 방사 전력 (watt)
- $f$  : 송신 주파수 (MHZ)

이므로 식 (5)와 (6)로부터 수신신호 전력과 전계강도의 관

계식을 유도할 수 있다.

$$Pr = \left( \frac{E \lambda^2}{2\pi} \right) gr/120 \quad (\text{Watt}) \quad (8)$$

E : 수신 전계강도 (V/m)  
 λ : 파장 (m) = 300/f  
 f : 송신 주파수 (MHZ)  
 gr : 수신 안테나 이득

#### 4. TV의 수신감도

TV의 수신감도는 송신출력과 송수신 안테나의 높이, 안테나 이득, 그리고 지형의 특성등에 따라 달라지므로 앞에서의 식(8)에 의해 구할수 있다. 그리고 칼라 TV와 흑백 TV의 전계의 세기는 잡음이 없는 상태의 경우 칼라 TV는 47dBu(0.2mV)인데 비해 흑백TV는 36dBu(0.063mV)이므로 칼라 TV에서 더 높은 입력전계가 요구된다. 따라서 본 논문에서는 칼라 TV의 경우만을 고려 하기로한다. 그리고 텔레비전의 수신감도에 영향을 미치는 안테나 이득은 채널 2-3의 경우 6dB, 채널 4-13은 8dB 가 요구된다.

TV 송수신 안테나의 거리에따른 FIELD STRENGTH 를 구하기 위해 FCC RULES AND REGULATION 에 의하면 간섭신호를 고려하지 않고 인위적 잡음만을 고려하였을때 TV화면을 시청하는데 지장을 느끼지 않는 상태를 GRADE A CONTOUR, 간섭신호와 인위적 잡음을 둘다 고려하지않는 상태를 GRADE B CONTOUR로 분류한다.

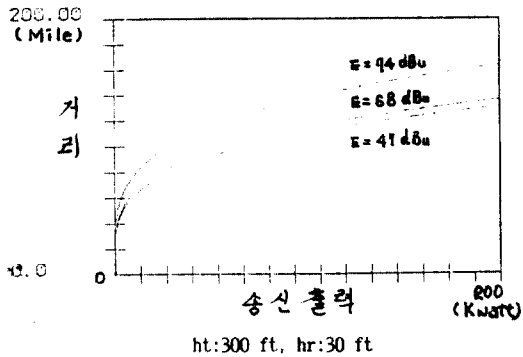
채널2-6 의 경우 GRADE A CONTOUR 의 FIELD STRENGTH는 68 dBu(2.5mV/m), GRADE B CONTOUR는 47dBu(0.224 mV/m)이다.

GRADE A 의 경우 통상 6dB의 minimum FIELD STRENGTH 를 부가하여 사용하므로 74dBu(5.01mV/m)의 FIELD STRENGTH를 갖는다. 그리고 채널7 - 13 의 경우는 GRADE A 와GRADE B는 71dBu(3.55mV/m), 56dBu(0.631mV/m)의 FIELD STRENGTH를 갖는다.

그러므로 GRADE A와 GRADE B 일때의 송신출력(Effective Radiated Power)에 따른 거리의 관계를 식(8)을 이용하여 구하면 <그림3>과 같다.

#### 5. FH 대역확산 통신과 텔레비전 채널과의 간섭

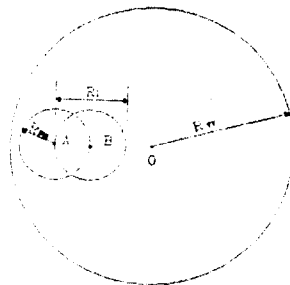
<그림4>은 수파수 상호 공존을 위한 모델로서 중심에 송신 안테나가 있고 A와 B는 FH 송수신기이다. 여기서 다음의 사항을 가정하였다.



<그림 3> 유효 송신출력에 대한 전파거리 (fig.3) Propagation range to ERP

- 중심으로부터 반경 Rtv 이내에 FH 송신기와 TV수신기가 분포하고 있다.
- FH 송신기의 출력은 동일하며 안테나는 전방향성 MONOPOLE 안테나 이다.
- FH 송신기는 BFSK 변조 방식을 채택한다.
- FH 송신기의 TV에 대한 간섭은 도약 주파수가 TV 대역에 HITTING 할때 발생하며 FH 송신 신호의 2nd 고조파는 충분히 억압된 것으로 한다

Rtv는 송신 안테나로부터 텔레비전 화면을 시청하는데 지장이 없는 전계강도가분포하는 지점까지의 거리이다. 간섭거리 Ri는 FH 송수신기가 송수신하므로써 텔레비전 채널에 간섭을 일으킬때의 텔레비전 수신기와 FH 송신기와의 거리이며, Rfh는 FH 송수신기 사이에서 대역확산통신이 가능한 최대의 거리이다. 그러므로 간섭거리 Ri를 줄이기 위해서는 FH 송신출력의 감소와 이에따른 수신기의 수신감도의 향상이 뒤따라야 됨을 알 수 있다.



<그림 4> 상호간섭 모델 (fig.4) Interference Model

임의의 텔레비전 전계강도를 가지는 지점에서 FH 장비의

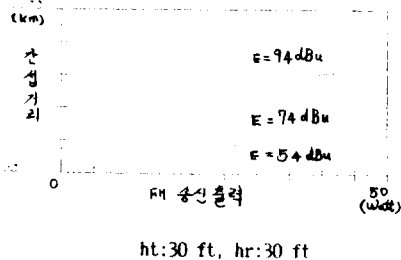
출력에 따른 간섭거리 Ri를 구하기위하여 앞절에서의 식 (7)로부터 다음과같이 변형할 수 있다.

$$E = 10\log ERP - 40\log r + 20\log Ht + 20\log Hr - 10 \quad (9)$$

거리에 대한 함수로 나타내면

$$r = \log\{(10\log ERP + 20\log Ht + 20\log Hr - E)/40\} - 0.25 \quad (10)$$

이다. 여기에서 r은 FH 송신기의 유효 출력 ERP에서 텔레비전에 간섭을 일으키는 거리이며 Ht는 FH 송신기의 송신 안테나의 높이이며, Hr은 텔레비전의 안테나 높이이다. 따라서 E가 94, 74, 54 dBu일때 Ht와 Hr을 각각 30ft, 30ft로 하였을 때 FH 송신기의 ERP에 따르는 간섭거리 r의 변화들 <그림 5>와 같이 나타낼수 있다.



<그림 5> FH ERP에 대한 간섭거리 (fig.5) Interference distance to FH ERP

## 6. 실험 및 고찰

본 실험에서는 실험 대상 대역인 30 - 88 MHz 에서 부분 도약방식을 사용하여 9 개의 도약 대역으로 나누어 도약하는 부분대역 도약 장비를 사용하였다. 각각의 대역은 6.4 MHz이며 25 KHZ의 CHANNEL SPACING을 가진다.

이 대역에서 텔레비전의 채널은 48 - 60 MHz 대역을 사용하였으며, 영상신호는 현재의 채널 2 인 AFKN 신호를 대상으로 하였다.

수신된 텔레비전 신호전력은 수신 안테나의 높이, 이득, 그리고 지형의 특성등에 따라 달라지므로 여기서는 평탄한 지형에서 SPECTRUM ANALYZER의 수신 신호전력과 FH신호의 간섭이 있을때의 수신신호전력의 변화와 그때의 텔레비전 영상의

상태를 관찰하였다.

<그림 6>은 TV와 FH송신기와의 거리 500m에서 송신출력 4.2 Watt로 실험한것으로써 (a)는 도약 직전의 단일 채널의 POWER LEVEL 을 나타내고 있으며, (b)는 주파수도약 대역인 55.6-62.0 MHz에서 도약패턴을 보이고 있다. 이때의 수신된 간섭신호 전력은 -73dB를 나타내었으며 (c)의 TV 화면은 완전히 사라 졌다.

이때 40mw의 FH 송신출력에서 수신된 간섭신호는 잡음레벨 이하로 떨어져 TV 화면에 영향을 미치지 않았다.

<그림 7>은 거리 1Km, 송신출력 4.2W로 실험한 것으로 수신된 FH 간섭신호는 -81.7dB 로서 영상은 다소 지그리짐을 보였다.

그리고 거리 2Km, 송신출력 4.2W에서 위의 실험을 수행한 결과 수신 FH 간섭신호는 -84.5dB 이었으며 TV영상은 간섭영향이 거의 없었다.

<표 1> 간섭 신호전력에 따른 TV영상 상태

거리	송신유효전력	수신FH간섭신호전력	TV영상화질
50 m	40 mw	74 dBm	완전 소멸
	4.2 W	53.10 dBm	완전 소멸
500 m	40 mw	noise level	양 호
	4.2 W	- 73 dBm	완전 소멸
1Km	4.2 W	- 81.70 dBm	지그리짐
2Km	4.2 W	- 84.50 dBm	양 호

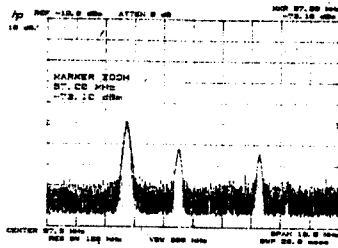
\*\*\* 이때의 영상 반송주파수는 59.78MHZ에서 -61dBm을 나타내고 음성 신호는 55.26MHZ에서 -75dBm을 나타내었음.

<표 2> FH 송신출력과 TV 전계세기에 따른 간섭거리

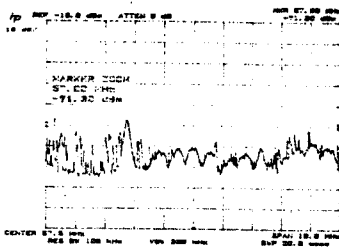
전계 구분	전계 세기	거리 (TV 송신기 거리)	FH출력별 간섭거리		
			50W	5W	50mw
강전계	50mV이상 (94dBu)	10Km이내	320m	180m	60m
중전계	5-50mV (74-94dBu)	10-25Km	1Km	580m	180m
약전계	0.5-5mV (54-74dBu)	25-60Km	3.2Km, 1.8Km		580m
미전계	0.5mV 이하	60Km이상			

\*\*\* FH 송신 안테나 높이와 TV의 수신 안테나 높이는 30FT이며 FH송신출력별 간섭거리는 TV에 간섭을 주지않기 위해 FH송신기가 TV와 최소한 떨어져야 할 거리를 말한다.

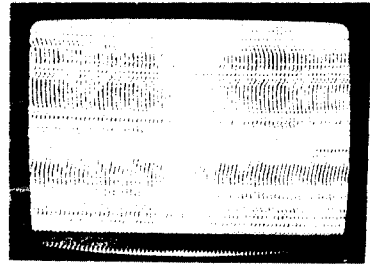
본 논문에서의 실험결과 동일 대역에서 FH 대역확산 통신을 할 경우 그 정도에따라 TV 화면에 심각한 영향을 주었으



(a)

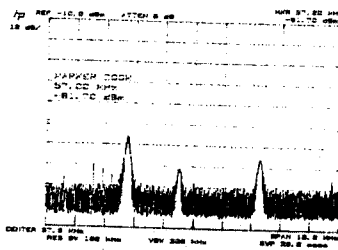


(b)

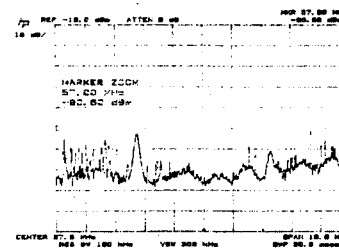


(c)

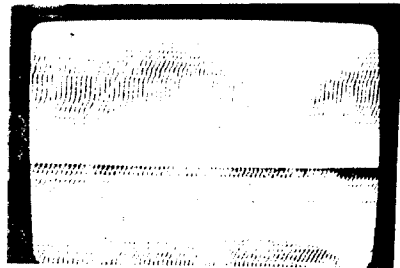
&lt;그림 6&gt; 거리 500 m, FH 송신출력 4.2 Watt



(a)



(b)



(c)

&lt;그림 7&gt; 거리 1 Km, FH 송신출력 4.2 Watt

며, <표 1>의 실험결과와 같이 FH 간섭신호의 전력과 텔레비전 영상신호의 전력이 약 23.5dB 이상의 차이가 날때 텔레비전 화면은 전혀 간섭을 받지 않음을 알 수 있었다.

따라서 <표 2>와 같이 FH 송신출력에 따른 최소 간섭거리를 유지하여야 텔레비전에 대한 간섭을 피할 수 있다.

## 7. 결 론

본 논문에서 제안한 TV 채널에서 FH 대역확산 통신을 위한 주파수 양립성에 대한 고찰은 VHF대역중 30 - 88MHz 에서 동일 주파수대역을 사용함으로써 발생하는 간섭현상을 최소화시키는 데 목적이 있다.

FH 대역확산 통신을 함으로써 발생하는 간섭현상은 기존의 무선통신에 더 큰 영향을 받으며, 특히 데이터와 영상신호를 전송하는 주파수 대역에서는 그 영향이 심각함을 알 수 있었다. 따라서 본 논문에서 연구대상인 TV 채널과의 간섭 정도를 관찰하기 위하여 TV 영상신호의 전파과정을 통한 전계의 분포와 수신 신호전력의 관계를 유도하였다.

주파수 HITTING에 의해 발생하는 간섭현상은 그때의 TV에 수신되는 FH 간섭신호 전력과 영상신호 전력의 차이에 따라 그 정도가 달라지며 본 논문의 실험 결과 그 차이가 23.5 dB이상일때 간섭을 받지 않음을 알 수 있었다.

그리고 주파수 양립을 위해 수신되는 FH 대역확산 통신의 간섭신호 전력이 FH 송신기와 TV 수신기의 거리와 FH 송신출력에 따라 달라지므로 TV에 대한 FH 대역확산 통신의 간섭거리는 이를 제한함으로써 구할 수 있었다. 즉 TV 영상의 전계 강도를 고려하여 FH 송신출력과 TV와의 최소 유지거리를 설

정하여야 한다.

FH 대역확산 통신과 기존의 무선채널과의 간섭현상은 이러한 결과를 적용하였을때 간섭에 의한 영향을 상당히 감소시킬 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. S.N.AHMED and PHILIP CONSTANTINOU, " A Mobil Interference Model into UHF Television Receivers", IEEE Trans. on Vehicular Tech., VOL.VT-32, NO.2, May, 1983.
2. MARLIN P.RISTENBATT, JAMES L.DAWS, JR., " Performance Criteria for Spread Spectrum Communications", IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-25, NO. 8, Aug, 1977.
3. M.S.SHIPTON, R.F.ORMONDROYD, " Improvements in use of congested spectrum for landmobil radio service by adoption of bandsharing Spread Spectrum System with TV broadcast channels", IEE PROC., VOL.128, Pt.F, NO.5, Oct, 1981.
4. P.J.MUNDAY, M.C.PINCHES, " Jaguar-V frequency-hopping radio system", PROC., Vol. 129, Pt. F, NO.3, June 1982.
5. JHON J.EGLI, " Radio propagation Above 40 MC Over Irregular Terrain", PROC., IRE, Feb, 1957.
6. ROBERT A.O'CONNOR, " Understanding Television's Grade A and Grade B Service Contours", IEEE Trans. on BROADCASTING, Vol. BC-14, NO.4, Dec, 1968.
7. 차 서욱, " TV 조정과 고장수리 ", 라디오기술사, 1973.