

# 효율적인 데이터 전송을 위한 Multi Code Hybrid DS/FH SS System 설계

배효원, 공형윤, 남두희  
울산대학교 전기전자정보시스템공학부  
[bhw90210@freechal.com](mailto:bhw90210@freechal.com), [hkong@mail.ulsan.ac.kr](mailto:hkong@mail.ulsan.ac.kr), [duheeya@mail.ulsan.ac.kr](mailto:duheeya@mail.ulsan.ac.kr)

## Design of Multi Code Hybrid DS/FH SS System for the efficient data transmission

Hyo-Won Bae, Hyung-Yun Kong, Doo-Hee Nam  
Dept. of Electric, Electronic, InfoSystem Engineering, University of Ulsan

### 요 약

현재 디지털 이동통신에서 사용되고 있는 DS/CDMA 방식은 멀티미디어 통신과 같은 고속 데이터 전송에 적용할 경우 다중경로 페이딩 채널하에서 인접심볼간 간섭 및 다중접속간섭이 심해지는 문제점을 갖고 있다. 본 논문에서는 이러한 점을 보완하기 위하여 Hybrid DS/FH CDMA 방식을 이용한 시스템에 고속전송을 위한 Multi-Code 시스템을 적용하여 Hybrid DS/FH Multi-Code Spread Spectrum System 을 제안하였으며, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석 검증 하였다.

### 1. 서론

최근의 정보 통신기술의 발전은 멀티미디어 통신이라는 새로운 통신 형태를 창출하였다. 즉 단순한 음성의 전달에서 문자, 그래픽, 애니메이션, 정지/동화상 등의 광대역 고속 데이터 전송이 요구되고 있다. 데이터가 고속으로 전송될수록 심볼간격은 더 작아지는데, 이 경우 다중경로 페이딩 채널의 지연확산으로 인해 인접심볼간 간섭(ISI)이 심해져 성능이 저하된다. 이러한 인접 심볼간 간섭을 줄이기 위하여 주파수 도약(frequency hopping : FH) 방식을 이용한 간섭 제거 방법이 사용되어 질 수 있다 [1]. Hybrid DS/FH CDMA 는 주파수 도약 확산 방식과 직접확산 방식을 결합한 방식으로 기존의 DS/CDMA 가 지니고 있던 Near/Far 문제와 긴 PN 코드로 인한 오랜 포착시간(acquisition time)의 필요성을 줄일 수 있는 방식이다 [2]. 또한, 대용량의 멀티미디어 서비스를 송수신 하고자 하는 사용자들의 요구가 증대 되면서 대역폭 사용에 관한 연구들이 많이 진행되고 있다. 그 중에서 Multi-Code 는 대역폭은 증가시키지 않고, 데이터 전송속도를 증가시키는 능력이 있다 [3]. 본 논문은 Hybrid DS/FH CDMA 과 Multi-Code 를 분석하고 다중접속간섭을 제거 및

고속전송효율을 위한 Hybrid DS/FH Multi Code 를 제안 한다.

### 2. Hybrid DS/FH SS System

대역확산 방식의 종류는 크게 직접확산(direct sequence spread spectrum : DSSS) 방법과 주파수 도약 확산(frequency hopping spread spectrum : FHSS) 방법이 있다. 두 방법을 서로 비교하면, 주파수 채널할당면이나 잡음 및 전파 간섭 저항성 그리고 Near/Far 문제 등에서 각각 서로 다른 장단점을 가지고 있다. 그 중 DSSS 의 장점인 잡음과 잦은 강한 방지 성능을 가지는 것과 FHSS 의 장점인 주파수선택적 채널에서 좋은 비트오율을 가지는 것을 결합한 것이 Hybrid DS/FH CDMA 시스템이다.

그림 1 은 DS/FH CDMA 시스템의 송신기 모델이다.  $q$  개의 도약 주파수가 있고 DS 부분의  $c^{(k)}(t)$  에 의한 처리이득(Processing Gain : PG)이 생기게 된다. 즉, 송신 신호의 대역폭 확산은 비트당 칩개수인  $N$  과 주파수 도약수  $q$  의 곱  $q \cdot N$  가 된다.

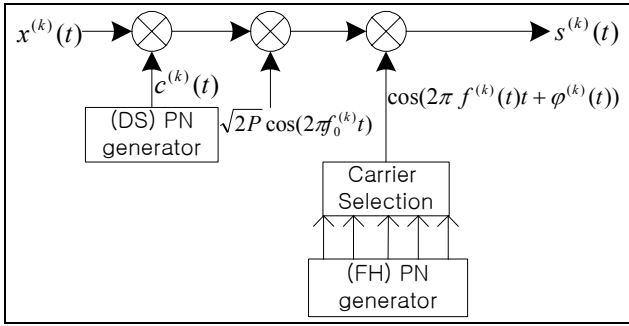


그림 1. DS/FH SS 시스템 송신기 모델

$k$  번째 사용자에게 의한 입력 데이터 신호  $x^{(k)}(t)$  는 산신호  $c^{(k)}(t)$  에 의하여 확산되게 되고 다시 주파수 도약기를 거치게 되는데 각 사용자마다 다른 도약패턴으로 도약한다.

입력신호의 비트간격을  $T_b$  , 직적확산 부호의 칩간격을  $T_c$  , 처리이득을  $N_c$  라 하면 다음과 같은 식 (1)이 성립한다.

$$N_c = \frac{T_b}{T_c} \quad (1)$$

확산된 신호는 주파수 도약기를 거치게 되는데 각 사용자마다 다른 도약패턴으로 도약한다.  $k$  번째 사용자의 도약패턴  $f^{(k)}(t)$  에 대한 표현식은 다음과 같다.

$$f^{(k)}(t) = f_j^{(k)}, \quad jT_h \leq t < (j+1)T_h \quad (2)$$

여기서  $\{f_j^{(k)}\}$  는 구간  $[jT_h, (j+1)T_h)$  에서  $k$  번째 사용자의 주파수 도약 패턴으로서 PN 시퀀스에 의하여  $q$  개의 도약 주파수 중 하나가 선택된다. 주파수 도약기를 통과한후의  $k$  번째 사용자의 송신 신호는 식(3)과 같다.

$$s^{(k)}(t) = \sqrt{2P}x^{(k)}(t)c^{(k)}(t)\cos[(f_0 + f^{(k)}(t))t + \varphi^{(k)}(t)] \quad (3)$$

여기서  $P$  는 송신신호 전력이고  $\varphi^{(k)}(t)$  는 주파수 도약기에 의해 생긴 위상편이로서 도약 구간동안 일정한 상수값  $\varphi_j^{(k)}$  를 갖는다.

아래의 그림 2 는 사용자  $k$  의 수신기 모델이다.

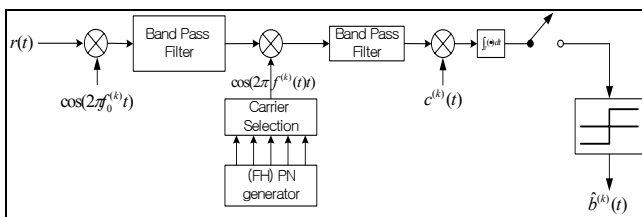


그림 2. DS/FH SS 시스템 수신기 모델

채널을 통하여 수신된 데이터는 주파수 역도약과 밴드 패스 필터를 통하여 걸러지게 되고 다시 사용자

고유의 PN 코드를 통하여 역확산된후 적분기에 통과된다. 셀내의 동시 사용자수가  $K$  인 경우 주파수 비 선택적 페이딩 채널을 가정하면 기지국에서의 수신 신호는 식 (4)와 같다.

$$r(t) = \sum_{k=1}^K A_k \sqrt{2P}x^{(k)}(t-\tau_k)c^{(k)}(t-\tau_k)\cos[(f_0 + f^{(k)}(t-\tau_k))t + \varphi^{(k)}] + n(t) \quad (4)$$

여기서  $P$  는 송신신호의 전력이고,  $A_k$  는  $k$  번째 사용자의 레일리 분포를 가지는 경로 이득,  $\tau_k$  ,  $\varphi^{(k)}$  는  $[0, T]$ ,  $[0, 2\pi]$ 상에서 균일한 분포를 갖는 i.i.d. 랜덤변수이고  $n(t)$  는 양측 전력스펙트럼밀도가  $N_0/2$  인 AWGN(Additive White Gaussian Noise)이다.

### 3. Multi Code System

Single Code Spread Spectrum 방법과 구별되어서 Multi Code Spread Spectrum 방법이 많이 연구 개발되어지고 있다. 고속의 직렬 데이터 stream 에 하나의 Code 를 곱하는 Single Code 에 비해 Multi Code 는 고속의 직렬 데이터 stream 이 저속의 병렬 데이터 stream 으로 바뀐 후 각각의 병렬 데이터 stream 에 각기 구별되는 code 를 곱하고 그 곱하여진 코드 stream 들이 합산기에 의해 합하여져서 전송이 되게 된다. 이렇게 함으로 그림 3 은 Multi Code Spread Spectrum System 의 블록 다이어그램을 보여준다.

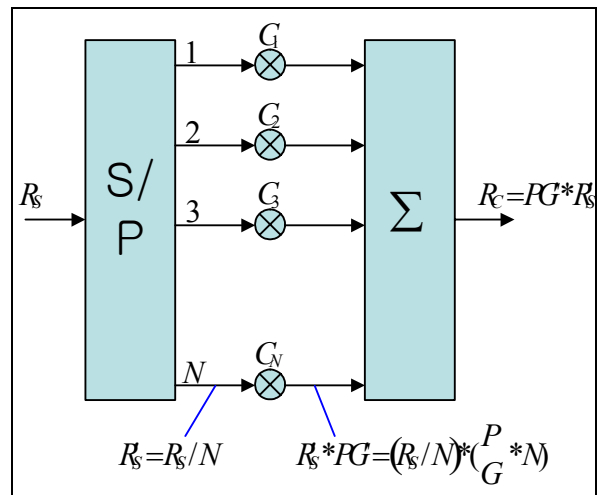


그림 3. Multi Code Spread Spectrum 의 송신부

$R_s$  가 직병렬을 통하여  $N$  개의 병렬 데이터로 분리된후 확산됨으로 인하여 Single-Code 에 비하여  $N$  만큼 많은 확산이득을 얻을 수 있다[4][5]. 즉, 두 시스템의 전송률이 고정되어 있다면 multi-code 시스템의 확산이득이 single-code 시스템에 비하여  $N$  배만큼 많아지게 된다. 하지만 64 개의 walsh 코드중에서  $N$  개 만큼을 하나의 사용자가 쓰게 되므로 전체적으로 사용자수가 줄어들게 된다. 하나의 셀 당 64 명의 사용자가 동시에 사용한다고 가정하면(64 x 64 Walsh) single-code 방식은 하나의 사용자가 하나의 코드를 사용하게 되

지만 multi-code 방식은 많은 데이터 전송을 요구하는 사용자에게 여러 개의 코드를 할당함으로써 해서 사용자의 전송률을 올리게 된다.

**4. Hybrid DS/FH Multi Code Spread Spectrum System**

Multi-Code 시스템은 병렬 전송의 한 방법으로서, 고속의 직렬 데이터를 저속의 병렬 데이터로 변환하여 전송하게 된다. 이때 전송하는 데이터는 직교부호에 의해 서로 다른 코드 채널로 전송을 하게 된다. 이 Multi-Code 는 대역폭의 증가 없이 고속의 데이터를 수용하고 데이터 율을 증가할 수 있는 시스템이다. Multi-Code 에서 전송되는 전송식은 식 (5)와 같다.

$$s(t) = \sum_{j=1}^k d_j(t) \cdot w_j(t) \cos \omega_c t \quad (5)$$

제안할 시스템의 송신단의 블록도는 그림 4 와 같다. 고속의 직렬 데이터가 저속의 병렬 데이터로 변환된 후 각각의 서브 채널이 멀티코드에 의하여 확산된 후 다시 합쳐지게 된다. 뒤에 따르는 PN 부호는 대역확산의 개념이 아니라 데이터 시퀀스의 순서를 바꾸주는 스크램블링(scrambling) 부호의 역할을 하게 된다. 이 후 주파수 도약에 따라서 데이터가 전송되게 된다.

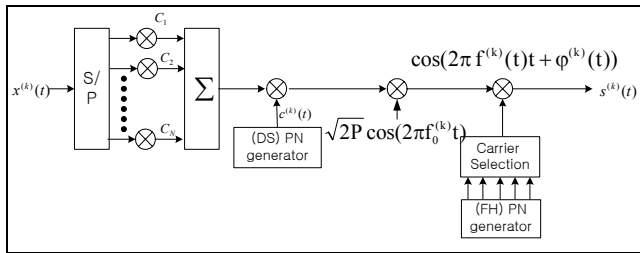


그림 4. Multi-Code DS/FH SS 시스템 송신기모델

제안한 시스템에서 멀티코드 부호어는 하다마드 매트릭스에 의한 walsh 부호를 사용한다. k 번째 사용자의 송신신호는 식 (6)으로 나타낼수 있다.

$$s^{(k)}(t) = \sqrt{2P} \cdot x^{(k)}(t) \cdot walsh(k) \cdot c^{(k)}(t) \cdot \cos[(f_0 + f^{(k)}(t))t + \varphi^{(k)}(t)] \quad (6)$$

여기서 walsh(k) 는 k 번째 사용자의 하다마드 walsh 부호이다. 그림 5 는 제안할 시스템의 수신단의 블록도 이다.

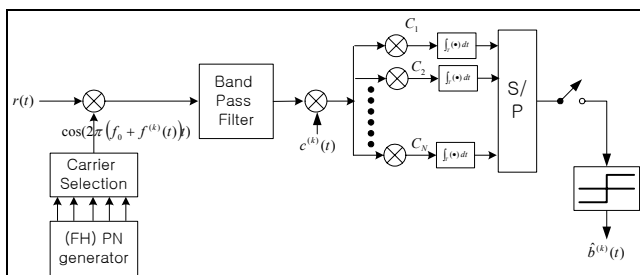


그림 5. Multi-Code DS/FH SS 시스템 수신기모델

채널을 통하여 수신된 데이터는 주파수 역도약과 밴드 패스 필터를 통하여 걸러지게 되고 다시 사용자 고유의 PN 코드를 통하여 역스크램블된 후 K 번째 사용자의 하다마드 walsh 부호에 의하여 역확산된 후 적분기에 통과된다. 채널상에서의 시간지연과 위상 은 정확하게 추정할 수 있다고 가정하고 적분기 로부터 나온 결정변수에 대해서는 경판정을 통하여 수신데이터를 추정하게된다. 셀내의 동시 사용자수가 K 인 경우 주파수 비선택 적 페이딩 채널을 가정하면 기지국에서의 수신신호 는 식 (7)과 같다.

$$r(t) = \sum_{k=1}^K A_k \sqrt{2P} x^{(k)}(t - \tau_k) walsh(k - \tau_k) c^{(k)}(t) \cos[(f_0 + f^{(k)}(t - \tau_k))t + \varphi^{(k)}] + n(t) \quad (7)$$

**5. 성능분석**

기존의 Hybrid DS/FH CDMA 시스템의 성능분석을 위한 시뮬레이션을 다음과 같은 환경하에서 실행 하였다. 시스템의 전송 대역폭은 10Mhz 로 가정 하였고 기저대역 변조방식은 BPSK 방식을 사용 하였다. 그림 6 은 Hybrid DS/FH CDMA 시스템의 AWGN 채널 환경하에서의 시뮬레이션 결과이다. 총 처리이득을 30 으로 고정시키고 주파수 확산 대역폭과 직접확산의 칩 주기 조절을 통하여 시뮬레이션을 수행하였다.

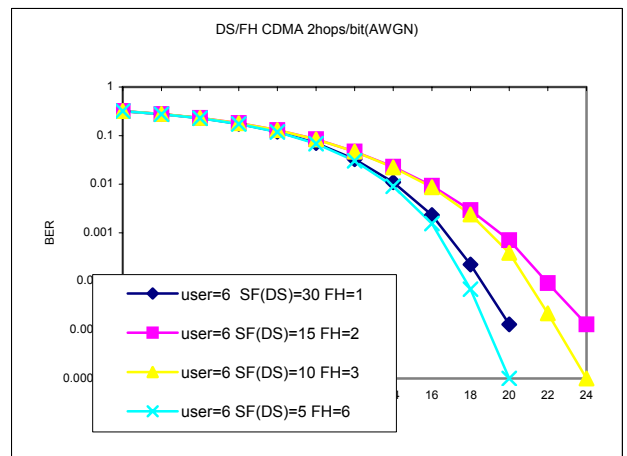


그림 6. 사용자 6 일 때의 DS/FH SS 성능분석 (처리이득=30)

제안하는 시스템의 시뮬레이션을 위하여 전체 전송대역폭을 고정하였고 시스템이 가지는 총 처리이득을 30 으로 고정한 상태에서 시뮬레이션을 수행 하였다.

그림 7, 8 은 주파수 비선택적 페이딩 채널하에서의 Multi-Code DS/FH Spread Spectrum 시스템의 하다마드 walsh 크기에 따른 성능 결과를 나타낸다. walsh 의 크기가 커질수록 높은 비트오율에서는 좋은 성능을 보이게 되고 낮은 비트 오율로 갈수록 비트 오율이 떨어지는 것을 알 수 있다. 하지만 walsh 를 쓰지 않았을 때의 비트 오율에 비하여 우수한 성능을 나타내는 것을 확인 할 수 있다.

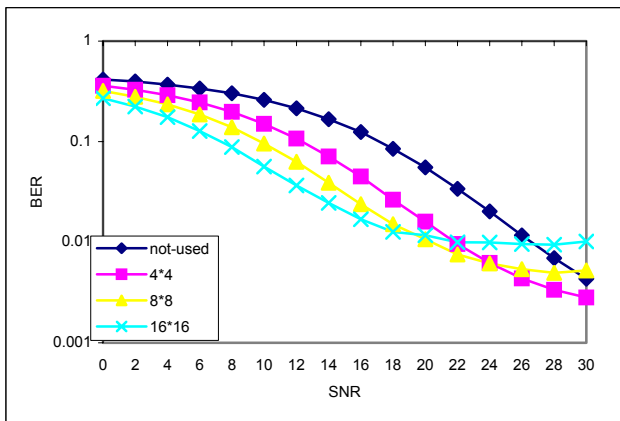


그림 7. DS/FH Multi-Code SS 시스템의 주파수 비선택적 페이딩 채널에서의 walsh 크기에 따른 성능 비교 (2hops/bit DS=3, Hopping Band=10, 사용자수=6)

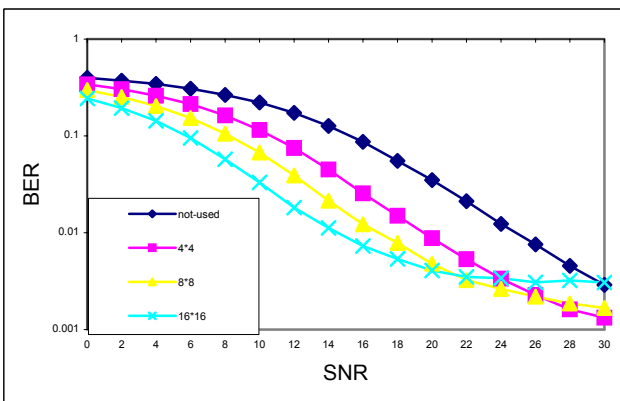


그림 8. DS/FH Multi-Code SS 시스템의 주파수 비선택적 페이딩 채널에서의 walsh 크기에 따른 성능 비교 (2hops/bit DS=3, Hopping Band=10, 사용자수=6)

## 6. 결론

본 논문에서는 DSSS 와 FHSS 의 두가지방식을 적절히 조합하고 사용자간의 간섭제거 및 멀티미디어 서비스의 원활한 데이터 전송을 위하여 Hybird DS/FH Multi-Code Spread Spectrum 시스템을 제안하였고 시뮬레이션 결과 기존의 DS/FH Spread Spectrum 시스템보다 안정적으로 Multi Code 의 효율만큼 더 많은 데이터를 전송할 수 있었다.

## 참고문헌

- [1] H. Olofsson, J. Naslund, J. Skold, "Interference diversity gain in frequency hopping GSM", IEEE Vehicular Technology Conference, vol. 1, pp.102 -106, July 1995.
- [2] J.P.F.Glas, S.E.Skolnik, "Fourier transform based DS/FH spread spectrum receiver ", IEEE International Conference, pp.420 -423, Oct. 1994.
- [3] Keun-Sik Jin, Yoan Shin, Sungbin Im, "Compensation of nonlinear distortion with memory in multi-code CDMA systems", IEEE International Conference on Communications, vol.1, pp.565 -569, June 1999
- [4] M.F. Madkour, S.C.Gupta, "Multi-rate multi-code CDMA using FWT for mobile and personal communications",

- IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, vol.2, pp.779-783, Sept. 1998
- [5] Hyunduk Kang, Dongsook Kim, Chiho Lee, Kiseon Kim, "A throughput-efficient code assignment scheme for an integrated voice/data multi-code CDMA system", IEEE Vehicular Technology Conference Proceedings, vol.2, pp.1494-1497, May 2000