

비동기 FH/MFSK 반복전송 시스템의 성능분석

지 영호, 한 영업
한양대학교 대학원 전자통신공학과

A Study on The Performance Analysis of Asynchronous Repeated FH/MFSK System

Young Ho Chi, Young Yearl Han.

Dept. of Electronic Communication Engineering Han Yang University.

ABSTRACT

In this paper the performance of the asynchronous repeated FH/MFSK system for the CDMA(Code Division Multiple Access) was analyzed. Actually there was no difference in the probabilities of hit of frequency between Random Coding method and frequency hopping pattern vector suggested by Einarsson. Simulation was performed to study the number of hits of frequency caused by users per 20 continuous chips from the arbitrary point of time during the period when all users were engaged. Actual situation was adopted as model in this simulation, on the assumption that; a: there was no Noise, Multipath propagation, b: there was only mutual interference, c: the number of users M was given.

1. 서론

FH/MFSK 반복전송 시스템은 1978년에 발표된 Viterbi⁽¹⁾의 논문에 기초를 두고 있으며 인공위성을 사용하는 이동무선 시스템을 중심으로 연구가 구체화 되고 있다.

FH/MFSK 반복전송이 평상 FH/MFSK와 다른점은 하나의 심볼(Symbol)의 신호파형을 반복전송 하는것이다.

이 시스템에서는 확산부호를 각 사용자쌍에게 부여하는 방법이 구체적으로 연구되어 있고 번지라는 개념을 도입 하고있다. 번지를 부여하는 목적은 가능한한 두 도약주파수가 겹치지 않도록 하는데 있다. 번지에는 1. 무작위 번지

2. 찰(Chirp)번지 3. 유한체번지가 있는데 본문에서는 유한체번지를 적용 하였을때를 다루기로 한다.

FH/MFSK 반복전송은 동기와 비동기의 두가지 방식이 있는데 실제의 시스템에서 모든 사용자들간의 동기를 맞춘다는 것이 어려울것 이므로

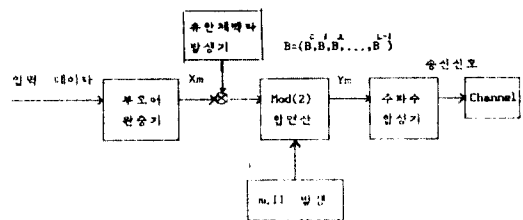
비동기 시스템을 고려 하기로한다.

잡음(Noise)와 페이딩(Multipath Propagation)이 없고 사용자 상호간의 간섭(Interference)만 있다고 가정하고 실제상황을 모델로하여 시뮬레이션 하여 반복전송때의 실제 사용자 수 M이 주어졌을때 모든 사용자가 동시에 사용한다고 보는 시간중 임의의 시간부터 시작된 연속된 임의의 갯수(20개)의 연속된 칩(Chip)당 다른 사용자들 간의 주파수의 겹침(Hit)이 얼마나 되는지 알아보고 Random Coding때의 간섭량과 비교하여 보기로 한다.

2. 본론

1) 시스템의 구성

그림 1은비동기 FH/MFSK 반복전송시스템의 송신기 모델을 그린 것이다.



(그림1.비동기 FH/MFSK 반복전송 시스템의 송신기 블록도)

K bit의 정보비트(data) X_m 이 부호어완송기에 들어와 저장되어 L개의 K비트의 유한체 원소들과 곱하여지고 사용자의 고유번지(Address) m과 이원가산(Modulo(2))을한 주파수도약패턴 y_m 이 주파수할당기에 들어감으로써 도약주파

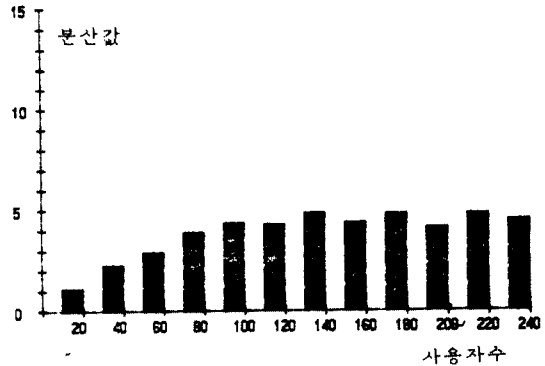
악패턴의 시이퀀스가 모두 존재하는 시간대에서 이들간의 도약주파수의 겹침(Hit)을 조사하여 확률통계적인 방법으로 계산한다.

시뮬레이션은 사용자수 M의값을 20명부터 40명 이때까지 20명씩 증가시켜서 각각의경우에 각 사용자들간의 도약주파수패턴의 겹침(Hit)수를 알아보았다.

2)-1-2. 시뮬레이션 결과

앞에 기술한 시뮬레이션 방법으로 시뮬레이션 한 결과 시스템의 사용자 수가 각각 20,40,60, 80,100,120, 140,160,200,220,240 명 일때 임의의 시간을 정하고 그 시간 부터 연속된 20개의 칩(Chip)에서 주파수의 겹침(Hit)수들의 평균, 분산을 구하였다. 결과는 다음과 같다.

사용자수	평균	분산
20	1.7000000477	1.110000
40	3.2249999046	2.274375
60	4.1333332062	2.015556
80	5.5500001907	3.897502
100	6.2800002098	4.361600
120	7.2916665077	4.289931
140	8.3357143402	4.837297
160	9.6374998093	4.368594
180	10.0222225189	4.799507
200	10.9049997330	4.125980
220	11.6818180084	4.807852
240	12.2583332062	4.491594



2)-2 Random coding을 사용 하였을 때의, 간섭량

이상의 비동기 시스템일때 나온결과와 Random Coding 일때 주파수의 겹침은 상태를 비교하여 보기도 한다.

Random Coding 일경우 전송행렬(Transmission Matrix) 상에서 시스템을 사용중인 임의의 사용자가다른사용자들과 주파수의 겹침이 일어나 확률을생각 하기도하자.

임의의 사용자가 전송행렬 상의 j행 L 열에 현재 도약주파수를 전송 하고 있다고 가정하면 간섭하고있는 사용자가 1 명일때 그사용자가 (Tone) 을 j 행 L 열에 보내지 않을 확률은 1-2가된다 나머지 M-1 명의 사용자가 j 행 L 열에 하나의 톤도 보내지 않을 확률은

$$(1-2^k)^{M-1}$$

이 된다.

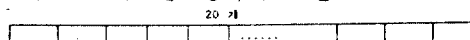
그러므로 적어도 한개 이상의 톤이 j 행 L 열에 보내어질 확률 즉 주파수의 겹침이 한번 이상 있게될 확률은

$$p = 1 - (1-2^k)^{M-1}$$

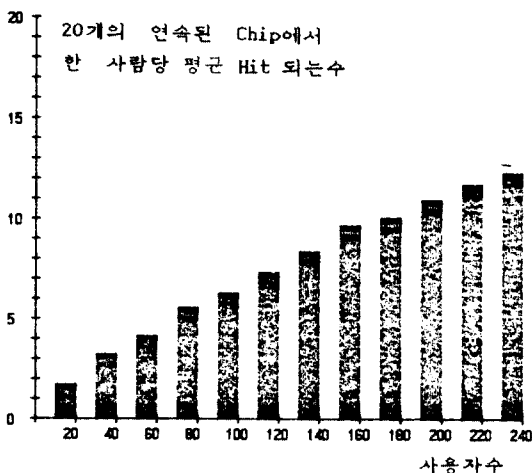
이된다.

앞에서 구한 비동기 일때의 결과와 Random Coding 일때의 한번이상 겹침확률

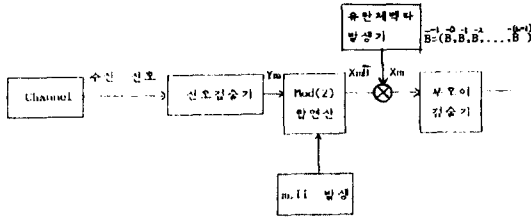
$p = 1 - (1-2^k)^{M-1}$ 을 써서 Random Coding 을 사용할 경우도 사용자수가 각각 20,40,60,80,100,120,140,160,180,200,220,240 명일때 임의의 위치의 20개의 연속된 칩들에서 겹치는 수들의 평균, 분산을 생각해 보면



$$p = 1 - (1-2^k)^{M-1}$$



수를 발생 시킨다.



(그림 2. 비동기 FH/MFSK 반복전송 시스템의 수신기 블록도)

수신단에서는 송신과정의 역순으로 신호를 복호해 낸다.

검출된 신호행렬 Y_m 에서 사용자 고유의 번지 벡터 m, II 를 이원뮌셈(Modulo(2))하고 여기서나 온 $X_m B$ 행렬에서 유한체 벡터 B 를 제거하여 원래의 송신데이터 X_m 를 검출해낸다.

2). 비동기 도약패턴 벡터와 Random Coding 을 사용 하였을때의 간섭량의 비교

2)1. 비동기 도약패턴 벡터를 사용했을때의 간섭량

CDMA 를 위한 FH 시스템을 만들기 위해서는 확산부호를 각 이용자에게 부여 하여야 하며 이 방법에 대해서는 구체적으로 연구되어 있다. 이 시스템에서는 번지 라는 용어를 사용하고있다. Einarsson⁽³⁾은 FH/MFSK 반복전송 시스템을 위하여 각각의 사용자간의 주파수의 간섭량이 최소로 되는 번지 할당법을 제시하였다.

본 논문에서는 Einarsson 이 제시한 도약패턴벡터를 사용하였을때 비동기 FH/MFSK 반복전송 시스템을 사용할때 사용자 상호간에 일어나는 간섭량에 대해서 알아보기 위하여 실제상황을 모델토하여 시뮬레이션하였다.

Einarsson 이 FH/MFSK 비동기시스템을 위하여 제안한 도약패턴벡터는 다음과같다.

$$Y_m = X_m(B_1, B_2, \dots, B_m) + m, II \quad II = \underbrace{(1, 1, 1, \dots, 1)}_{L \text{ 개}}$$

여기서 X_m 은 송신하는 데이터로 k 개의 비트로 이루어진 부호어 이다.

$X_m, B_1, B_2, \dots, B_m$ 은 $GF(2^k)$ 에속하는 원소들이다

체(Field) F 를 2개의 원소 $\{0,1\}$ 를갖는 2원체

$GF(2)$ 라하자

$GF(2)$ 의 K 차원시다항식의근 을 α 라하면 가토 와체(Galois Field) $GF(2^k)$ 의 원소 는 $0, 1, \alpha, \dots, \alpha^{k-1}$ 로 표시되며 $\alpha^{2^k} = 1$ 이다. 여기서 α 의 승은 0 과 1 을 포함하여 십진수로 $0 \sim 2^k - 1$ 까지 포함되어 있으므로 α 를 원시원 이라 하여 B 로 표기한다.

확산 대역통신 시스템을 디자인 하는데 있어서 전체 사용가능한대역폭(W) 과 User S Rate (R) (또는 그들의비인 $r = W/R$) 는 주파수의수 (2^k 개) 와 반복수 L 을 다음식으로 구속한다.

$$L = \gamma k 2^{-k} \dots \dots (1)$$

예로 만약 $r=626$ 이면 k 가 증가함에 따라 L 은 (1) 식 에의해서 결정되어 진다.

$k=7$ 일 때 $L=626*7*2 = 34,234,375$ 이고 여기서 정수만취하면 $L=34$ 이다. 따라서 (7,34) 라는 (k, L) 쌍을 형성한다.

계속해서 $k=8$ 일때 $L=19$ 로 (8,19) , 또 (9,11), (10,6), (11,3) 등의 쌍이 만들어진다. 본 논문 에서는 $k=8$ 일때 즉 (k, L)쌍이 (8,19) 일때 를 위주로 분석하여 보았다.

L 은 반복수로 최대 $2^k - 1$ 까지의 값을 취할 수 있다.

m 은 사용자에게 할당되는 고유번지 이다.

2)1-1. 시뮬레이션방법

$$Y_m = X_m \cdot (B_1^m, B_2^m, \dots, B_m^m) + m, II \text{에서}$$

X_m 은 $GF(2^k)$ 에속하는 십진수이므로현재 사용하고있다고 가정하는 $0 \sim (2^k - 1)$ 사이의 데이터를현재 사용하고있다고가정하는 사용자 수 만큼 임의 적으로 발생시키고 $GF(2^k)$ 에 속하는원소들인 $B_1^m \sim B_m^m$ 를정해주기위하여 $GF(2^k)$ 상의 원시다항식(Primitive Polinomial) $p(x)$ 들중에서 하나의 원시다항 식을선택한다.

m 의값은 $0 \sim (2^k - 1)$ 사이의수 즉 2^k 명에서 현재사용 하고있다고 가정하는 사용자수 만큼의 사용자의 번지를 무작위로 뽑아낸다.

식 Y_m 으로표시된 도약패턴들의 프레임(Frame)을 만들면이것은 m 행 L 령의 프레임이 되는데 이러한방법으로 프레임들을 만들어서 이들을시간이경과하는 순서대로 연결시킨다. 결과적으로 얻어진 연결된 프레임은 동기가맞추어진 도약패턴 Sequence 이므로 이것을 비동기로 하여주기 위해서는 각 사용자간의 도약패턴의 시작점을 다르게하여준다. 여기서 사용자들간의 간섭량은 모든사용자들이 통신을 하고있을때의 간섭량을 의미하고 이상황을 시뮬레이션하기 위해서는 도

한 칩당 검침이 있을 확률은 P 이고 검침이 없을 확률은 q=1-p 가 되므로 이 경우는 이항분포(Binomial)를 갖는다고 볼 수 있다.

이항 분포는 다음과 같은 밀도함수(Density Function)를 갖는다.

$$f(x) = \begin{cases} \binom{n}{x} p^x q^{n-x} & \text{for } x = 0, 1, \dots, n \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

평균 $E[X]=np$, 분산 $VAR[X]=npq$ 을 갖는다.

결과는 다음과 같다.

사용자수	P	평균	분산
20	1-(1-2 ⁻⁸)(1-2 ⁻⁸)	1.77733	1.277567
40	1-(1-2 ⁻⁸)(1-2 ⁻⁸)	3.55466	2.555134
60	1-(1-2 ⁻⁸)(1-2 ⁻⁸)	5.33199	3.832701
80	1-(1-2 ⁻⁸)(1-2 ⁻⁸)	7.10932	5.110268
100	1-(1-2 ⁻⁸)(1-2 ⁻⁸)	8.88665	6.387835
120	1-(1-2 ⁻⁸)(1-2 ⁻⁸)	10.66398	7.665402
140	1-(1-2 ⁻⁸)(1-2 ⁻⁸)	12.44131	8.942969
160	1-(1-2 ⁻⁸)(1-2 ⁻⁸)	14.21864	10.220536
180	1-(1-2 ⁻⁸)(1-2 ⁻⁸)	15.99597	11.498103
200	1-(1-2 ⁻⁸)(1-2 ⁻⁸)	17.77330	12.775670
220	1-(1-2 ⁻⁸)(1-2 ⁻⁸)	19.55063	14.053237
240	1-(1-2 ⁻⁸)(1-2 ⁻⁸)	21.32796	15.330804

2)3. 간섭량의 비교

비동기 FH/MFSK 반복전송 시스템에서의 사용자 상호간의 간섭량은 비동기일 경우를 시뮬레이션하여 두 경우를 비교하면 평균 이나 분산값이 크게 차이가 나지 않는 것을 알 수 있다.

3. 결론

Einarsson 이 제시한 주파수 도약 벡터를 사용 하였을 때 비동기 FH/MFSK 반복전송 시스템에서 실제상황을 모델로 하여 시뮬레이션 하여본 결과 사용자 상호간에 일어나는 간섭량은 Random Coding 을 사용하였을 때 일어나는 간섭량과 비교하여 별 차이가 없음을 보였다.

참고 문헌

1. A.J,Viterbi, "A Processing Satellite Transponder For Multiple Access By Low -Rate Mobile Users, " Digital Satellite Commun. Conf., Montreal, October 23-25
2. D.J, Goodman, P.S. Henry, and V.K.Prabhu, "Frequency- Hopped Multilevel FSK for Mobile Radio, :B.S.T.J., 59, No. 7 (September 1980). pp .1257-75.
3. G.Einarsson, "Address Assignment for a Time-

-Frequency Coded Spread -spectrum system," B.S.T.J ., September 1980

4. B.G.Haskell, "Computer Simulation results on Frequency Hopped MFSK Mobile Radio-Noiseless Case" IEEE, 1980
5. R.M.Mersereau, T.S.Seay, "Multiple Access Frequency Hopping Patterns with Low Ambiguity" , IEEE Vol. AES-17. No.4 July 1981