

## 주파수 도약 위성통신 시스템에서 레인징 신호 설계 방안

황석구<sup>1)</sup> · 심은석<sup>1)</sup> · 조병각<sup>2)</sup> · 윤원상<sup>\*,3)</sup>

<sup>1)</sup> 한화시스템(주) 위성데이터링크팀

<sup>2)</sup> 국방과학연구소 제2기술연구본부

<sup>3)</sup> 호서대학교 전자공학과

### Design of a Ranging Signal in the Frequency Hopping Satellite Communication System

Seok-gu Hwang<sup>1)</sup> · Eun-seok Sim<sup>1)</sup> · Byung-gak Jo<sup>2)</sup> · Won-Sang Yoon<sup>\*,3)</sup>

<sup>1)</sup> *Satellite-Datalink Team, Hanwha Systems, Korea*

<sup>2)</sup> *The 2nd Research and Development Institute, Agency for Defence Development, Korea*

<sup>3)</sup> *Department of Electronic Engineering, Hoseo University, Korea*

(Received 27 June 2016 / Revised 19 September 2016 / Accepted 18 November 2016)

#### ABSTRACT

In this paper, a method for generating ranging signal to reduce the effects of interference and overcome intentional jamming is proposed in slow frequency hopping(SFH) communication system. A terminal uses ranging signal for initial Up-link synchronization in the frequency hopping communication systems using multi-terminal. However, ranging signal generated by unsynchronized terminal acts as an interference signal to another terminal. Therefore, we propose the design of the ranging signal with PN sequence in order to minimize the affection to the other terminal and simulated its performance. From the simulated result, we confirm synchronization performance.

Key Words : Frequency Hopping(주파수도약), Satellite Communication Systems(위성시스템), Ranging Signal(레인징 신호), Direct-sequence Spread Spectrum(직접대역확산), Dehop-Rehop Transponder(Dehop/Rehop 중계기)

#### 1. 서론

주파수 도약 기술은 무선 신호의 주파수를 지속적으로 변화시켜 주파수 대역을 확산하는 기술로서 군사 용이나 상용에서 많이 사용되는 기술이다. 특히, 현재

군용 통신 시스템에서는 대전자전(Electronic Counter-Counter Measure, ECCM) 용도로 사용되고 있으며, 상용 무선환경에서는 다중 사용자의 간섭회피를 목적으로 WLAN 표준 및 Bluetooth 표준에 사용되고 있다<sup>[1]</sup>. 군 위성통신 시스템은 하나의 위성을 이용해 넓은 지역에서 통신망을 운용하기 때문에, 대전자전 능력이 필수적이며, 특히 적의 재밍에 대한 대비가 필수적이다. 이러한 재밍환경에 유연하게 대처하기 위해 설계

\* Corresponding author, E-mail: wsyoon@hoseo.edu  
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

된 기법 중에 하나가 Dehop/Rehop 중계기(DRT) 구조로서<sup>[2]</sup>, DRT는 위성 중계기 내에서 지상 단말들의 주파수 도약신호를 다른 패턴의 도약신호로 재도약하여 지상단말들에게 송신해주는 중계기로서 시스템의 항재밍 성능을 향상시켜주는 장점을 갖는다. 이런 DRT를 사용하는 주파수 도약 시스템에서 주파수 동기의 과정은 하향링크 주파수 동기 획득 후 상향링크 도약 동기 획득을 통해 이루어지며, 상향링크 동기 획득을 위해 레인징 신호의 송/수신이 필요하게 된다.

한편, 주파수 도약 시스템은 주파수 도약 홉 내에 다수의 심볼을 전송하는 SFH(Slow Frequency Hopping) 방식, 여러홉에 한 심볼을 전송하는 FFH(Fast Frequency Hopping)방식으로 구분한다<sup>[3]</sup>. FFH 방식은 FSK계열의 변복조 방식을 사용하며 음성과 같은 저속의 데이터 전송에 사용되어 왔으나<sup>[4]</sup>, 대역폭 효율을 높이고 고속 데이터 전송을 위한 요구가 늘어나면서 FFH 방식보다는 SFH 방식의 사용이 고려된다. SFH 방식은 홉 내에 다수 심볼이 존재하므로 다양한 변복조 방식을 사용할 수 있는 장점을 갖고 있다. 위성 통신 시스템은 위성 TV 및 해외 또는 장거리 국간 전화통신 등의 전통적인 서비스로부터 이동통신 및 인터넷의 음성비디오 데이터 방송망 등이 융합된 멀티미디어 망으로 진화하고 있으며, 군 위성통신 시스템 역시 고속 대용량 정보의 실시간 전송이 요구되고 있기 때문에, SFH 방식의 시스템 구성이 필요하다. 따라서, DRT를 이용한 주파수 도약 위성통신 시스템에서 레인징 신호를 설계시 SFH 방식에 적합한 레인징 신호를 설계할 필요가 있다. 본 논문에서는 이 시스템에서 레인징 신호가 고려해야할 설계요소들을 알아보고 수신기 구조 설계에 대하여 고찰하였고 설계구조에 따른 성능분석을 시뮬레이션을 통해 확인해 보았다.

## 2. SFH 위성통신 시스템에서의 레인징 신호 구조 설계

### 2.1 DRT를 이용한 주파수 도약 위성통신 시스템

#### 2.1.1 DRT 구조

DRT를 이용한 주파수 도약 위성통신 시스템의 구성은 Fig. 1과 같이 상향링크 주파수 도약 패턴으로 송신하는 지상송신기와 DRT, 그리고 하향링크 주파수 도약 패턴을 수신하는 수신기로 구성된다. DRT는 지상에서 올라오는 상향링크 신호를 수신하여 RF대역에서

IF대역으로 변환한 후 각 주파수 도약 그룹별 필터링을 한 후 다시 RF대역으로 변환하여 하향링크 신호로 송신하는 능동 중계방식의 중계기다. 중계기 내에서 도약 주파수 순서를 바꾸어 상향링크의 주파수 도약 신호와 하향링크의 주파수 도약 신호의 패턴이 서로 다른 구조를 갖게하여 피탐능력과 항재밍 능력을 강화시킨다. 이러한 주파수 도약환경에서 지상의 단말들은 상향링크 주파수 패턴과 하향링크 주파수 패턴 동기를 모두 맞춰야만 통신이 가능해진다.

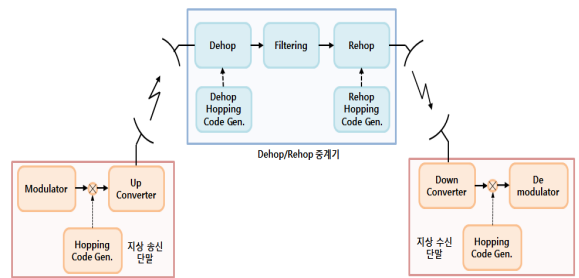


Fig. 1. Dehop/rehop transponder structure

#### 2.1.2 DRT 구조에서 동기 획득 과정

지상 단말이 주파수 동기를 획득하는 과정은 다음과 같다. 먼저, 단말은 DRT에서 송신하는 하향링크의 파일럿 신호를 이용하여 하향링크 동기를 우선 획득한 후 상향링크 동기를 획득하는 단계로 넘어간다. 상향링크 동기 획득을 위해서 단말에서 임의의 신호인 레인징 신호를 발생시켜 송신하며, DRT를 거쳐 내려오는 신호를 수신하여 레인징 신호의 Waveform에 따라 수신되는 신호의 에너지 크기 및 FFT 결과 등을 이용하여 동기 획득을 수행한다. 이렇게 상향링크와 하향링크 동기 획득 과정을 통해 중계기의 주파수 도약 동기 및 도약 타이밍 동기를 최초 획득한다. 만약 주파수 도약 패턴이 맞지 않을 시에는 단말에서 송신한 레인징 신호가 타 단말의 신호에 대한 간섭신호로 작용하게 된다.

### 2.2 레인징 신호의 간섭 영향

#### 2.2.1 레인징 신호를 이용한 상향링크 동기

주파수 도약 시스템의 경우 주파수 도약 대역폭에 여러 개의 주파수 도약 그룹이 존재하며 사용 목적에 따라 트래픽 그룹, 파일럿 그룹, 그리고 레인징 그룹으로 사용할 수도 있다. 중심국이 존재하는 시스템일 경우 땅에 처음으로 가입하는 단말에게 사용하지 않는

도약 그룹을 알려줌으로써 그 도약 그룹을 레인징 그룹으로 사용할 수도 있고 특정 그룹을 사전에 정의하여 레인징 그룹으로 사용할 수도 있다.

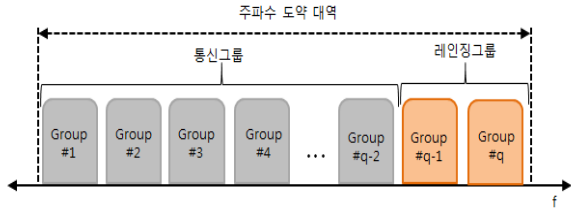


Fig. 2. Frequency hopping bandwidth

최초로 위성망에 접속하는 지상단말은 상향링크 주파수 도약 동기를 위해 레인징 신호를 송/수신하게 되는데 최초 신호 송신시 각 단말의 위치에 따른 위성과의 거리차 때문에 정확한 타이밍의 도약 패턴 동기를 맞추기가 어렵다. 정지 궤도 위성의 경우 위성지연은 약 250 ms가 발생하고 서로 다른 두 단말의 거리차가 300 km로 가정할 경우 전파지연은 약 1 ms 정도의 타이밍 오차가 발생되므로 하향링크 주파수 도약 패턴 동기 후 한 번에 정확하게 상향링크 도약 패턴 동기를 맞출 수는 없다. 시간이 걸리지만 도약동기를 찾아가는 과정이 필요하다.

2.2.2 레인징 신호로 인한 간섭 상황

각각의 도약 그룹은 주파수 주기마다 독립적인 도약 주파수를 갖는다. 중계기를 기준으로 같은 도약 타이밍에서 발생된 코드는 서로 간섭의 영향을 주지 않는다. 하지만 도약 타이밍이 맞지 않은 상황에서 신호를 송신할 경우 Dehop 주파수와 Rehop 주파수가 다르기 때문에 중계기에서 필터링 되어진다. 또한 그럴 경우 송신하는 레인징 신호는 상향링크에서 다른 통신 그룹에 간섭의 영향을 주게 된다. 예를 들어 Fig. 3에서 특정 홉에서 도약 그룹은 서로 다른 독립적인 주파수로 도약하게 된다. 이 경우 도약 주파수는 서로 겹치지 않는다. 만약 레인징 도약 그룹에서 정확한 주파수 패턴 발생 시점을 모르게 되면 다른 주파수 도약 그룹에 재밍처럼 간섭을 줄 수 있다. 중계기 내에서 주파수 도약 시점(Hop t)에 서로 다른 그룹은 서로 독립적인 주파수 도약 패턴을 갖아야 한다. 하지만 최초 레인징 그룹은 도약 시점(Hop t)을 모르고, 도약 동기 획득이 완료된 지상 단말의 도약 그룹은 정확한 임의시간( $\tau$ )에서 발생된 주파수 도약 패턴인 경우 최

초 레인징 그룹은 주파수 도약 패턴 발생 시점이  $\tau + \delta / \tau - \delta$ 의 시간적 오차( $\delta$ )를 갖고 패턴이 발생되므로 도약 패턴이 서로 독립적이지 않다. 이로 인해 도약 동기가 맞지 않은 레인징 도약 주파수와 도약 동기가 맞은 도약 주파수가 겹치는 현상이 발생한다. Fig. 3과 같이 도약그룹 전체 홉에 영향을 줄 수도 있고 일부분에 간섭의 영향을 줄 수 있다. 현재 운용중인 도약 그룹 및 레인징 그룹이 많아질수록 레인징 신호에 대한 간섭은 증가하게 된다.

	Hop t-2	Hop t-1	Hop t	Hop t+1	Hop t+2
도약그룹 1	Freq. #10	Freq. #5	Freq. #99	Freq. #8	Freq. #62
레인징 그룹	Freq. #4	Freq. #2	Freq. #44	Freq. #76	Freq. #14
도약그룹 2	Freq. #23	Freq. #64	Freq. #44	Freq. #12	Freq. #77
...	...	...	...	...	...
도약그룹 q	Freq. #32	Freq. #25	Freq. #4	Freq. #45	Freq. #23

(a) Interference of signal group - full hop

	Hop t-2	Hop t-1	Hop t	Hop t+1	Hop t+2
도약그룹 1	Freq. #10	Freq. #5	Freq. #99	Freq. #8	Freq. #62
레인징 그룹		Freq. #4	Freq. #2	Freq. #44	Freq. #76
도약그룹 2	Freq. #23	Freq. #64	Freq. #44	Freq. #12	Freq. #77
...	...	...	...	...	...
도약그룹 q	Freq. #32	Freq. #25	Freq. #4	Freq. #45	Freq. #23

(b) Interference of signal group - partial hop

Fig. 3. Interference by range hopping group

2.2.3 간섭이 발생할 확률

주파수 도약 시스템에서 q개의 주파수 도약 슬롯이 있고 각각의 주파수 슬롯은 랜덤한 도약 패턴을 갖으며 각 주파수 슬롯마다 동일한 확률로 분포하게 된다. 또한 도약패턴은 직전에 도약했던 주파수와도 독립적으로 발생된다. 이런 주파수 도약 시스템에서 여러대(K)의 단말이 망에 존재하여 주파수 도약 그룹이 동시에 운용될 경우 동기를 잃거나 초기 동기를 잡는 도약 그룹이 운용되는 주파수 슬롯은 정확한 동기로 운용되는 다른 주파수 슬롯에 간섭을 일으키게 된다. 모든 주파수 도약 시간이 동기화 될 때는 특정 도약

패턴이 간섭이 일어날 확률은 아래와 같다.

$$P_h = 1 - \left(1 - \frac{1}{q}\right)^{K-1} \quad (1)$$

만약 도약시간의 동기가 맞지 않는 비동기면 간섭이 일어날 확률은 다음과 같다<sup>5)</sup>.

$$P_h = 1 - \left(1 - \frac{1}{q}\right)\left(2 - \frac{1}{q}\right)^{K-1} \quad (2)$$

서로 다른 도약 그룹 간에는 서로 동기를 맞춘 상태로 운용되어 서로 간에 간섭을 일으키지 않지만 최초 동기를 잡는 레인징 신호에 의해 간섭을 일으키고 레인징 신호의 그룹 수가 늘어날수록 더 많은 간섭을 일으키게 된다. 최초 동기 획득시에는 비동기식으로 간섭을 주게 되어 간섭이 일어나는 도약 그룹에서 신호 대역폭의 일부분 또는 시간적으로 일부분의 흠에 간섭을 일으킨다. 가장 안 좋은 상황은 동기식으로 신호 대역폭 전체 또는 흠 전체에 레인징 그룹의 간섭이 발생할 수 있다. 신호를 수신하는 단말은 레인징 신호와 도약 그룹이 서로 간섭이 되어 레인징 신호를 수신할 수 없고 주파수 도약패턴을 변경하여 동기를 맞춘 후에는 도약 패턴이 모두 독립적이므로 간섭이 일어나지 않아 순수 레인징 신호를 수신할 수 있다.

### 2.3 부분 대역 재밍 신호

주파수 도약 시스템은 재밍을 피하기 위한 시스템으로 레인징 신호 및 통신신호 송신시 재밍이 발생 할 수 있다. 재밍 파워  $J$ 를 가지고 전체 주파수 도약 대역  $W_{ss}$ 내에 전체 대역 또는 부분대역( $W_j$ )에 재머 파워가 분포된 재머를 부분대역 재머(Partial Band Noise Jammer, PBNJ)라 한다. 재밍 대역 비율  $\rho$ 와 재밍 전력 밀도는 다음과 같이 정의된다.

$$\rho = \frac{W_j}{W_{ss}}, N_j = \frac{J}{W_{ss}} \quad (3)$$

$\rho$ 에 따라 재밍 전력 밀도는  $J/(W_{ss} \cdot \rho)$ 가 되어 전력 밀도가 커지게 되며 재밍 상황시 신호 대 잡음 비는

$$\frac{E_b}{(N_j/\rho)} = \frac{\rho E_b}{N_j} \quad (4)$$

로 표현 된다.

### 2.4 레인징 신호 설계 및 수신기

다른 도약 그룹에 간섭을 주지 않거나 간섭의 영향을 최소화 시킬 수 있는 레인징 신호가 필요하다. 또한 주파수 도약 시스템의 특성상 의도적인 재밍에도 강한 특성을 가져야 한다. 직접대역 확산(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) 신호는 데이터와 무관한 PN Code를 이용하여 신호의 대역폭을 확산시킨다. 확산된 신호는 늘어난 대역폭만큼 전력밀도를 낮아지며, 수신된 신호는 해당 PN Code를 알아야 신호를 역확산시켜 데이터를 복조할 수 있다. 따라서, DSSS 신호를 활용함으로써 동기가 맞지 않은 상황에서 레인징 신호가 상대 도약 그룹에 줄 수 있는 간섭 영향을 최소화 시킬 수 있고 주파수 도약과 확산으로 인해 재밍에 대해 강인함을 갖을 수 있다.

레인징 신호는 전력밀도를 최대한 낮추고 최대의 확산이득을 갖기 위해 확산 대역폭을 도약 그룹 대역폭으로 설정하고 데이터 신호의 속도를 주파수 도약 속도로 설계 할 수 있다. 따라서, 레인징 신호의 확산이득은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$G_p = 10 \log\left(\frac{1}{BW_{hop} T_{hop}}\right) \quad (5)$$

한 흠에 다수 심볼이 들어가는 SFH 방식에 맞춰서 한 흠을 다음과 같이 구조로 레인징 신호를 구성한다. 흠의 처음과 끝부분은 주파수 호핑에 따른 가드구간을 위한 Null 심볼과 주파수 속도와 도약 대역폭을 고려한 코드길이를 갖는 PN Code로 구성한다. 레인징 신호는 매홉마다 같은 구조를 갖는 신호를 송신한다.

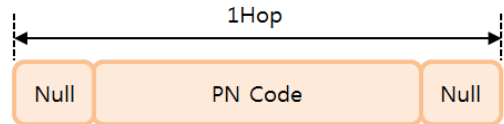


Fig. 4. The frame structure of range signal(1 hop)

PN Code 동기는 크게 최초 신호 유무를 판단하는 획득과정과 세부적인 PN Code 타이밍을 맞추고 유지하는 추적단계의 두 가지 과정으로 나눌 수 있다. 레인징 신호를 이용하여 주파수 도약 시스템에서는 최초

주파수 도약 패턴을 맞는지 판단하는 최초 획득과정과 도약 타이밍을 맞추는 타이밍 추적단계로 상향링크 동기를 획득 할 수 있다.

송신 레인징 신호는 매 홉 들어오는 데이터를 변조하여 PN Code를 곱해서 확산 시킨다. 확산된 신호는 주파수 도약 타이밍에 맞게 발생하는 주파수 합성기를 거친 후 주파수 도약 신호를 만든다. 주파수 도약 된 신호는 RF변환을 통해 위성 중계기에 수신된다.

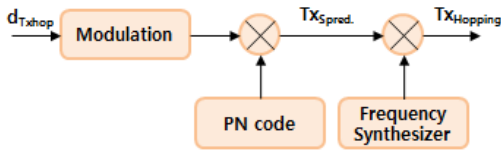


Fig. 5. The structure of range signal transmitter

레인징 신호의 수신기는 Correlation 구조를 Matched Filter를 사용하여 설계한다. 최초 수신된 신호는 주파수 합성기를 거쳐 IF 주파수로 변환되고 변환된 신호는 I/Q신호로 분리한다. 단말이 송신한 신호와 같은 PN code를 이용하여 Correlation을 수행하고 일정 홉 PN code 길이만큼 누적한 다음 Matched Filter 결과값 (V)의 최대 크기값(S')과 그 외의 값(N)의 비율을 임계값과 비교한다. 누적된 값이 일정 이상의 임계값을 넘으면 홉 패턴이 맞다고 판단하고 임계값을 넘지 못하면 주파수 합성기의 도약 패턴을 변경하여 누적/비교 과정을 다시 수행한다.

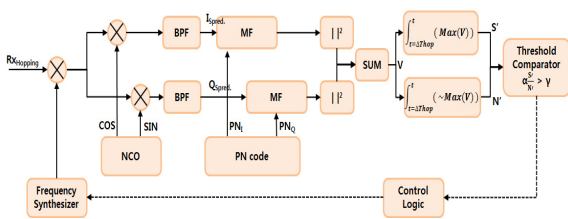


Fig. 6. Receiver structure – initial synchronization process

최초 동기과정에서는 도약 주파수 패턴을 맞추기 때문에 홉 타이밍이 맞지 않은 상태 이므로 홉의 일부분의 신호만 수신된다. 최초 동기과정 수행 후 홉 타이밍을 맞추기 위해 수신되는 홉의 Early/Late 신호 파워를 비교한 값과 Correlation의 Peak값을 홉 내의 심볼 위치를 이용하여 타이밍을 보정한다.

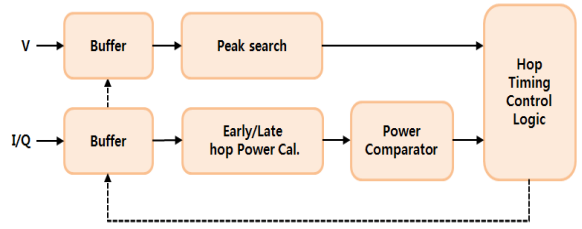


Fig. 7. Receiver structure – timing tracking process

### 3. 성능분석 시뮬레이션

설계된 레인징 신호의 성능 검증을 위해 두 가지 경우에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 먼저, 레인징 신호가 다른 도약 그룹에 간섭을 주는 영향정도를 시뮬레이션해 보고, 확산된 신호가 재밍채널 상황에서 최초 동기를 획득하기 위한 검출 확률을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션을 위한 신호 구성은 Fig. 8과 같고 하나의 도약 그룹 안에 두 개의 통신신호가 존재하고 그 그룹에 확산된 레인징 신호가 존재하게 된다. 총 도약 대역폭은 100 MHz로 가정하고 도약 그룹 대역폭은 2 MHz로 설정하면 도약 대역 내에 50개 그룹이 동시에 사용가능하다. 수식 (5)과 같이 확산 이득을 높이기 위해 도약 그룹 대역폭 전체에 레인징 신호가 확산한다. 도약 속도는 약 6.25 Khop/s라고 가정하면 도약 그룹 대역폭 전체에 확산 할 경우 한 홉내에 Null 심볼을 제외하고 약 256의 PN Code length로 확산 할 수 있다. 서로 겹쳐지는 그룹 신호는 1 MHz로 설정하고 신호의 Waveform은 DQPSK / RS(127,125) + CC(code rate 1/2)를 사용한다.

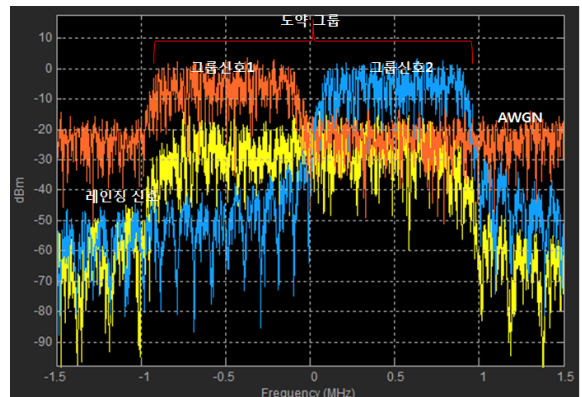


Fig. 8. Simulation spectrum

3.1 레인징 신호 간섭에 따른 성능 열화 분석

도약 그룹내에 5개의 레인징 그룹이 동시에 사용 될 경우 한 개의 도약 그룹과 간섭이 될 확률은 수식 (2) 과 같이  $GRIR = \text{약 } 0.1$ 의 확률을 갖으며 1개의 레인징 그룹이 존재 할 경우  $GRIR$ 은 약  $0.02$ 의 간섭 확률을 갖는다. 그룹신호와 레인징 신호의 간섭확률과 채널 파워비율에 따른 성능 그래프는 Fig. 9와 같다. 여기서 레인징 신호는 동기식으로 그룹신호 대역폭에 전체에 간섭을 준다고 가정한다.

Fig. 9와 같이 채널 파워 비율이 18 dB 차이에는 간섭 비율에 상관없이 성능열화가 발생하였다. 성능열화 정도는 1 dB 이내이다.  $GRPR = 21 \text{ dB}$  정도 이상에서 그룹신호가 성능열화가 없는걸 확인할 수 있다.

Table 1. Simulation parameter by range signal interference

시뮬레이션 파라미터	값
그룹 신호와 레인징 신호의 간섭 비율 (Group Signal and Ranging Signal to Interference Ratio(GRIR))	0.1/0.02
그룹 신호와 레인징 신호의 채널 파워 비율 (Group Signal and Ranging Signal to Power Ratio(GRPR))	18/21 dB

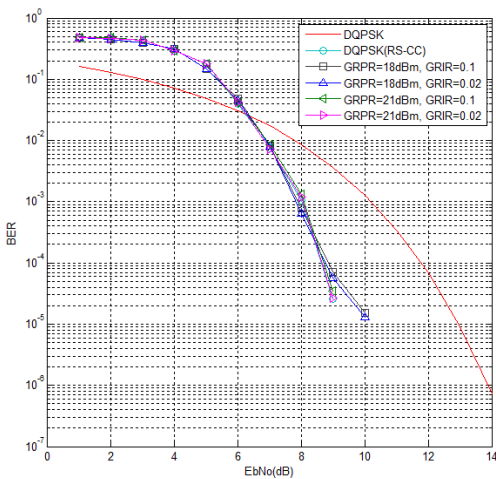


Fig. 9. Performance graph for group signal by range signal interference

3.2 재밍신호에 따른 레인징 신호 검출 성능

재밍신호(PBNJ)에 따른 레인징 신호의 검출 성능을 확인해본다. Dehop/Rehop 과정에서 주파수 도약 코드가 맞지 않은 신호는 필터에 의해 신호가 제한되고 수신기에서는 홉의 일부분만 수신하게 된다. 신호의 50 % 이상 도약 코드가 맞았을 경우 코드가 일치 했다고 판정한다면 최악의 경우는 수신기는 50 %의 홉 신호를 수신할 수 있다. 시뮬레이션에서는 홉 일치 비율이 50 %라고 가정한다. 시뮬레이션 기준신호는 그룹신호가 되고 그룹신호대비 레인징 신호의 파워를 조절하게 되며 재밍신호는 그룹신호 파워대비 재밍 신호 파워가 인가된다. 재밍신호는 그룹신호와 같은 파워의 신호로 인가되고 재밍 비율은 도약 대역 대비 0.5/0.1/0.01이 된다.

Table 2. Simulation parameter of range signal detection under jamming channel(1)

시뮬레이션 파라미터	값
그룹 신호와 레인징 신호의 파워 비율(GRPR)	20 dB
그룹 신호와 부분 대역 재밍신호의 파워 비율(JSR)	0 dB
재머 비율( $\rho$ )	0.5/0.1/0.01
SNR(레인징 신호)	-8 ~ -15 dB
PN code Length	256
홉 일치 비율	50 %
레인징 신호 확산 속도	1 M Chip/s
주파수 오프셋	1 KHz

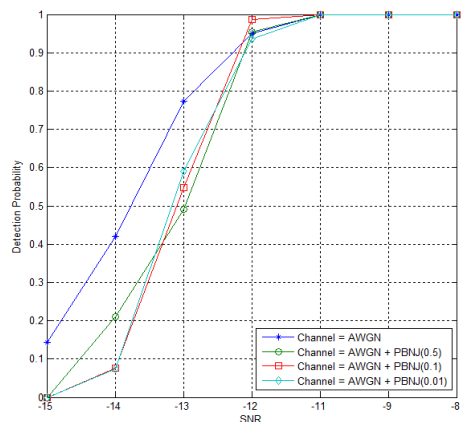


Fig. 10. Detection performance under jamming channel(1)



레이징 신호 수신기의 검출 확률은 Fig. 10과 같으며 낮은 SNR에서는 재밍 비율에 따라 검출성능이 차이가 나지만 높은 SNR에서는 모두 검출가능함을 볼 수 있다.

두 번째 시뮬레이션에서는 재밍신호를 그룹신호의 파워보다 10 dB가 높은 신호를 인가한다. 재밍 비율은 같은 비율 0.5/0.1/0.01이 된다.

Table 3. Simulation parameter of range signal detection under jamming channel(2)

시뮬레이션 파라미터	값
그룹 신호와 레이징 신호의 파워 비율(GRPR)	20 dB
그룹 신호와 부분 대역 재밍신호의 파워 비율(JSR)	10 dB
재머 비율( $\rho$ )	0.5/0.1/0.01
SNR(레이징 신호)	-5 ~ -15 dB
PN code Length	256
흡 일치 비율	50 %
확산 속도	1 M Chip/s
주파수 오프셋	1 KHz

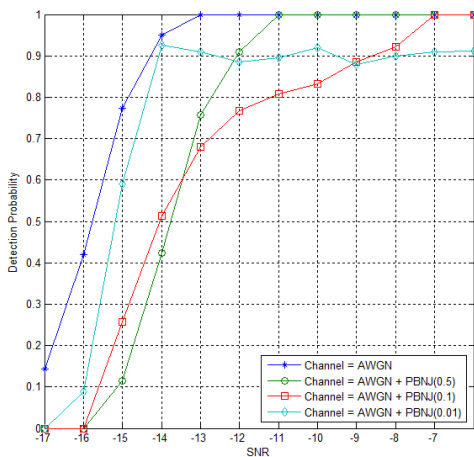


Fig. 11. Detection performance under jamming channel(2)

재밍신호 파워의 증가로 0 dB의 재밍 파워 인가 시 보다 성능이 더 열화 됨을 보였다. 재밍이 0.01일 경우

에는 특정 흡에 많은 재밍신호가 인가되어서 Matched Filter의 결과값의 노이즈 성분의 신호의 크기가 커서 검출 과정에서 오류가 발생 된것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 Dehop/Rehop 중계기를 사용하는 주파수 도약 시스템에서 상향링크 동기를 위한 레이징 신호 송신시 발생할 수 있는 간섭 영향에 대해 알아 보았다. 최초 동기가 맞지 않은 상태에서의 레이징 신호 송신은 다른 타 그룹의 신호에 간섭으로 작용한다.

이런 문제점을 감소시킬 수 있는 레이징 신호에 대해 설계하였다. 도약 그룹내에서 확산된 신호를 이용한 레이징 신호는 동기가 맞지 않은 상태에서 그룹 대역신호에 성능 열화 정도를 시뮬레이션하여 성능 열화 정도를 확인해 보았다. 또한 동기가 맞지 않은 상태에서 확산된 레이징 신호가 재밍 상황별 PN Code 검출 성능을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

#### References

- [1] Robert C. Dixon, "Spread Spectrum Systems with Commercial Applications, 3rd Edition," John Wiley & Sons, Inc, 1994.
- [2] Hovanessian, S. A., et al. "Multi-User Transparent-Dehop MILSATCOM System," Military Communications Conference, 1995. MILCOM'95, Conference Record, IEEE. Vol. 1, IEEE, 1995.
- [3] B. Sklar, "Digital Communications," Prentice Hall PTR, 2000.
- [4] Jiang, Chen, and Jiangzhou Wang, "Performance Analysis of FFH/MFSK Receivers with Self-Normalization Combining in the Presence of Multitone Jamming," IEEE Transactions on Vehicular Technology 51.5 : 1120-1127, 2002.
- [5] Geraniotis, Evaggelos A., and Michael B. Pursley. "Error Probabilities for Slow-Frequency-Hopped Spread-Spectrum Multiple-Access Communications over Fading Channels," IEEE Transactions on Communications 30 : 996-1009, 1982.