

# 디지털 위성중계기를 이용한 간섭제거기능 설계 및 구현

이창영<sup>°</sup>, 전제현<sup>\*</sup>, 이수현<sup>\*</sup>, 서학금<sup>\*\*</sup>, 고현석<sup>\*\*</sup>, 한주희<sup>\*\*</sup>

## Design and Implementation of Interference Rejection Function Using Digital Satellite Transponder

Chang-Young Lee<sup>°</sup>, Je-Hyun Jun<sup>\*</sup>, Sue-Hyun Lee<sup>\*</sup>, Hak-Geum Seo<sup>\*\*</sup>,  
Hyun-Suk Ko<sup>\*\*</sup>, Joo-Hee Han<sup>\*\*</sup>

### 요약

광대역성과 광역성의 특징을 갖는 위성 통신은 시간과 공간에 관계없이 누구와도 통신할 수 있다는 장점이 있는 반면, 간섭신호에 항상 영향을 받을 수 있는 특징을 가지고 있다. 간섭신호는 전지역을 상대로 송수신이 가능하기에 불법 광대역 주파수원을 찾기 어렵고, 미치는 영향 또한 크다. 이런 영향성으로 인해 본 논문에서는 디지털 통신위성(중계기)(상향링크 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 여러 가지 형태로 디지털 신호처리 후 지상으로 송신하는 기능을 갖는)을 이용하여 신호의 대역폭에 따라 간섭제거 임계값이 실시간 가변 처리되는 간섭제거방식을 구현하여 적용 시험한 결과를 소개한다. 이를 통해 향후 위성통신에서의 간섭제거기능에 대한 보다 나은 기능 개선 및 위성통신분야의 발전에 도움이 될 수 있는 정보를 제공할 수 있을 것을 기대한다.

**Key Words** : satellite communication, digital payload, interference rejection

### ABSTRACT

Broad band and wide area satellite communication has advantage that can be always communicate with anyone regardless of time and space. In the other hands, its communication quality is easy to be affected by interference signals. Due to the fact that interference signal can be transmitted from everywhere, it's hard to find the illegal source of signal and it has huge influence. In this paper, with this influence of interference signal, we introduce the interference rejection method, implementation and test result in the digital satellite communication processing the signal using variety of digital method. It will be useful information to improve the interference rejection function and also be helpful on the field of satellite communication.

### I. 서론

위성 통신은 광대역성과 광역성의 특징을 가지고 있다. 통신 위성 중계기는 수십MHz 이상의 대역폭을 사용하여 영상 신호와 고속 디지털 회선 신호를 쉽게

전송할 수 있으며 위성의 빔 커버리지 범위에 있는 지역이면 어디에서나 전파 송수신이 가능하다.<sup>[1]</sup> 이러한 광대역성과 광역성을 가지고 있는 위성통신의 특성은 시간과 공간에 관계없이 누구와도 통신할 수 있다는 장점이 있는 반면, 어디서나 통신방해가 가능해 간섭

※ 본 연구는 방위사업청 및 국방과학연구소의 디지털중계기 핵심기술사업의 연구결과로 수행되었음

•° First Author and Corresponding Author : 삼성탈레스(주) C4I연구소, changyoung.lee@samsung.com, 정회원

\* 삼성탈레스(주) C4I연구소, jehyun.jun@samsung.com, suehyun.lee@samsung.com

\*\* 국방과학연구소, hkseo@add.re.kr, khsleo@add.re.kr, jhwill@add.re.kr

논문번호 : KICS2013-08-338, 접수일자 : 2013년 8월 19일, 심사일자 : 2013년 10월 22일, 최종논문접수일자 : 2013년 12월 18일

신호에 항상 영향을 받을 수 있는 특징을 가지고 있다. 특히 위성통신의 광대역 주파수 대역에 불법 광대역주파수 간섭이 들어오게 될 경우 어느 특정 수신자가 아닌 전지역을 상대로 송수신이 가능하기에 불법 광대역 주파수원을 찾기가 매우 어렵다. 또한 위성링크는 개별 가입자 통신개념보다는 Trunk Line<sup>1)</sup>개념으로 운용되므로(주파수자원도 지역별로 운영되는 지상주파수와 다르게 광역주파수 자원을 사용), 간섭신호가 전체망에 미치는 영향성은 지상망에서 간섭신호가 국지적으로 미치는 영향과는 비교할 수 없을 정도로 크고 심각하다.



Fig. 1. Trunk, Satellite link of Trunk Concept

게다가 불법 광대역주파수를 높은 파워로 송출할 경우, 위성의 중계기가 포화되거나 전체 중계기 차원에서 전력손실(운영자원 손실)이 발생하게 되는 특징을 가지고 있다. 이런 영향성에 따라 위성통신에서는 간섭제거를 위하여 통신위성(중계기)에서의 대응을 주로 수행한다. 통신 중계기는 신호처리 방식에 따라 아날로그(transparent 또는 bent-pipe) 통신 중계기와 디지털 통신 중계기로 구분될 수 있다. 즉, 아날로그 통신 중계기는 위성에서 수신되는 상향링크 신호를 단순히 아날로그적으로 증폭/주파수변환 시켜 지상으로 재송신하는 기능을 수행하며, 디지털 통신 중계기는 상향링크 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 여러 가지 형태로 디지털 신호처리 후 지상으로 송신하는 기능을 수행한다. 디지털 통신위성은 또한 신호처리 방식에 따라 재생형(regenerative)과 수동형(digital transparent)으로 나눌 수 있다.

디지털 통신 중계기는 상향링크 잡음의 최소화, 중계기의 비선형특성 최소화, 하향링크시 전력분배 손실

제거, 효율적 위성자원관리, 간섭신호의 제거등 많은 장점이 있다. 재생형 디지털 통신 중계기는 추가로 상향링크 시 발생하는 심볼간/인접채널간 간섭을 하향링크에서 완전 분리시킬 수 있는 장점이 있으나 상향링크 신호를 복조하여야 하므로 위성 발사 이전에 지상 단말과의 변/복조방식을 확정시켜야 하는 부담이 있다. 이에 반해 수동형 디지털 통신 중계기는 변/복조 방식에 무관하게 스위칭 및 부채널간 증폭만 수행하므로 이런 부담은 없다.<sup>[2]</sup>

본 논문에서는 위성통신에서의 간섭신호에 의한 영향을 최소화하기 위해, 수동형 위성 디지털중계기를 이용한 간섭제거 방식 소개 및 실제 구현한 시험 결과를 소개한다.

## II. 기존 위성통신 간섭제거 방식

위성통신에서 간섭신호를 극복하기 위해 사용되는 대표적인 기술들은 위성 수신안테나에서 간섭 신호 탐지 및 제거하는 방식인 널링안테나 방식과 주파수 도약이나 대역확산통신 방식 등이 있다.

널링안테나 방식은 정지궤도를 이용한 통신위성을 통하여 한반도와 같은 좁은 영역(안테나의 빔각도가 거의 차이가 나지 않는)에서 위성통신을 하는 경우 간섭제거성능이 효과적이지 않으며,

주파수 도약이나 대역확산통신 방식은 적극적인 간섭제거기술로 의도적인 재밍 정보신호의 탐지에 뛰어난 성능을 갖는 것으로 알려져 있으나, 대역효율이 나 빠지므로 대용량 일반링크에서는 사용하기 어렵다.<sup>[3]</sup>

이에 본 논문에서는 안테나 커버리지가 대역효율을 떨어뜨리지 않는 간섭제거방식으로, 수동형 디지털 중계기를 이용한 간섭제거방식을 제시한다. 수동형 디지털중계기는 중계신호가 없는 채널의 대역에 간섭신호가 있으면 간섭신호를 차단하고, 중계신호 내에 통신 신호와 함께 있는 간섭신호를 제거하는 중계기를 통해 위성신호처리 부품으로 구현 가능한 복잡도와 성능을 가지는 간섭탐지 및 제거를 수행하는 방안을 제시하고 구현하였다.<sup>[1]</sup>

## III. 제안된 간섭제거방식 및 장점

### 3.1 간섭제거 보유 디지털 채널처리부

간섭신호 제거가 가능한 디지털 통신위성의 디지털 채널처리부는 통신 위성 중계기내에서 중계기 입력신호를 IF대역으로 주파수 하향변환 후 ADC에서 디지털 신호로 변환한다. 변환된 신호는 디지털 신호처리

1) 간선(幹線, Trunk Line) 교환대와 교환대 간에 연결되어 교환대에 가입된 가입자를 상호 연결(통화)시키는 통신 회선

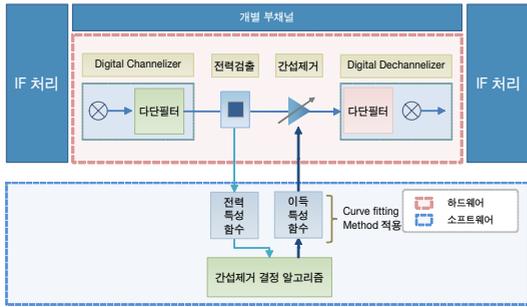


Fig. 2. Digital channel processing block diagram

과정(역다중화, 간섭제거, 스위칭, 부채널 이득제어, 다중화)을 통해 다양한 기능을 수행한 후 DAC를 통해 IF신호로 변환된다, 변환된 IF신호는 다시 하향 중계기 주파수 대역으로 변환 된다.

### 3.2 간섭제거 알고리즘

부채널화된 신호에 적용 가능한 간섭 신호 처리 방법으로는 크게 시간 영역(Time Domain)과 변환 영역(Transform Domain)에서의 처리기법이 있다.<sup>[4]</sup>

시간 영역 간섭 처리 방식은 예측 필터를 통해 간섭 신호를 탐지하고, 이를 수신신호로부터 제거하는 방법이고 간섭 신호 탐지 능력은 예측필터에 적용되는 예측 알고리즘(Estimation Algorithm)에 의해 크게 좌우된다. 변환 영역 간섭 처리 방법은 수신 신호를 FFT(Fast Fourier Transform)를 통해 주파수 영역으로 변환 한후, 간섭신호에 해당되는 주파수 성분을 탐지하고 해당되는 주파수 성분의 전력 크기를 억제하여 간섭 신호를 제거하는 방식이다. 시간영역 처리 기법은 높은 수렴율을 필요로 하는 고속 통신 시스템과 빠른 변화율로 삽입되는 간섭신호에 대응하기위해 시스템 연산량 및 통신시스템의 강건성 측면에서 많은 어려움을 가지고 있다. 반면에 변환 영역 처리 기법은 FFT와 IFFT의 비교적 간단한 구조를 가지고 있어 적용적으로 간섭신호를 제거하기에 장점이 있으며, 또한 복잡도가 낮고 높은 신뢰도를 요구하는 위성 중계기에서의 기능으로 변환 영역 처리기법에 기반한 간섭 제거방식을 구현하였다.

### 3.3 간섭인지 및 제거방식

디지털 중계기는 서브채널 신호를 수십~수백 KHz 단위의 주파수 영역 신호들로 변환 후 해당 주파수 구간의 전력검출이 가능하게 설계 구현되었다. 이를 통해, 평균 서브채널전력에 기반한 임계값보다 클 경우, Null값 등을 인가함으로써 간섭신호를 제거한다. 이를 실시간으로 동작시켜 순차적으로 발생하는 간섭신

호나, 여러 주파수 영역에서 Random하게 발생하는 간섭신호 발생 시에도 해당 주파수 영역의 전력을 실시간적으로 감시하여 Nulling 시킴으로서, 간섭제거를 수행하도록 하였다.

간섭유무의 판단 기본원리는 간섭제거 임계값을 설정함으로써 결정되는데, 여기서 간섭제거 임계값은 중계기에 허용된 광대역 주파수 대역폭에 할당된 총전력을 기준으로, 지상 운용국에서 TeleCommand 로 설정하는 개념이다.

설정된 임계값은 중계기에서 허용된 대역폭과 실제 입력되는 신호의 대역폭이 상이하게 운용 될 수도 있으므로, 허용된 총전력을 입력된 신호의 대역폭에 따른 평균전력으로 가변적으로 변환한다. 입력된 신호의 대역폭 검출은 Noise Level이상이므로 연속적으로 검출되는 전력으로 판단하며, 대역폭에 따른 간섭제거임계값은 Spectrum Analysis상에 보이는 Display Line(Threshold Line)으로 신호의 총전력이 아닌 평균 전력레벨을 의미한다.

### 3.4 운영절차

중계기에 허용된 광대역 주파수 대역폭에 할당된 전력을 가지고, 간섭제거 임계값을 지상 운용국에서 TeleCommand로 설정을 하게 되면, 여기서 설정하는 간섭제거 임계값은 허용된 광대역 주파수 대역폭에 대한 총 에너지전력을 기준으로 약 2~3dB 높게 설정하여 운용되는 경우가 일반적인 경우일 것이다. 예를 들어 망계획에 따라 중계기에 허용된 광대역 주파수 1MHz 대역폭과 -38dBm이라는 총 전력을 할당하고 -38dBm의 전력을 기준으로 3dB 높은 -35dBm이라는 간섭제거 임계값을 결정한다. 그림 3과 같이 중계기에서는 1MHz에 해당되는 주파수가 대역이 허용되고, 간섭레벨을 결정하게 된다.

서브채널 신호는 100KHz단위의 주파수 영역으로 변환하여 전력검출이 된다고 가정할 경우 아래 그림 3과 같이 구성된다.

-35dBm은 총전력을 기준으로 결정된 값이고, 대역

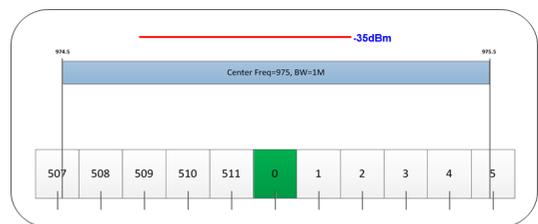


Fig. 3. Frequency assignment of Digital Transponder and Interference rejection threshold value configuration

폭에 따른 간섭평균임계값은 Spectrum Analysis상에 보이는 Display Line으로 신호의 총전력이 아닌 평균 전력레벨을 의미므로, 서브채널 1MHz신호의 평균전력으로 환산하면, 표 1에서 보는바와 같이 우측의 SubCh dBm -35dBm은 총전력으로 절대값인 0.00031623mWatt로 변환되고, 100KHz단위의 주파수 영역으로 분할하면 0.00003162mWatt로 변환되어 100KHz단위에서의 전력으로 변환하면 -45dBm으로 변환되어 간섭제거 임계값은 아래 Table 1의 평균 dBm -45dBm으로 변환된다.

Table 1. Interference Threshold by 1M BW Power Detection

부채널 전력 계산 수식				
Linear	BIN dBm	BIN mWatt	SubCh mWatt (BIN 전력의 합)	SubCh dBm
1	-45	0.00003162	0.00031623	-35.0000
2	-45	0.00003162		
3	-45	0.00003162		
4	-45	0.00003162		
5	-45	0.00003162		
6	-45	0.00003162		
7	-45	0.00003162		
8	-45	0.00003162		
9	-45	0.00003162		
10	-45	0.00003162		

평균mWatt	평균 dBm
0.00003162	-45.0000

dBm, mW 변환수식은 다음과 같다.

$$dBm = 10 \log(mW) = 10 \log(W) + 30$$

$$mW = 10^{dBm/10}$$

여기에서 간섭제거임계값 -45dBm은 1MHz의 입력신호가 들어올 때 결정된 임계값이며, 중계기에 허용된 대역폭과 실제 입력되는 신호의 대역폭은 상이하게 운용 될 수 있으므로, 중계기에 실제 입력된 신호의 대역폭을 실시간 검출하여 대역폭에 따른 간섭제거평균레벨을 환산하여야 한다.

위성 통신 중계기에 입력된 신호의 대역폭은 Noise Level이상 연속적으로 검출된 전력으로 판단하도록 설계/구현되었고, 이런 알고리즘에 따라 1MHz의 대역폭과 총전력 -38dBm 가입자 변조신호 입력시 디지털중계기에서는 입력되는 신호의 대역폭을 검출하여, 총전력을 디지털중계기에서 처리하는 100KHz 단위의 주파수 평균전력으로 산출한다.

디지털 중계기에 입력되는 1MHz의 대역폭과 총전력 -38dBm 가입자 변조신호 신호의 평균전력분포는 아래 Table 2와 같이 환산되며, 평균전력이 환산되는 방식은 Table 1과 동일하다. 즉 1MHz, 대역폭에

-38dBm의 총전력을 갖는 신호는 100KHz의 Resolution을 갖는 디지털 중계기에서는 100KHz단위에서 -48dBm으로 나타나게 된다.

Table 2. Power Distribution of 1M BW input signal

부채널 전력 계산 수식				
Linear	BIN dBm	BIN mWatt	SubCh mWatt (BIN 전력의 합)	SubCh dBm
1	-48	0.00001585	0.00015849	-38.0000
2	-48	0.00001585		
3	-48	0.00001585		
4	-48	0.00001585		
5	-48	0.00001585		
6	-48	0.00001585		
7	-48	0.00001585		
8	-48	0.00001585		
9	-48	0.00001585		
10	-48	0.00001585		

평균mWatt	평균 dBm
0.00001585	-48.0000

결과적으로 총전력을 평균전력으로 환산한 중계기에 입력된 신호의 간섭제거임계값 연산결과와 디지털 중계기에 실제 입력된 전력의 분포는 아래 그림 4와 같다

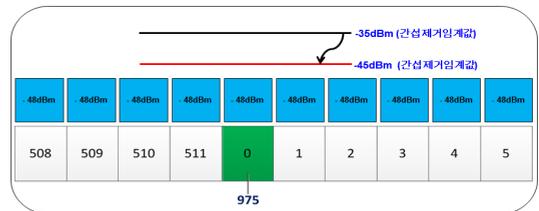


Fig 4. Rejection Level by BW and Input energy distribution

실제 스펙트럼상에 전력분포 및 간섭제거임계값은 아래 그림 5와 같다.

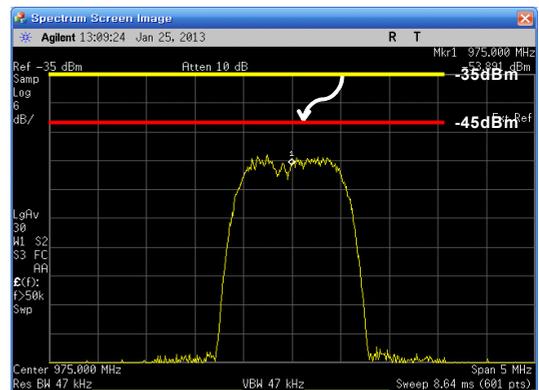


Fig. 5. power distribution of 1M Carrier input to transponder the actual and to determine the interference rejection level

이때 간섭신호인 -45dBm인 CW를 가입자 서비스 주파수 영역에 겹쳐서 중계기에 입력시, 가입자 신호와 간섭신호가 겹쳐진 100KHz 단위로 구분된 주파수 영역에서는 -48dBm + -45dBm으로 -43dBm의 전력이 검출되어, 해당 100KHz의 주파수영역은 널링이 되어, 간섭제거가 수행된다.

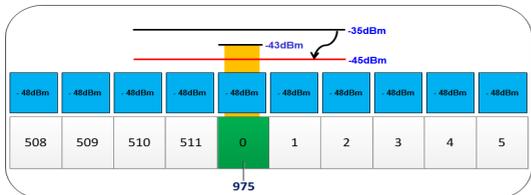


Fig 6. when interference signal occur, power distribution



Fig 7. Power distribution In Spectrum Image of Interference Rejection operation before/after

### 3.5 전력검출 모듈 하드웨어설계

채널 신호처리 흐름 및 구조는 아래 그림 8과 같다. 입력된 신호는 수십~수백KHz로 분할된 주파수 영역에서 nulling FPGA Logic을 거친 후 아래 그림 9와 같이 처리된다.

중계기에서 처리하는 수십~수백MHz에 대한 전체 신호처리 및 전력검출 구조는 아래 그림 10과 같다.

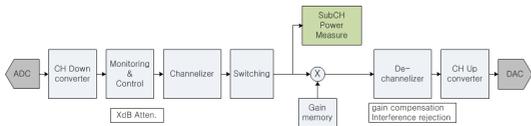


Fig. 8. Structure of digital transponder channel signal processing

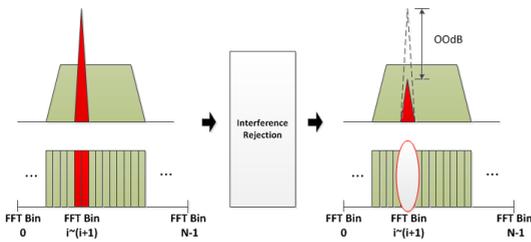


Fig 9. nulling Logic Signal processing

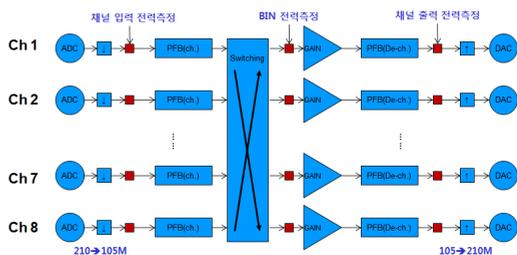
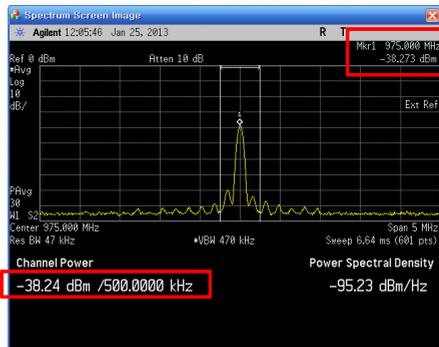


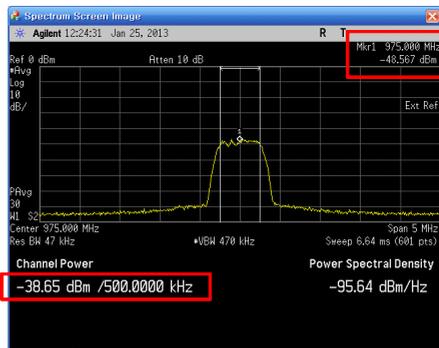
Fig. 10. power detection and signal processing structure of digital Transponder

### 3.6 제안된 방식의 기대효과

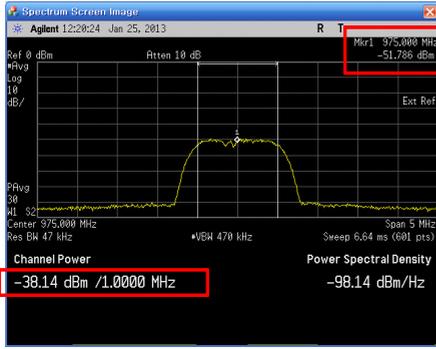
제시된 간섭제거기능의 기대효과는 아래 그림 11과 절대적인 간섭제거 임계값 설정시 입력되는 신호의 대역폭에 따라 간섭제거 여부가 가변되는 문제를 해결 하였다는 것이다. 즉 그림 11에서 보는 바와 같이 동일한 총 전력 Channel Power는 -38dBm을 가지고 있으나, 대역폭에 따라 평균전력이 Single Tone은 -38.273dBm, 0.5MHz는 -48.567dBm, 1MHz는 -51.786dBm 2MHz는 -54.452dBm으로 서로 상이하여, 절대적인 간섭제거 임계값 설정 시 간섭제거 여부가 가변되는 문제를 해결하였다.



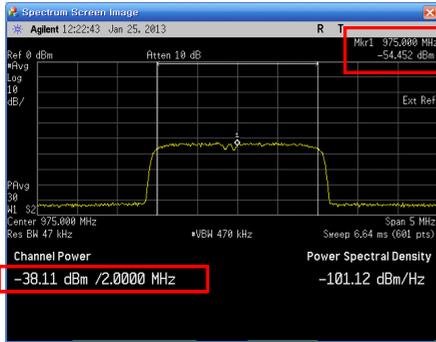
Single tone case -27.4dBm 출력 (Cable Loss 3dB)



0.5MHz case



1MHz case



2MHz case

Fig. 11. Have the same energy, the signal levels of different bandwidths

두 번째로 허용된 광대역 주파수대역에 대해 할당된 총전력만으로 간섭제거 임계값을 결정하기 어려운 문제를 입력되는 신호의 대역폭에 따라 간섭제거임계값을 실시간 가변 결정하여 임계값을 결정하기 어려운 문제를 해결하였다

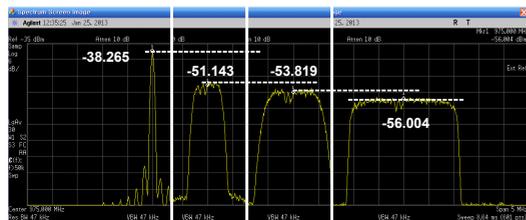


Fig. 12. Interference level is varied according to the BW of the signal input

세 번째로 다양한 운용 상황에서 대처가 가능하다는 것이다. 중계기에 할당된 대역폭과 다른 대역폭을 갖는 가입자 신호가 운용될 경우나, 중계기에 할당된 대역폭에 서로 다른 대역폭의 가입자 신호가 운용될 경우 등 특수한 운용상황에서도 정상운용이 가능하다

는 것이다.

중계기에 허용된 대역폭과 다른 대역폭을 갖는 가입자 신호가 운용될 경우 가령 운용국에서 망계획에 따라 중계기에 2MHz 대역폭과 -30dBm 총전력과 -27dBm 간섭제거임계값을 중계기 할당된 경우, 1M 대역폭의 총전력 -30dBm를 갖는 위성링크 정상가입자 신호에 0.3MHz 대역폭을 갖는 총 전력 -30dBm인 간섭신호가 중계기에 인입된 경우

2MHz -27dBm의 간섭제거임계값은 1MHz -37dBm의 간섭제거 임계값으로 환산되어, 그림 13과 같이 0.3MHz대역을 널링 수행하게 된다.

중계기에 허용된 대역폭에 서로 다른 대역폭의 가입자 신호가 운용될 경우 운용국에서 망계획에 따라 중계기에 2MHz 대역폭과 -30dBm 총전력과 -27dBm 간섭제거임계값 중계기 할당된 경우, 중계기에 2개의 가입자신호 입력시 N.L(Noise Level, 디지털중계기의 경우 -70.42dBm)이상 연속적으로 검출되는 신호에 대해 하나의 가입자 신호로 검출하고, 연속되지 않은 신호검출의 연속을 서로 다른 가입자 신호로 식별하여 서로 다른 간섭제거임계값을 적용하여 아래 그림 14와 같이 운용되게 된다.

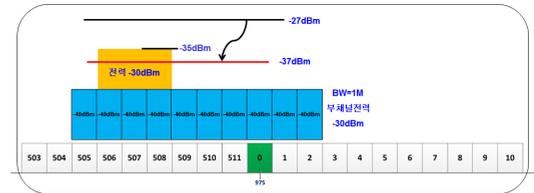


Fig 13. Operation of the interference rejection function of the user signals operation with the bandwidth and other bandwidth assigned to the digital transponder

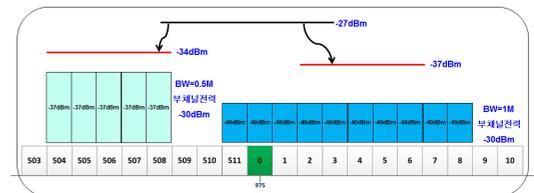


Fig. 14. Behavior of interference removal function of sub-channel signals during operation of two or more

#### IV. 성능평가 결과

세부 시험구성도에서 가입자신호를 생성을 위해 FIREBERD 6000A와 신호 변조를 위한 모뎀을 사용하였다. FIREBERD와 모뎀은 EGSE(Electronic

Ground Support Equipment, 전자 지상 지원 장비)의 계측기중 일부로 구성된다. 간섭신호 및 불법신호의 모의를 위하여 Signal Generator와 MXG가 사용되며, Combiner를 통해 디지털중계기로 입력 되게 된다.

위성 디지털중계기의 출력신호는 위성모뎀으로 입력되어 BER(Bit Error Rate)로 성능이 측정되며, Divider를 통해 Spectrum으로 신호에 대한 Monitoring을 수행한다. 세부 시험 구성도 및 실제 장비 형상은 그림 15, 16과 같다.

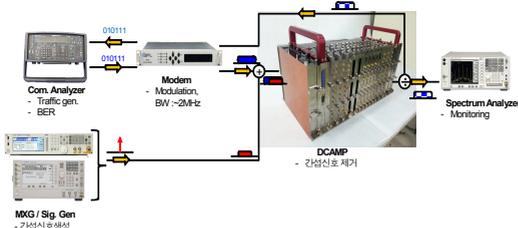


Fig. 15. Test Configuration

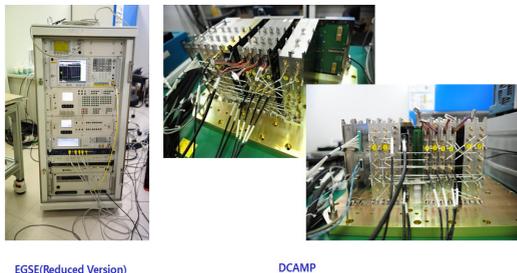


Fig. 16. The actual equipment configuration

시험에 사용된 설정파라미터는 다음과 같다.

표 3. Setting Parameters

Setting Item	Setting value	Remark
Sub-ch bandwidth	1 MHz	
Interference Rejection	Auto	
Threshold	-35dBm	
Input signal frequency/band width	975MHz / 1MHz	MXG Signal Generator
Input signal level	-38dBm (Channel power)	MXG Signal Generator
Interference signal	975MHz CW	Signal Generator
Interference signal level	-45dBm	Signal Generator

간섭신호 제거 전/후의 결과는 다음과 같다.

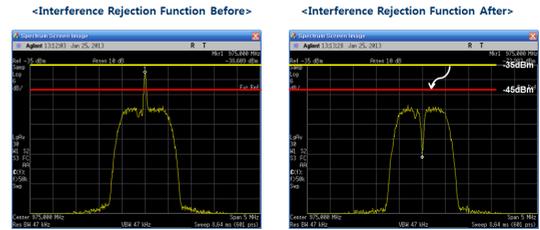


Fig. 17. Nulling Result of Interference Rejection before/after

간섭신호의 실시간성을 확인하기위하여 설정파라미터중 Sig Gen-의 Parameter를 Sweep 모드로 Time Interval 100msec 변경한 시험결과는 다음과 같다.

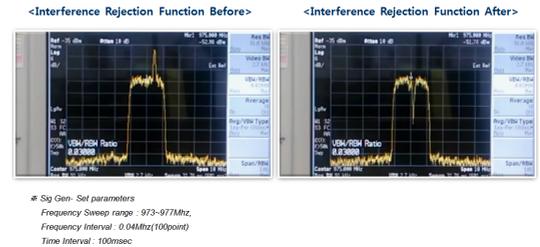


Fig. 18. Interference Rejection Test Result at Sweep

## V. 결 론

본 연구에 구현하여 적용 시험한 디지털중계기를 이용한 신호의 대역폭에 따라 간섭제거임계값이 실시간 가변 처리되는 간섭제거방식은 위성신호처리 부품으로 구현 가능한 복잡도와 성능을 갖추면서, 비교적 간단한 구조를 가지고 있어 적응적으로 간섭신호를 제거하기에 장점이지고 있다. 또한 제시된 간섭제거기능은 대역효율이 좋은 대용량 일반링크의 간섭제거방식으로 사용 적합하며, 위성통신 중계기에 적용시 다음과 같은 기대효과를 기대 해 볼 수 있다.

첫째, 간섭신호 제거를 통한 중계기 포화로 인한 전력 손실 방지 및 중계기 생존성 향상이 가능하다.

둘째, 지속적으로 확인되지 않는 산발적/순간적으로 발생하는 불법신호에 대해서도 순간적/자동적으로 해당 주파수 영역만 제거하여 중계기 차원에서의 불법신호 대응이 가능하다.

셋째, 간섭신호/불법신호에 대한 중계기 차원에서의 대응이 가능하다는 것이다.

본 연구의 시험결과가 위성통신에서의 간섭제거기

능에 대한 보다 나은 기능 개선 및 위성통신분야의 발전에 도움이 될 수 있는 정보를 제공할 수 있을 것을 기대한다.

### References

- [1] K. H. Lee, "Digital communication transponder technology," *J. KICS*, vol. 26, no. 6, pp. 37-44, Nov. 2009.
- [2] H. G. Gockler and B. Felbecker, "Digital onboard FDM demultiplexing without restrictions on channel allocation and bandwidth," *7th Int'l Workshop on Digital Sign. Processing Tech. for Space Commun.*, Oct. 2001.
- [3] K. K. Kim, "Military satellite communications payload anti-jamming technology" *IEEK Mag.*, vol. 35, 10, pp. 1202-1211, 1975-2377, Oct. 2008.
- [4] L. B. Milstein, "Interference rejection techniques in spread spectrum communications," in *Proc. IEEE*, vol. 76, pp. 657-671, Jan. 1988.
- [5] K. K. Kim, "A slow frequency hopping transmission method using carrier superpositioning and frequency diversity for the satellite datalink," *J. KICS*, vol. 36, no. 11, pp. 10-16, Nov. 2011.
- [6] K. K. Kim, "Satellite data link waveform and transponder structure for anti-jamming," *J. KICS*, vol. 36, no. 12, pp. 1728-1735, Dec. 2011
- [7] J.-H. Kim, "A study on advanced satellite uplink rain attenuation compensation using digital transponder of next military satellite," *J. KICS*, vol. 35, no. 11, pp. 1696-1703, Nov. 2010.
- [8] D. I. Lee, "Digital communications satellite transponder technology," *Information & communications Mag. (KICS)*, vol. 26, no. 6, pp. 37-44, Jun. 2009.

### 이 창 영 (Chang-Young Lee)



2002년 2월 : 서울시립대학교 전산통계학과  
2002년 3월~현재 삼성탈레스 <관심분야> 위성통신, 위성중계기, 통신공학

### 전 제 현 (Je-hyun Jun)



1990년 2월 : 인하대학교 전자계산학과  
1990년 2월~현재 : 삼성탈레스 <관심분야> 위성통신, 전술통신 네트워크

### 이 수 현 (Sue-hyun Lee)



1995년 7월 : 포항공과대학교 전기전자 공학과  
1996년 1월~2001년 6월 : 현대전자 위성사업단  
2001년 7월~2002년 3월 : 스페이스브로드밴드  
2002년 4월~현재 : 삼성탈레스 <관심분야> 위성통신, 위성중계기

### 서 학 금 (Hak-Geum Seo)



1989년 2월 : 강원대학교 전기공학 학과 졸업  
1992년 2월 : 강원대학교 전기공학 학과 석사 졸업  
1989년~현재 : 국방과학연구소 <관심분야> 위성통신, 이동통신, 신호처리

고 현 석 (Hyun-Suk Ko)



1998년 2월: 고려대학교 전기  
공학과 학사  
2000년 2월: 고려대학교 전기  
공학과 석사  
2000년 3월~현재: 국방과학연  
구소  
<관심분야> 위성통신 위성중계기

한 주 희 (Joo-Hee Han)



2001년 2월: 충남대학교 컴퓨  
터학과 석사  
2002년 1월~현재: 국방과학연  
구소  
<관심분야> 위성통신, 위성중  
계기