

# 휴대형 이동위성방송 서비스를 위한 효율적인 협동 다이버시티 기법

종신회원 김수영\*, 정회원 김희욱\*\*, 준회원 박운희\*, 정회원 안도섭\*\*

## An Efficient Cooperative Diversity Scheme for Mobile Satellite Broadcasting Services

Sooyoung Kim\* *Lifelong Member*, Hee Wook Kim\*\* *Regular Member*,  
Unhee Park\* *Associate Member*, Do Seob Ahn\*\* *Regular Member*

### 요약

본 논문에서는 이동 멀티미디어 방송 서비스를 위한 효율적인 협동 다이버시티 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안된 방식은 시간에 따라 변화하는 이동위성 채널에 적절하게 대처할 수 있는 전송 다이버시티 기법으로써, 채널 적응에 필요한 채널 품질 정보를 역방향 채널로부터 받을 필요가 없는 기법이다. 제안된 방식은 도심 지역의 음영 문제를 해소하기 위하여 여러 개의 지상 중계기가 설치되어 있는 시스템에서 시공간 블록 부호(Space-Time Block Coding ;STBC)와 더불어 오류정정부호를 동시에 활용하여 협동 다이버시티를 구현할 수 있도록 하는 방식이다. 즉, 위성과 지상 중계기는 서로 협동하여 적절히 시공간 및 채널 부호화된 신호를 전송하고 단말기에서 다이버시티 이득을 얻을 수 있도록 하는 방식이다. 본 논문에서 제시된 시뮬레이션 결과를 통하여 제안된 방식을 통하여 상당한 성능개선을 이룰 수 있음을 확인할 수 있다.

Key Words : mobile satellite; satellite broadcasting; cooperative diversity; turbo codes; transmit diversity; space-time block coding(STBC)

### ABSTRACT

In this paper, we propose an efficient cooperative diversity scheme for mobile satellite multimedia broadcasting services. The proposed scheme is a transmit diversity technique to adapt time varying channel conditions, and we do not need any channel quality information from the return link. In the proposed scheme, we utilize space-time block coding (STBC) and rate compatible turbo codes in order to realize the transmit diversity for the mobile satellite system with several repeaters. The satellite and several repeaters operate in unison to send the encoded signals, so that the receiver may realize diversity gain. The simulation results demonstrate that the proposed scheme can provide highly improved performance.

### I. 서론

차세대 이동통신서비스에서는 양방향 트래픽의 비균일성이 더욱 더 커질 것으로 기대되며, 특히 멀

티미디어 방송 및 멀티 캐스트 서비스(Multimedia Broadcast and Multicast Service ; MBMS) 등과 같이 단방향 서비스의 두각이 더 크게 드러날 것으로 기대된다. 이러한 관점에서 볼 때, MBMS 제공

※ 본 연구의 일부 결과는 정보통신연구진흥원 IT원천기술개발사업의 일환으로 수행되었음. [2008-F-010-01,IMT-Advanced 위성접속기술 개발]

\* 전북대학교 전자정보공학부 디지털통신시스템 연구실 (sookim@chonbuk.ac.kr), \*\*한국전자통신연구원 위성휴대전송연구팀  
논문번호 : KICS2008-10-467, 접수일자 : 2008년 10월 21일, 최종 게재 논문통보일자 : 2009년 2월 6일

에 효율적인 통신 수단과 성능을 개선시킬 수 있는 기술의 개발은 경제적인 서비스 제공의 관점에서도 매우 중요하다고 할 수 있다.

위성 시스템은 서비스 커버리지의 광역성과 광대역 통신의 우수성 등의 특징으로 인하여 MBMS 제공에 가장 효율적인 수단 중의 하나이다. 또한, 위성 시스템을 이용한 서비스 제공이 어려운 도심 지역 등에서는 지상 중계기 또는 지상 시스템과의 협력을 이용한 하이브리드 또는 통합 (integrated) 위성 망에 대한 관심이 전세계적으로 높아지고 있다. 특히, 우리나라에서는 이미 휴대형 단말을 이용한 디지털 위성방송 (satellite digital multimedia broadcasting ; S-DMB) 서비스가 제공되고 있는데<sup>[1]</sup>, 이 또한 위성 시스템과 지상 중계기와의 협력을 이용한 통합 위성 망의 한 예라고 할 수 있다.

이러한 통합 망에서는 위성 및 지상 망에서의 각 기술에 대한 최대 장점을 접목하여 높은 질의 MBMS를 제공할 수 있다. 이러한 맥락에서 MBMS의 단방향성 특성에 적합한 성능 향상 기법의 하나로써 전송 다이버시티 기법에 대한 연구가 진행되어 왔다. 특히, 시공간 부호(space-time coding ; STC)를 위성 지상 통합 망에 적용하여, 협동적인 방법으로 사용자 단말기에서 다이버시티 이득을 얻고자 하는 여러 가지 방법들이 제안되어 왔다<sup>[2][3]</sup>. 이러한 기술들은 송신 다이버시티 기술이기 때문에 역방향 링크로부터의 채널 품질 정보(channel quality information ; CQI) 없이도 채널의 상태에 적절히 대응할 수 있다는 장점이 있다.

참고문헌 [2]에서는 지상 중계기에서 위성으로부터 수신되는 신호에 적절한 STC 방식을 가미하여 여러 개의 신호 수신이 가능한 단말기에서 다이버시티 이득을 취할 수 있도록 하는 방식을 제안하였다. 즉, 이 방법은 Alamouti의 2×1 안테나 시스템에서 사용되는 STC 부호화 방식을 활용하여 서로 다른 2개의 중계기에서 서로 다른 STC 부호를 송신함으로써<sup>[4]</sup>, 단말기 입장에서는 서로 다른 2개의 안테나에서 STC 부호화된 신호를 수신받은 것과 같은 다이버시티 이득 효과를 누릴 수 있도록 하는 방식이었다.

이러한 방식을 확장하여 참고 문헌 [3]에서는, 단말기가 위성과 지상의 서로 다른 두 중계기에서 신호를 수신할 경우 최대의 다이버시티 이득을 얻을 수 있도록, 3×1 안테나 시스템에서 사용할 수 있는 효율적인 STC 부호화 방식을 제안한 바 있다. 이 방식은 참고 문헌 [2]에서 제안된 방식에 비해 추가적인 다이버시티 이득을 얻을 수 있다는 장점이 있

다. 반면에, 참고문헌 [2]에서 제안된 방식은 위성으로부터 수신되는 신호는 특별히 STC 부호화가 필요 없지만, 참고 문헌 [3]에서의 방식은 위성으로 송신 및 수신되는 신호도 STC 부호화 과정이 별도로 필요하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 맥락에서 위성-지상 통합 망에서의 성능 개선 기법으로써 전송 다이버시티 기법 중 기존의 STC 뿐만 아니라 오류정정부호를 결합하여 추가적인 다이버시티 이득을 얻을 수 있도록 하는 방법을 제안한다. 제안한 방식에서의 오류정정부호 기법으로는 부호화율 호환 가능 (rate compatible; RC) 터보부호를 사용한다. 이렇게 되면, 사용자 단말기에서는 서로 다른 STC 부호를 사용한 지상 중계기들로부터 수신된 신호들을 이용하여 다이버시티 이득을 얻고, 서로 다른 패리티 정보를 포함하고 있는 위성과 지상 중계기들의 신호를 결합하여 추가적인 다이버시티 이득을 얻을 수 있게 된다.

본 서론에 이어, II장에서는 제안된 방식을 적용할 수 있는 시스템 모델에 대해 간단히 설명하고, 이러한 시스템에서 제안된 전송 다이버시티 기법이 적용되는 개념을 설명한다. III 장에서는 보다 구체적인 예를 이용하여 제안된 방법을 상세히 설명하며, IV 장에서는 제안된 방식의 성능 시뮬레이션 결과를 기존의 방식들과 비교하여 제시한다. 마지막으로 V장에서는 결론을 맺기로 한다.

## II. 위성-지상 통합망에서의 협동 다이버시티

### 2.1. 시스템 모델

그림 1은 본 논문에서 제안하는 협동 다이버시티 기법이 적용되는 위성-지상 통합 망의 구조를 나타낸 것이다. 그림 1의 위성-지상 통합망은 정지궤도에 위치하고 있는 멀티 빔 위성과 지상 중계기를 갖추고 있는 여러 개의 지상 셀로 구성되어 있다. 또, 단말기는 서로 다른 2개의 주파수 대역을 통하여 전송된 신호를 수신하는데, 위성에서 단말기로의 신호 전송은  $f_1$  주파수 대역을 통하여 이루어지고, 지상 중계기들로부터 단말기로의 신호 전송은  $f_2$  주파수 대역을 통하여 이루어진다고 가정한다.

이러한 그림 1의 시스템 구조를 가지고 STC 및 오류정정부호를 결합한 전송 다이버시티 이득 추구가 가능하다. 이를 위해서, 지상 중계기는 현재 제공되고 있는 S-DMB 시스템에서와 같은 단순한 증폭기의 역할만 하는 것이 아니라, STC 부호 및 오류정정 부호화 기능을 수행할 수 있어야 한다. 또

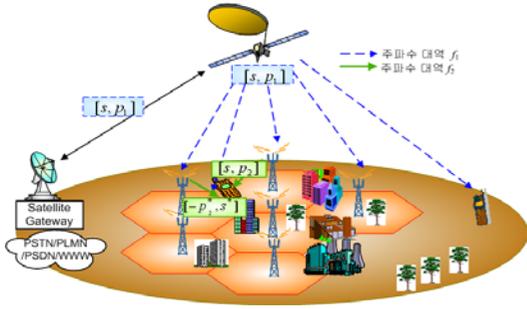


그림 1. 위성-지상 통합망 구조  
Fig 1. Architecture of satellite-terrestrial integrated network

한, 사용자 단말기에는 STC 복호 기능이 탑재되어 있어야 한다. 따라서 이러한 시스템 구조 및 제안된 방식은 차세대 위성 DMB 서비스에 대한 효과적인 성능 개선 기법이 될 수 있다.

2.2. 전송 협력 다이버시티 기법

먼저, 위성 게이트웨이에서는 시스터메틱 정보와 천공 가능한 패리티 정보들로 구성된 RC 터보부호를 생성한다. 예를 들어 터보부호를 이용하여 생성된 모부호가  $[s, p_1, p_2]$ 로 구성되어 있고,  $s$ 가 시스터메틱 정보,  $p_1$  및  $p_2$ 는 서로 개별적으로 천공 가능한 패리티 정보라고 가정하자. 그러면, 위성 게이트웨이에서는 모부호  $[s, p_1, p_2]$  중  $p_2$ 를 천공하여  $[s, p_1]$ 로 구성된 오류정정 부호를 위성으로 송신하고 위성은 이 신호를 지상의 단말기 및 각 지상 중계기로 중계한다.

지상 중계기에서는  $[s, p_1]$ 을 이용하여 게이트웨이에서 천공되었던  $p_2$  패리티 정보를 생성한 후  $[s, p_2]$ 에 대한 STC 부호화를 수행하여 이를 단말기로 송신한다. 이 때 각 지상 중계기들은 서로 다른 STC 부호를 생성해 냈으므로, 단말기에서 한 개 이상의 지상 중계기로부터 신호를 수신하였을 경우 STC 복호를 통한 다이버시티 이득을 얻을 수 있도록 한다.

반면, 사용자 단말기에서는 사용자가 처한 채널 상태에 따라서 여러 가지 조합의 신호들을 수신할 수 있게 된다. 모든 가능한 신호들에 대한 수신이 가능하다고 가정하면, 먼저  $f_1$  주파수 대역을 통하여 수신되는 지상 중계기들로부터 오는 신호들을 결합하여 STC 이득을 얻는다. 그 다음에는  $f_1$  주파수 대역에서 수신된 신호와  $f_2$  주파수 대역을 통하여 수신되는 신호에 포함되어 있는 패리티들을 결합하여 추가적인 부호화 이득을 얻는 것이다. 다음 장에서는 구체적인 예를 이용하여 제안된 방식에 대한 보다 상세한 동작 원리를 살펴보기로 한다.

III. 제안된 협동 다이버시티 방식

그림 2는 위 그림 1의 위성-지상 통합망에 제안된 협동 다이버시티 기법이 적용되는 원리를 도식화하여 나타낸 것이다. 즉, 위성 및 서로 다른 두 개의 중계기를 각각 하나의 안테나로 간주하여 나타내었다. 서로 다른 두 개의 중계기를 나타낸 것은 사용자 단말에서 수신 가능한 대표적인 두 개의 중계기를 나타낸 것으로서, 제안된 방식은 보다 많은 중계기로부터 수신되는 신호를 활용하여 다이버시티 이득을 추가할 수 있다.

또한, 본 예제에서는 STC 방식으로써, Alamouti 방식을 사용하고, 오류정정부호화 방식으로써는 모부호가  $[s, p_1, p_2]$ 로 구성되어 있고 이를  $[s, p_1]$  또는  $[s, p_2]$ 로 구성할 수 있는 RC 부호를 가정하였다. 또한 위 오류정정부호에서  $s, p_1$  및  $p_2$ 는 서로 동일한 길이로 구성되어 있다고 가정한다. 즉, 이 경우 모부호  $[s, p_1, p_2]$ 의 부호화율은  $1/3$ 이 되며, 개별적인 RC 부호  $[s, p_1]$  또는  $[s, p_2]$ 의 부호화율은  $1/2$ 가 된다.

이제 위 그림 1의 망 구성도와 그림 2의 동작원리 개념도를 이용하여 상세한 동작 원리를 살펴보기로 하자. 먼저, 위성 게이트웨이에서는 전체 모부호  $[s, p_1, p_2]$  중  $p_2$ 를 천공하여  $[s, p_1]$ 로 구성된 오류정정 부호를 위성으로 송신하고 위성은 이 신호를 지상의 단말기 및 각 지상 중계기로 중계한다. 일반적으로 위성에서 지상 중계기로의 채널은 오류가 거의 없는(quasi-error free) 채널로 간주된다.  $[s, p_1]$ 을 수신한 각 지상 중계기는 먼저 수신된 시스터메틱 정보  $s$ 를 이용하여 모부호 중 위성으로부터 전달되지 않은 나머지 패리티 정보  $p_2$ 를 생성한다.

이제 각 지상 중계기에서는  $[s, p_2]$ 를 이용하여 서로 다른 STC 부호를 생성하여 전송하는데, 지상 중계기  $R_2^1$ 에서는 STC 부호  $[-p_2^*, s^*]$ 를 전송하고,

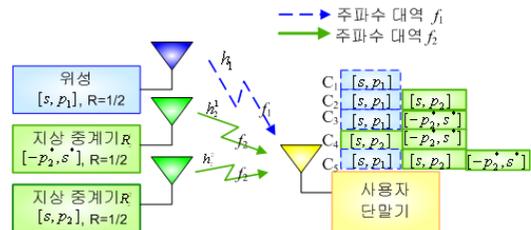


그림 2. 위성-지상간 네트워크에 STC를 적용한 모델  
Fig 2. System model applying STC in a satellite-terrestrial network

표 1. 사용자 단말에서 수신되는 신호 조합의 종류  
Table 1. Possible signal combinations at a user terminal

경우	신호 수신 경로 및 종류			STC 이득	부호화율
	위성	$R_2^2$	$R_1^1$		
C1	$[s, p_1]$	-	-	없음	1/2
C2	$[s, p_1]$	$[s, p_2]$	-	없음	1/3
C3	$[s, p_1]$	-	$[-p_2^*, s^*]$	없음	1/3
C4	-	$[s, p_2]$	$[-p_2^*, s^*]$	있음	1/2
C5	$[s, p_1]$	$[s, p_2]$	$[-p_2^*, s^*]$	있음	1/3

지상 중계기  $R_2^2$ 에서는 STC 부호  $[s, p_2]$ 를 전송한다. 여기서 중계기  $R_1^1$ 과  $R_2^2$ 는 지상에 존재하는 중계 장치들의 각각 1/2을 의미하고 각 중계기들은 위성에서 두 신호  $[s, p_1]$ 을 전송하는 동일한 2T의 시간 동안  $[-p_2^*, s^*]$  또는  $[s, p_2]$ 로 이루어진 신호를 선택하여 직렬로 전송한다. 이 방식은  $[s, p_2]$ 에 대한 직교 STC 방식으로써, 너무나도 잘 알려져 있는 Alamouti 방식이다<sup>41</sup>.

단, 각 중계기들에서 전송하는 STC 부호를 선택하는 방법에 따라 단말기에서 얻을 수 있는 다이버시티 이득은 전체 시스템 레벨의 성능면에서 달라질 수 있다. 다이버시티 이득을 최대로 얻기 위해 최적의 STC 부호를 선택하는 능동적인 알고리즘을 사용할 수 있으며, 이는 전체 시스템 레벨에서의 관리 및 운용이 필요할 것이므로 이로 인한 충분한 복잡도의 증가를 감수해야 할 것이다. 그러나, 보다 일반적이고 간단한 방법으로는 각 중계기에서 랜덤하게 부호를 선택하는 방법을 취할 수 있으며, 여기서 임의로 선택된 부호 중  $[-p_2^*, s^*]$ 를 전송하게 되는 중계기를 대표적으로  $R_1^1$ 로 표기하고,  $[s, p_2]$ 를 전송하게 되는 중계기를 대표적으로  $R_2^2$ 로 표기한 것이다.

이러한 방식으로 신호를 전송하게 되면, 그림 2에 나타나 있는 바와 같이 위성과 각 지상 중계기에서는 부호화율이 1/2인 오류정정부호를 전송하는 것과 같게 된다. 그러나, 사용자 단말기에서는 위성과 사용자 단말기에서 오는 서로 다른 패리티 정보들을 결합하면, 부호화율이 1/3인 수신 신호를 생성해 낼 수 있고, 이를 복호함으로써 추가적인 부호화 이득을 얻을 수 있게 된다. 또한, 위성 및 지상 중계기에서는 동일한 모부호에서 생성된 신호를 서로 다른 천공 패턴을 이용하여 생성된 RC 부호를 전송하는 것이므로 어떠한 신호가 수신되는 경우에도

동일한 복호기를 사용하여 복호가 가능하다.

이 때, 사용자 단말기에서는 사용자가 처해 있는 채널 환경에 따라 그림 2에 나타나 있는 바와 같이 여러 가지 조합의 신호들을 수신하게 될 것이다. 아래 표 1은 이를 보다 구체적으로 나타낸 것이다. 먼저 첫 번째는 사용자 단말기가 시골 외곽 지역 등에 위치해 있어서 위성으로부터의 직접 신호만 수신 가능한 경우로써, 그림 2와 표 1에 C1으로 표기되어 있다. 이 경우 사용자 단말기에서는 부호화율 1/2의 오류정정부호에 대한 복호를 수행하여 정보를 복원하게 된다.

그 다음은 사용자 단말이 도심 외곽과 같은 지역에 위치하여 위성으로부터 신호를 직접 수신하는 동시에 지상 중계기로부터의 신호도 수신이 가능한 경우이다. 즉 지상 중계기  $R_1^1$  또는  $R_2^2$ 로부터  $[-p_2^*, s^*]$  또는  $[s, p_2]$ 도 수신하는 동시에 위성으로부터  $[s, p_1]$ 도 수신할 수 있는 경우이다. 이 경우는 표 1에서 C2 또는 C3에 해당하는 경우로써, 지상 중계기 2가지 종류 중 하나에서만 신호를 수신하게 되는 경우이므로 STC 이득은 얻을 수 없다. 대신 두가지 종류의 패리티 정보  $p_1$  및  $p_2$ 가 모두 수신되었기 때문에 부호화율이 1/3인 부호에 대한 복호를 수행하여 C1 경우에 비해 추가적인 부호화 이득을 얻을 수 있다.

그 다음은 사용자 단말이 매우 복잡한 도심 지역 한 가운데 위치해 있을 때에 해당하는 경우로써, 위성으로부터 직접 신호는 수신할 수 없고, 지상 중계기로부터의 신호만 수신 가능한 경우가 여기에 해당된다. 표 1에서 C4로 표기되어 있는 이 경우에는  $R_1^1$  및  $R_2^2$ 로부터의  $[-p_2^*, s^*]$  및  $[s, p_2]$ 를 결합하여 STC 이득을 얻을 수 있다. 이 때 두 중계기 중 어느 하나에서만 수신 가능할 경우도 여기에 포함한다고 할 수 있는데, 이는 두 신호 중 어느 한 신호의 크기가 0인 경우에 해당한다.

이 경우에는 Alamouti 방식에 대한 일반 선형 복호 방식을 이용하여  $[s, p_2]$ 에 대한 추정치를 아래와 같이 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \hat{s} &= (h_1^1)^* r_1 + (h_2^2)^* r_2^* \\ \hat{p}_2 &= (h_1^1)^* r_2 - (h_2^2)^* r_1^* \end{aligned} \tag{1}$$

여기서  $h_1^1$ 과  $h_2^2$ 는 각 중계기  $R_1^1$  및  $R_2^2$ 로부터 사용자 단말기까지의 경로 이득 값이고,  $r_1$ 과  $r_2$ 는 두 신호 수신 구간 2T 동안 연속적으로 수신된 신

호이며, 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} r_1 &= h_2^1 s - h_2^2 p_2^* + n_1 \\ r_2 &= h_2^1 p_2 + h_2^2 s^* + n_2, \end{aligned} \quad (2)$$

여기서  $n_1$ 과  $n_2$ 는  $r_1$ 과  $r_2$ 에 각각 더해지는 복소 가우시안 잡음을 나타낸다.

마지막으로, 사용자가 세 개의 서로 다른 신호 세트, 즉, 위성으로부터  $[s, p_2]$ 을 수신하고, 각 중계기  $R_2^1$  및  $R_2^2$ 로부터  $[-p_2^*, s^*]$  및  $[s, p_2]$ 를 수신할 수 있는 경우로써, 표 1에 C5로 표기되어 있다. 이 경우에는 먼저 두 중계기로부터 수신된  $[-p_2^*, s^*]$  및  $[s, p_2]$ 를 결합하여 식 (1)에서와 같이 STC 복호 방식을 이용하여  $[s, p_2]$ 를 추정한 후 다시 위성으로부터 수신된  $[s, p_2]$ 과  $[s, p_2]$ 를 결합하여 부호화율이 1/3인 모부호에 대한 복호를 수행하여 추가적인 부호화 이득을 얻을 수 있다.

#### IV. 성능 시뮬레이션 결과

##### 4.1. 시뮬레이션 환경

본 절에서는 제안된 협동 다이버시티 방식의 성능 개선 정도를 알아보기 위하여 수행한 시뮬레이션 결과를 제시한다. 먼저 제안된 협동 다이버시티 기법 자체의 성능 개선 정도를 알아보기 위하여 QPSK 변조 방식을 가정한 간단한 시뮬레이션 모델을 사용하였다. 또, 위성과 사용자 단말기 사이의 채널은 직 접파가 반사파보다 우세한 라이시안 페이딩 특성을 보이므로, 라이시안 채널로 가정하였다. 위성 시스템에서 효율적인 STC 부호에 대한 연구 결과를 발표한 사전 연구에 따르면 위성과 지상 중계기와의 신호 결합에 있어서 라이시안 인자  $K$  값이 5 dB -20 dB 사이의 값 범위 내에서는 성능 면에서 큰 차이가 없음이 밝혀졌으므로, 본 시뮬레이션에서는 라이시안 인자  $K=10$  dB로 가정하였다<sup>[3]</sup>.

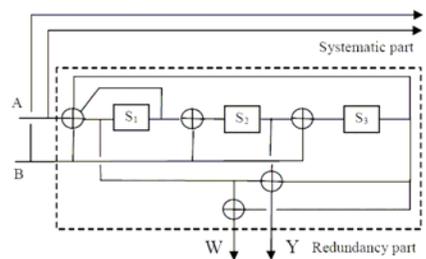
또, 지상 중계기와 사용자 단말 사이의 채널은 레일레이 채널로 가정하였다. 또, 기존의 여러 가지 STC 방식에 대한 시뮬레이션 모델에서와 마찬가지로 사용자 단말에서는 채널 상태를 완벽하게 추정할 수 있으며, STC 부호화를 수행하는 연속되는 두 심볼 간격 동안에는 채널 상태가 변하지 않는다고 가정하였다.

먼저, 각 송신단 즉, 위성 및 두개의 지상 중계기

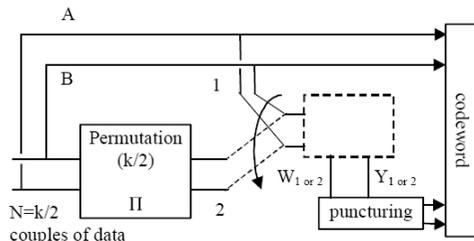
$R_2^1$  및  $R_2^2$ 로부터의 전력이 각각  $Pt/2$ 인 경우를 가정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 여기서  $Pt$ 는 다이버시티 방법을 사용하지 않는 단일 송신기 방식에서 전송되는 총 전력 값이다. 즉, 이 경우에는 다이버시티를 사용하지 않는 경우에 비해 총 1.5배의 전력을 사용하는 경우이다. 또한, 보다 공정한 비교를 위하여 위성 및 두개의 중계기에서의 각 송신 전력이  $Pt/3$ 인 경우에 대해서도 시뮬레이션을 수행하였다.

오류정정부호 방식으로는 duo-binary 터보 부호를 사용하였다. duo-binary 터보 부호는 유럽의 표준화 단체인 ETSI에서 정의하고 있는 광대역 양방향 위성 통신 규격 (Digital Video Broadcasting - Return Channel via Satellite ; DVB-RCS) 및 국내 WiBro 규격을 포함한 휴대형 인터넷 규격인 IEEE 802.16e에서 오류정정 부호화 방식으로 정의되어 있다<sup>[5][6]</sup>.

그림 3에는 duo-binary 터보 부호의 부호기 구조가 나타나 있는데, 이 부호기에서는 두 개의 비트를 동시에 입력으로 받아서 두 비트로 구성된 심볼 단위로 부호화 과정을 수행한다. 그림 3을 참조하면, 부호기는 두 비트로 구성된 심볼 [A B]를 입력으로 받아 시스터메틱 [A B]를 내보내고, 첫 번째 구성 부호기에서 [W1 Y1]을 그리고 두 번째 구성 부호기에서 [W2 Y2]를 내보내게 된다. 즉, N개의 심볼



(가) 내부 구성부호



(나) 부호화기

그림 3. duo-binary 터보 부호기 구조 [5]  
Fig 3. Encoder structure of duo-binary turbo codes

에 대해  $3N$  개의 부호화된 심볼을 출력하는 부호화율  $1/3$ 인 부호인 것이다.

이러한 부호를 이용하여, 본 제안 방식에서는 위성과 각 지상 중계기에서는  $2N$ 개의 심볼 만을 전송함으로써 부호화율이  $1/2$ 인 부호화 방식으로 전송하게 된다. 그림 3의 심볼 표기 방식을 그대로 사용하여 설명하면, 위성 게이트웨이에서는 위성을 통하여 전체 생성된 부호 중 일부를 천공하여 [A B W1 W2]를 전송한다. 이를 수신한 지상 중계기에서는 수신 되지 않은 일부 패리티를 생성하여 [A B Y1 Y2]에 대해 STC 과정을 수행한 후 사용자 단말기로 송신한다. QPSK 변조 방식을 가정하면 [A B]는 시스터매틱 심볼  $s$ 에 해당하고, [W1 W2]와 [Y1 Y2]는 각각  $p_1$  및  $p_2$ 에 해당하게 된다. 본 논문에서는 한번에 터보부호에 입력되는 심볼의 개수  $N$ 이 212인 경우를 가정하였다.

4.2. 시뮬레이션 결과

그림 4는 위성 및 각 중계기에서의 송신 전력이 각각  $P_t/2$ 인 경우에 대하여 제안된 방식에 대한 비트 오류율 (bit error rate; BER) 성능을 다이버시티를 사용하지 않은 부호화율이  $1/2$  및  $1/3$ 인 부호화 방식과 비교하여 나타내었다. 터보부호에 대한 반복 복호 알고리즘으로는 Max-log-MAP 알고리즘을 사용하였으며, 복호기에서의 최대 반복 복호 회수는 8 회로 제한하였다.

그림 4에서 알 수 있듯이 C2 또는 C3의 경우 서로 다른 지상 중계기로부터의 STC 부호를 이용한 다이버시티 이득으로 인하여 다이버시티 기법을 사용하지 않은 부호화율이  $1/2$ 인 방식에 비해 1 dB

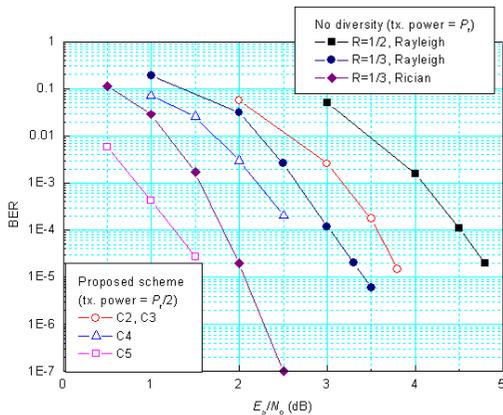


그림 4. 송신 전력이  $P_t/2$ 일 경우 BER 성능 비교  
Fig 4. Comparison of BER performance with tx. power of  $P_t/2$

이상의 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 또한, C4의 경우 위성으로부터의 신호와 지상 중계기 신호 중 하나를 결합하여  $1/2$  부호로 보내면서도  $1/3$ 로 복호를 수행하는 데서 오는 추가적인 부호화 이득으로 인하여 일반적인  $1/3$  부호로 송신한 방식에 비해 약 0.5 dB 정도의 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 또, 세가지 경로로 부터의 모든 신호를 수신하여 STC 다이버시티 이득 뿐만 아니라 추가적인 부호화 이득을 얻을 수 있는 C5의 경우 매우 큰 성능 향상을 확인할 수 있다.

그림 5는 보다 공정한 평가를 위하여 위성 및 각 중계기에서의 송신 전력이 각각  $P_t/3$ 인 경우에 대하여 제안된 방식의 BER 성능을 다이버시티를 사용하지 않은 부호화율이  $1/2$  및  $1/3$ 인 부호화 방식과 비교하여 나타내었다. 본 결과에서는 각 송신 전력이  $1/3$ 로 감소하였기 때문에 제안된 방식의 성능이 더 열화된 것으로 나타내어져 있다. 그러나, 실제적으로 C2, C3 및 C4의 경우에는 전체 가용한 세 개의 경로 중 2개만을 사용하는 경우이기 때문에 다이버시티를 사용하지 않은 방식에 비하여 전력을  $2/3$ 밖에 사용하지 않은 것이다. 따라서 이러한 경우에는 제안된 방식에 더 불리한 성능 비교 결과라고 할 수 있다.

이제 가능한 모든 경로의 신호를 사용한 C5의 경우에는 일반 레일레이 채널에서  $1/3$ 의 부호를 사용한 경우에 비해서도 약 0.3 dB의 추가적인 성능 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 또한, 제안된 방식의 경우 각 단말기에서는  $1/2$ 의 부호화율로 데이터를 전송하면서도 수신 사용자 단말기에서는  $1/3$ 의 부호화율을 가지는 부호와 같이 복호를 할 수 있기 때문에 추가적인 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

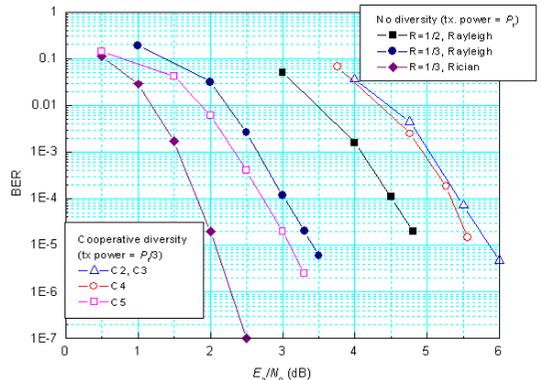


그림 5. 송신 전력이  $P_t/3$ 일 경우 BER 성능 비교  
Fig 5. Comparison of BER performance with tx. power of  $P_t/3$

## VI. 결 론

본 논문에서는 차세대 휴대형 이동위성 방송 시스템에서 효율적으로 사용할 수 있는 협력 다이버시티 기법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 방식은 위성과 각 지상 중계기가 서로 협력적으로 오류정정 및 시공간 부호화 방식을 적용하여 전송함으로써 추가적인 부호화 및 다이버시티 이득을 얻을 수 있도록 하는 방식이다. 본 논문에서 제시한 예제에서는 각 송신단에서 1/2의 부호화율을 가지는 오류정정 부호로 전송하면서도 수신 단말기에서는 이들을 결합하여 1/3의 부호화율을 가지는 복호 방식으로 복호함으로써, 스펙트럼 효율성을 도모하는 동시에 성능을 크게 개선시킬 수 있는 방식을 보였다. 특히, 본 논문에서 제시한 방식은 셀 가장자리와 같이 위성으로부터의 신호나 지상 중계기로부터의 어떤 신호도 매우 강력한 신호가 없는 상황에서 가능한 여러 개의 신호들을 결합하여 신호 품질을 유지할 수 있도록 하는데 매우 효과적인 방법이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Sang-Jin Lee, SangWoon Lee, Member, IEEE, Kyung-Won Kim, and Jong-Soo Seo, "Personal and Mobile Satellite DMB Services in Korea" *IEEE Transactions on Broadcasting*, 53(1), pp. 179-187, Mar. 2007.
- [2] Sooyoung Kim, Hee Wook Kim, Kunseok Kang, and Do Seob Ahn, "Performance enhancement in future mobile satellite broadcasting services," *IEEE Communication Magazine*, 46(7), pp. 118-124, Jul. 2008.
- [3] 박운희, 이정, 김수영, "위성과 지상 중계 장치와의 협동 다이버시티를 위한 효율적인 STBC 방식", *한국통신학회논문지*, 33(10), pp. 997-1005, 2008
- [4] S. M. Alamouti, "A simple transmitter diversity scheme for wireless communications," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, 16(8), pp. 1451-1458, Oct. 1998.
- [5] ETSI EN 301-790, "Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for satellite distribution systems", V1.3.1, Mar. 2003
- [6] IEEE 802.16 Standard - Local and Metropolitan Area Networks - Part 16, IEEE Std 802.16 - 2005

김 수 영 (Sooyoung Kim)

중신회원



1990년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 학사

1990년 2월~1991년 9월 ETRI 연구원

1992년 10월 Univ. of Surrey, U.K 공학석사

1995년 2월 Univ. of Surrey, U.K 공학박사

1994년 11월~1996년 6월 Research Fellow, Univ. of Surrey, U.K

1996년 8월~2004년 2월 ETRI 광대역무선전송연구팀장

2004년 3월~현재 전북대학교 전자정보공학부 부교수  
<관심분야> 오류정정부호화방식, 이동/위성통신

김 희 옥 (Hee Wook Kim)

정회원



2001년 8월 고려대학교 전기전자전파공학부 학사

2004년 2월 한국과학기술원 전자공학과 석사

2004년 3월~현재 한국전자통신연구원 광역무선기술연구부 위성휴대전송연구팀

<관심분야> 위성통신, OFDM, 동기, MIMO

박 운 희 (Unhee Park)

준회원



2008년 2월 전북대학교 전자정보공학부 학사

2008년 3월~현재 전북대학교 전자공학 석사과정

<관심분야> 이동/위성통신

안 도 섭 (Do Seob Ahn)

정회원



1998년 2월 경북대학교 공학사

1990년 2월 경북대학교 공학석사

1990년 2월~현재 한국전자통신연구원 팀장 (책임연구원)

<관심분야> 위성통신, 성층권통신