

선박 내 효과적인 콘텐츠 분배를 위한 다중 단말 간 직접통신

유 동 호*, 권 은 정*, 김 동 호**, 이 성 로^o

Multi-Device-to-Multi-Device Communication for Efficient Contents Distribution on Board the Ship

Dongho You*, Eunjeong Kwon*, Dong Ho Kim**, Seong Ro Lee^o

요 약

최근 몇 년 간 스마트 폰과 같은 개인 스마트 디바이스들의 확산으로 인해 인터넷 트래픽이 급증하고 있다. 이는 지상에 있는 기지국뿐만 아니라 건물, 버스, 철도, 선박 등에 설치된 AP(Access Point)나 기지국에도 심각한 과부하를 야기한다. 따라서 이를 해소하기 위해 크루즈선과 같은 선박 내부에서 효과적인 콘텐츠 분배를 위한 통신시나리오를 제안한다. 또한 제한한 시나리오 안에서 기존의 단말 간 직접통신(D2D: Device-to-Device)을 확장하여 다중 단말 간(MD2MD: Multi-Device-to-Multi-Device) 직접 통신 네트워크를 구성하고 이에 적합한 전송기법을 제시한다. 제안한 선박 내 다중 단말 간 직접통신 방식은 STBC(Space-Time Block Coding) 전송기법, SM(Spatial Multiplexing) 전송기법, 그리고 하이브리드 STBC-SM 기법을 비교분석하여 전송률(throughput) 관점에서 향상된 성능을 보인 전송기법을 채택했다. 제안한 방식은 선박 내 통신 특히 사용자의 수가 많아 트래픽이 심하여 선박 내 설치된 AP의 과부하가 심할 경우 이를 분배하고 사용자들에게 효율적으로 보다 질 높은 콘텐츠를 제공할 수 있는 기술로 기대된다.

Key Words : Maritime Communication, D2D communication, MD2MD Communication, Hybrid STBC-SM

ABSTRACT

Internet traffic is rapidly increasing due to the spread of personal smart devices. It causes serious burden on base stations and access points which are installed in buildings, buses, trains, and ships. We consider a communication scenario aboard a cruise ship and propose efficient contents distribution schemes to alleviate the burden of access points with multi-device-to-multi-device(MD2MD) communication. The proposed transmission method is based on the hybrid STBC-SM scheme. We compare the error performance of MD2MD communication system on the cruise ship using space-time block coding (STBC) scheme, spatial multiplexing (SM) scheme. The proposed MD2MD communication system is expected to adopt in the ship-area-network (SAN) with efficient contents distribution and reliable communication.

※ 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업(NIPA-2014-H0401-14-1009)과 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2009-0093828) 및 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업(NRF-2012R1A1A2044903)의 연구결과로 수행되었음

• First Author : Seoul National University of Science&Technology Graduate School of NID Fusion Technology, youdongho@seoultech.ac.kr, 학생회원

^o Corresponding Author : Dept. of Information & Electronics Engineering, Mokpo National University, srlee@mokpo.ac.kr, 정회원

* Seoul National University of Science&Technology, Dept. of Media IT Engineering, kwoneunjeong@seoultech.ac.kr

** Seoul National University of Science&Technology, dongho.kim@seoultech.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2014-05-166, Received May 2, 2014; Revised August 7, 2014; Accepted August 7, 2014

I. 서 론

최근 몇 년간 스마트 폰과 같은 개인 스마트 디바이스들의 확산으로 인하여 인터넷 트래픽이 급격히 증가하고 있으며, 과거와는 다르게 개인 스마트 디바이스들이 보편화 되어서 사용자들은 언제 어디서나 인터넷에 연결되어 원하는 콘텐츠 서비스를 제한 없이 제공을 받고 싶어 한다. 또한, 트래픽 중 대부분은 음악 및 동영상과 같은 멀티미디어 서비스가 주를 이루며, 이는 지상에 설치된 기지국뿐만 아니라 건물 및 교통수단(버스, 철도, 선박 등)에 설치된 기지국 또는 AP(Access Point)에게도 심각한 과부하를 야기한다¹⁾. 따라서 최근에 기지국 및 AP와 같은 인프라를 통하여 통신하던 기존 시스템에서 벗어나 Bluetooth, Wi-Fi-Direct, 그리고 D2D통신 시스템과 같이 인프라를 거치지 않고 직접 통신하는 시스템들을 고려하여 이러한 과부하 문제를 해결하려 하고 있다. 그 중 D2D통신은 기존에 할당된 주파수를 재사용할 뿐만 아니라 기지국에 연결된 모든 사용자들을 스마트하게 관리하여 주파수 자원의 절약 및 링크 형성 시간의 단축 등과 같은 장점이 있다²⁾.

그러나 기존 D2D통신의 연구는 주파수 자원의 할당 기법과 사용자간의 간섭을 최소화 하는 것에 초점이 맞춰 있기 때문에 D2D통신의 네트워크 구성을 일대일(one-to-one) 또는 다대일(multiple-to-one)로 구성하여 연구를 수행하였다^{3,4)}. 하지만 이는 앞서 언급한 폭증하는 개인 스마트 디바이스 및 멀티미디어 콘텐츠의 요구를 만족시키기에는 네트워크 구성에 한계가 있다. 따라서 [5]에서는 단일 셀룰러 네트워크에서 멀티미디어 콘텐츠의 효율적인 확산을 위해 기존 D2D통신을 확장하여 MD2MD(Multi-Device-to-Multi-Device)통신 네트워크를 구성하고 이에 적합한 전송 기법을 제안하였다.

본 논문에서는 이런 점을 바탕으로 크루즈선과 같이 사용자가 많은 선박 내 통신환경을 고려하여 기지국의 부담을 줄이고 사용자들에게 효과적으로 멀티미디어 콘텐츠 서비스를 제공할 수 있는 시나리오를 제안하고, 이를 위한 MD2MD통신 네트워크 구성 및 전송 기법도 제시한다. 또한 선박 내 사용자들에게 안전하고 신뢰도 높은 전송 서비스를 제공하는 것도 중요하다. 따라서 본 논문에서는 오류 성능과 함께 전송률(throughput)을 개선하여 선박 내부에 있는 사용자들에게 좀 더 신속하게 멀티미디어 콘텐츠 서비스를 제공하는 것을 고려한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 선박 내

효과적인 콘텐츠 분배를 위한 시나리오 및 MD2MD 통신 시스템 모델에 대해 기술하고, 3장에서는 제안한 시나리오를 고려한 물리계층의 전송기법에 대해 자세히 설명한다. 4장에서 모의실험 환경 및 성능 분석 지표에 대해 정의하고 제안 시스템의 성능을 도출하고 분석 한 뒤, 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델

2.1 선박 내 다중 단말 간 직접통신 네트워크 형성 절차

본 논문에서는 그림 1과 같이 크루즈선박 내에 있는 사용자들에게 음악 및 동영상과 같은 멀티미디어 콘텐츠를 제공하기 위한 시나리오를 제안한다. 선박 내부에는 다수의 AP가 배치되어 있으며, 모든 AP들은 광케이블로 서로 연결되어 있을 뿐만 아니라 선박 내의 데이터 서버 역할을 하는 콘텐츠 스토어와도 연결되어 있다고 가정한다. 선박에 위치한 모든 사용자들은 자신이 공유하고자 하는 멀티미디어 데이터에 대한 속성정보를 메타데이터 형식으로 생성하여 현재 연결된 AP를 통해 콘텐츠 스토어에 저장한다. 그리고 선박 내에 있는 사용자들은 현재 보유하고 있는 데이터 상태에 따라 Seeder, Peer 그리고 Downloader 3가지로 구분되어 지는데, 여기서 Seeder와 Peer는 각각 공유하고자 하는 데이터를 온전하게 소유한 사용자, 그리고 온전하게 소유하지 못하고 일부만 소유하고 있는 사용자를 의미한다. 예를 들면, 그림 2와 같이 Downloader인 다중 사용자들이 AP에게 특정한 데이터를 요구할 경우, AP는 콘텐츠 스토어에 있는 메타

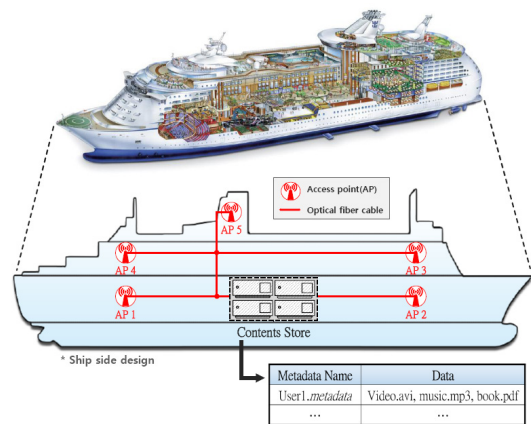


그림 1. 크루즈 선박 내 효율적인 콘텐츠 분배 시나리오
Fig. 1. Efficient contents distribution scenario on the cruise ship

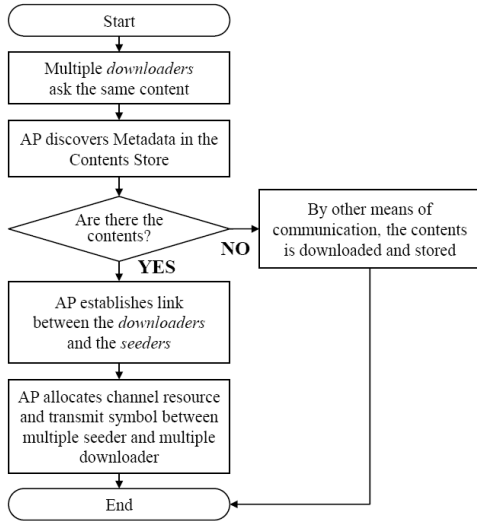


그림 2. 선박 내의 MD2MD 전송 네트워크의 전송절차
Fig. 2. Procedure for establishment of MD2MD network on the cruise ship

데이터를 검색하여 Downloader들이 요구한 데이터를 소유하고 있는 Seeder와 Peer인 사용자들을 찾는다. 그리고 해당 사용자들이 Downloader들과 근접해 있다면 AP는 데이터를 소유한 Seeder 및 Peer들의 정보를 Downloader들에게 제공하여 서로 연결시키고 자원을 할당하여 MD2MD 통신을 수행하게 한다. 그러나 만약 Seeder 및 Peer들이 Downloader들과 근접해 있지 않다면 AP는 자신이 직접 Contents Store를 통하여 Downloader들이 요구한 데이터를 전송한다. 만약 콘텐츠 스토어에도 요구한 데이터가 없다면 LTE나 위성, 그리고 VHF와 같은 다른 통신 수단들을 통하여 콘텐츠 스토어에 다운로드 및 저장하여 서비스를 제공한다.

초기 상태에는 콘텐츠를 소유하여 타 사용자에게 제공할 수 있는 Peer가 하나도 없을 수 있다. 단지 콘텐츠 스토어에 처음 메타데이터를 업로드 한 Seeder만 있을 수 있다. 이렇게 되면 Downloader들은 Seeder들로부터 데이터를 받기 시작하며, Seeder들은 데이터를 일정한 크기의 조각으로 나누어서 Rarest-first 알고리즘을 만족하는 순서대로 조각들을 전송한다⁸⁾. 본 논문에서는 그 조각 단위를 ‘심볼’이라고 가정한다. Downloader들이 Seeder를 통해 일정한 심볼(조각)을 수신하게 된다면, Downloader들은 이제 Peer가 되어서 기존의 Seeder들로부터 다운로드 서비스를 제공받을 뿐만 아니라 자신이 소유하고 있는 심볼을 요구하는 다른 Downloader 및 Peer들에게 다운

로드 서비스를 제공할 수 있다. 즉, 여러 사용자들이 동시에 데이터를 다운로드하기 시작하면 AP안에 있는 Peer의 숫자는 늘어나 심볼들을 보다 효율적으로 분배 할 수 있게 된다.

2.2 선박 내 다중 단말 간 직접통신을 위한 전송 기법 모델링

MD2MD 네트워크의 전송률 및 신뢰도 향상을 위해 전송기법의 모델링은 필수요소이다. 본 논문에서는 제안된 선박 내 MD2MD 통신 시나리오에 가장 적합한 전송기법을 찾기 위해 기존의 STBC (Space-Time Block Coding) 전송기법, SM (Spatial Multiplexing) 전송기법과 하이브리드 STBC-SM 전송기법을 고려하였다⁶⁾.

Downloader n 이 Seeder들로부터 T 시간동안 수신한 신호 $r^n(T)$ 는 다음과 같다.

$$r^n(T) = H^n(T)S^n(T) + n^n(T) \quad (1)$$

여기서 $H^n(T)$, $S^n(T)$, 그리고 $n^n(T)$ 는 각각 Downloader n 의 수신채널, n 에게 송신된 심볼, 그리고 n 의 수신 잡음을 나타낸다. 그리고 채널은 T , 즉 두 번의 시간주기 $h_{ij}^{nk}(t) = h_{ij}^{nk}(t+1)$ 동안 변하지 않는다고 가정한다. 따라서 n 의 수신채널 $H^n(T)$ 은 다음과 같다.

$$H^n(T) = \begin{bmatrix} h_{11}^{nk} & h_{12}^{nk} \\ h_{21}^{nk} & h_{22}^{nk} \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서 h_{ij}^{nk} 는 Downloader(receiver) n 의 i 번째 수신 안테나와 Seeder(transmitter) k 의 j 번째 송신안테나 사이의 채널을 나타낸다. 그리고 시간 그룹 T 동안 모든 심볼들은 2×2 STBC 인코더와⁷⁾ 같이 2개씩 짝지어 매트릭스를 형성한 $S^n(T)$ 다음과 같다.

$$S^n(T) = \begin{bmatrix} s_l(t) & -s_{l+1}^*(t+1) \\ s_{l+1}(t) & s_l^*(t+1) \end{bmatrix} \quad (3)$$

여기서 l 은 심볼 스트림의 인덱스를 나타낸다. 그리고 $n^n(T)$ 는 평균이 0이고 분산이 N_0 인 복소 가우시안 분포를 포함한 수신 잡음 매트릭스이며 다음과 같다.

$$n^n(T) = \begin{bmatrix} n_i^n(t) & n_i^n(t+1) \\ n_{i+1}^n(t) & n_{i+1}^n(t+1) \end{bmatrix} \quad (4)$$

결과적으로, Downloader n 이 최종적으로 수신한 심볼 매트릭스는 다음과 같다.

$$r^n(T) = \begin{bmatrix} r_i^n(t) & r_i^n(t+1) \\ r_{i+1}^n(t) & r_{i+1}^n(t+1) \end{bmatrix} \quad (5)$$

III. 선박 내 다중 단말 간 직접통신을 위한 전송기법

본 장에서는 수식의 간편화를 위해 그림 3와 같이 선박 내부의 콘텐츠 스토어와 연결된 다수의 AP 중 AP1과 연결된 Seeder 그룹 사용자1과 사용자2, 그리고 Downloader 그룹 사용자3과 사용자4만 고려한다. 그리고 Seeder들은 1개의 송신 안테나를 사용하고, Downloader는 2개의 수신 안테나를 사용한다고 가정한다. 또한 그림 4는 T 번째 시간그룹부터 $T+1$ 번째 시간그룹까지 hybrid STBC-SM 전송기법을 사용한 선박 내 다중 단말 간 직접통신 네트워크를 나타낸다. 첫 번째 시간그룹 T 에서 Seeder인 사용자1과 사용자2는 $s_1 \sim s_4$ 4개의 심볼을 STBC 인코딩 후 Downloader인 사용자3과 사용자4에게 Rarest-first 알고리즘을 만족하는 순서대로 전송한다. 즉, s_1 과 s_2 는 사용자3에게 s_3 와 s_4 는 사용자4에게 전송하여 Downloader들이 서로 다른 심볼들을 수신하게 하여 $T+1$ 시간그룹에 서로 Peer가 되어 기존 Seeder들로부터 심볼들을 수신할 뿐만 아니라 서로에게 없는 심볼들을 분배하여 심볼의 확산 속도를 높이는 데 목적이 있다. 따라서 그림 4.(b)와 같이 $T+1$ 동안 사용자3과 사용자4는 이전 T 시간그룹에서 4개의 심볼을 수신한 것과 다르게 총 8개의 심볼을 수신하는 것을

확인 할 수 있다.

3.1. T 번째 시간그룹동안 사용자3($n=3$)을 위한 전송기법

앞선 내용들을 바탕으로 AP1은 그림 4.(a)와 같이 Seeder 그룹인 사용자1과 사용자2, Downloader 그룹인 사용자3과 사용자4를 형성한다. 그 후 사용자1과 사용자2는 Rarest-first 알고리즘을 바탕으로 선택된 각각 2개의 심볼들을 STBC 인코딩 후 사용자3과 사용자4에게 전송한다.

수식의 간편화를 위해 Downloader인 사용자3 ($n=3$)의 관점에서만 수식을 정리하면 다음과 같다.

$$r^3(T) = H^3(T)S^3(T) + n^3(T) \quad (6)$$

여기서 각각의 매트릭스들은 다음과 같이 나타 낼 수 있다.

$$H^3(T) = \begin{bmatrix} h_{11}^{31} & h_{11}^{32} \\ h_{21}^{31} & h_{21}^{32} \end{bmatrix}, S^3(T) = \begin{bmatrix} s_1(t) - s_2^*(t+1) \\ s_2(t) & s_1^*(t+1) \end{bmatrix}, \quad (7)$$

$$n^3(T) = \begin{bmatrix} n_1^3(t) & n_1^3(t+1) \\ n_2^3(t) & n_2^3(t+1) \end{bmatrix},$$

$$r^3(T) = \begin{bmatrix} r_1^3(t) & r_1^3(t+1) \\ r_2^3(t) & r_2^3(t+1) \end{bmatrix}.$$

앞서 언급한 것과 같이 채널 $H^3(T)$ 가 두 번의 시간 주기 즉, $h_{ij}^{nk}(t) = h_{ij}^{nk}(t+1)$ 동안 변하지 않는다고 가정한다. 그리고 앞선 매트릭스들은 s_1 과 s_2 의 검출을 용이하게 하기 위해 다음과 같이 다시 표현될 수 있다.

$$H^3(T) = \begin{bmatrix} h_{11}^{31} & h_{11}^{32} \\ h_{11}^{*32} - h_{11}^{*31} & h_{11}^{*31} \\ h_{21}^{31} & h_{21}^{32} \\ h_{21}^{*32} - h_{21}^{*31} & h_{21}^{*31} \end{bmatrix}, S^3(T) = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$n^3(T) = \begin{bmatrix} n_1^3(t) & n_1^3(t+1) & n_2^3 & n_2^3(t+1) \end{bmatrix}^T$$

$$r^3(T) = \begin{bmatrix} r_1^3(t) & r_1^3(t+1) & r_2^3 & r_2^3(t+1) \end{bmatrix}^T$$

3.2. $T+1$ 번째 시간그룹동안 사용자3($n=3$)을 위한 전송기법

그림 4.(b)에서 나타난 것과 같이 사용자3과 사용자4는 앞선 T 번째 그룹의 절차를 통하여 Peer가 되었다. 따라서 사용자3과 사용자4는 기존 Seeder 그룹인

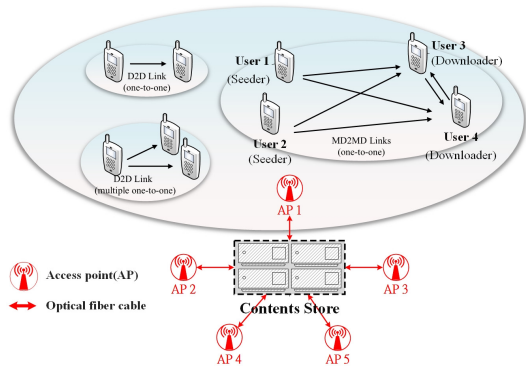


그림 3. 선박 내 MD2MD 통신 네트워크 모델
Fig. 3. MD2MD communication network model on the ship

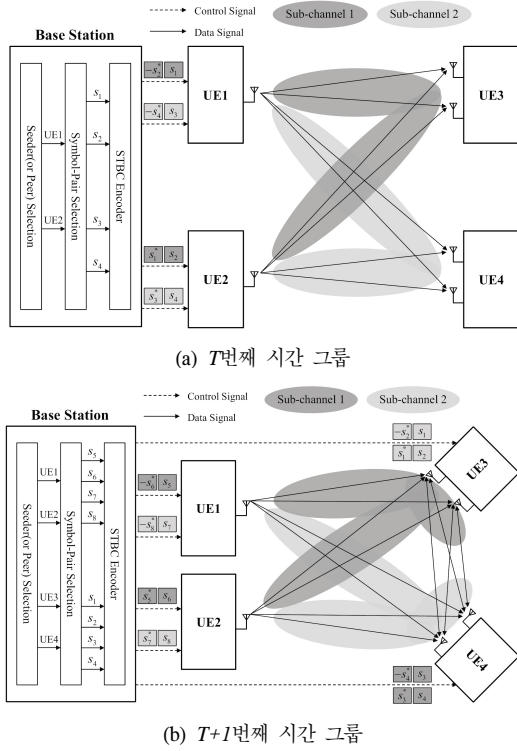


그림 4. 하이브리드 STBC-SM을 사용한 선박 내 MD2MD 통신 방식
Fig. 4. MD2MD communication on the ship using hybrid STBC-SM

사용자1과 사용자2에게 다운로드 서비스를 받으면서 서로에게 다운로드 서비스를 제공할 수 있다. 다시 말해서, Peer인 사용자3는 $s_3 \sim s_6$, 그리고 사용자4는 s_1, s_2, s_7, s_8 을 수신함으로써 총 8개의 심볼을 수신하게 된다.

수식의 간편화를 위해 Peer인 사용자3 ($n=3$)의 관점에서만 수식을 정리하면 다음과 같다.

$$r^3(T+1) = H^3(T+1)S^3(T+1) + n^3(T+1) \quad (9)$$

여기서 각각의 매트릭스들은 다음과 같이 나타 낼 수 있다.

$$H^3(T+1) = \begin{bmatrix} h_{11}^{31} & h_{11}^{32} & h_{11}^{34} & h_{12}^{34} \\ h_{21}^{31} & h_{21}^{32} & h_{21}^{34} & h_{22}^{34} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$S^3(T+1) = \begin{bmatrix} s_3(t+2) - s_4(t+3) \\ s_4(t+2) & s_3^*(t+3) \\ s_5(t+2) - s_6^*(t+3) \\ s_6(t+2) & s_5^*(t+3) \end{bmatrix}$$

앞서 언급한 것과 같이 채널 $H^3(T+1)$ 가 두 번의 시간 주기 즉, $h_{ij}^{nk}(t+2) = h_{ij}^{nk}(t+3)$ 동안 변하지 않는다고 가정한다. 그리고 앞선 매트릭스들은 심볼 $s_3 \sim s_6$ 의 검출을 용이하게 하기 위해 다음과 같이 다시 표현 될 수 있다.

$$H^3(T+1) = \begin{bmatrix} h_{11}^{31} & h_{11}^{32} & h_{11}^{34} & h_{12}^{34} \\ h_{11}^{*32} & -h_{11}^{*31} & h_{12}^{*34} & -h_{11}^{*34} \\ h_{21}^{31} & h_{21}^{32} & h_{21}^{34} & h_{22}^{34} \\ h_{21}^{*32} & -h_{21}^{*31} & h_{22}^{*34} & -h_{21}^{*34} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$S^3(T+1) = [s_3 \ s_4 \ s_5 \ s_6]^T$$

3.3 선형 검출 기법

채널 매트릭스 H 의 행은 직교하기 때문에 다시 표현된 수신 신호 S 는 선형 검출기를 통해 쉽게 검출될 수 있다. 따라서 우리는 채널 매트릭스 H 를 제거하기 위해 ZF(Zero-Forcing) 검출기 W_{ZF} 와 MMSE (Minimum Mean Squared Error) 검출기 W_{MMSE} 를 사용하고 각각 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$W_{ZF} = (H^H \cdot H)^{-1} H^H \quad (12)$$

$$W_{MMSE} = (H^H \cdot H + \sigma^2 I)^{-1} H^H$$

주어진 검출기들은 수신 신호 r 과 곱하여져 원하는 심볼을 검출할 수 있으며, 다음과 같이 표현된다.

$$\widehat{S}_{ZF} = W_{ZF} \cdot r = S + W_{ZF} \cdot n \quad (13)$$

$$\widehat{S}_{MMSE} = W_{MMSE} \cdot r$$

IV. 모의실험 결과 및 성능 분석

Hybrid STBC-SM 전송기법을 사용하는 선박 내 다중 단말 간 직접통신의 성능을 비교분석하기 위해 STBC전송기법과 SM기법을 추가적으로 적용했다. SM전송기법을 사용하는 다중 단말 간 직접통신의 경우 Seeder 그룹인 사용자1과 사용자2가 각각 서로 다른 한 개의 심볼을 t 시간주기 동안 보낸다. 예를 들어 사용자1이 s_i 를 전송하면, 사용자2는 s_{i+1} 을 전송한다. 그러면 Downloader 사용자3과 사용자2는 두 개의 수신 안테나를 사용하기 때문에 송신된 두 개의 심볼을 분리할 수 있다. 반면, STBC전송기법을 사용하는 다중 단말 간 직접통신의 경우 Seeder 그룹인 사용자1과 사용자2는 두 개의 심볼을 STBC 인코딩 후 협

력적으로 전송한다. 예를 들어 사용자1이 s_i 와 s_{i+1}^* 을 전송하면, 사용자 2는 s_{i+1} 과 s_{i+1}^* 을 시간그룹 T 동안 전송한다. 이 두 경우 모두 제한된 선박 내 다중 단말 간 직접통신에 적용된 Rarest-first 알고리즘을 적용할 수 없기 때문에 순차적으로 심볼들을 전송한다. 반면에 Rarest-first 알고리즘을 적용한 선박 내 다중 단말 간 직접통신은 첫 번째 시간그룹에 서로 다른 심볼을 수신하기 때문에 다음 시간그룹에서 서로 소유하고 있지 않은 심볼들을 분배하여 시간에 지남에 따라 전송률을 높일 수 있다.

따라서 전송률 관점에서 비교해보면, 표 1과 같이 Hybrid STBC-SM 전송기법을 사용하는 다중 단말 간 직접통신은 시간에 지남에 따라 전송률이 2에 가까워진다. 즉 $r_s = 2$ 를 갖는다. 그리고 SM 전송기법을 사용하는 경우에는 그림 5에서 볼 수 있듯이 항상 전송

표 1. 시간 변화에 따른 하이브리드 STBC-SM을 사용한 선박 내 MD2MD 통신방식의 데이터 전송률
Table 1. Data rate of MD2MD communication on the ship using hybrid STBC-SM in accordance with time

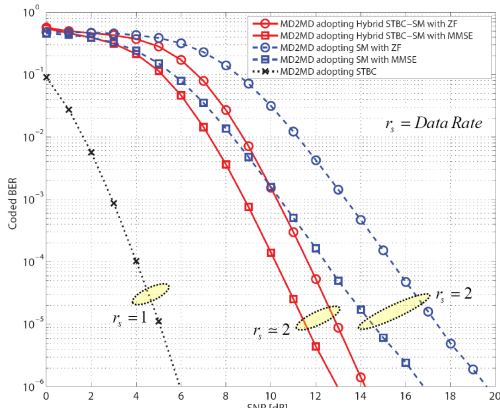
Time Period (t)	Received Symbol ($r = 2t - 2$)	Data Rate ($r_s = r/t$)
2	2	1
4	6	1.5
6	10	1.66
50	98	1.96
100	198	1.98

률 2 즉 $r_s = 2$ 를 갖으며, STBC 전송기법을 사용할 경우에는 전송률 1, 즉 $1/2$ 수준의 전송률인 $r_s = 1$ 을 갖는다.

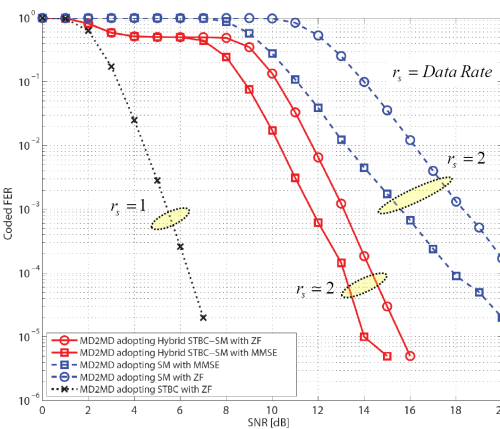
또한 그림 5와 같이 Coded BER 및 FER 관점에서 비교해 보면 Hybrid STBC-SM 전송기법을 사용하는 다중 단말 간 직접통신은 전송률이 약 $1/2$ 낮은 STBC 기법에 비해서는 성능에 열화가 있지만 이 비슷한 전송률을 갖는 SM기법에 비해서는 성능이 향상함을 확인할 수 있다.

V. 결론

최근 몇 년 간 개인 스마트 디바이스들의 확산으로 인해 인터넷 트래픽이 급증하여 지상에 있는 기지국 뿐만 아니라 건물, 버스, 철도, 선박 등에 설치된 AP(Access Point)에게도 심각한 과부하를 야기하고 있다. 따라서 본 논문에서는 이를 해소하기 위한 방안으로 크루즈선과 같은 선박 내부에서 효과적인 콘텐츠 분배를 위한 통신시나리오를 제안하였다. 또한 제안한 시나리오 안에서 기존의 단말 간 직접통신(D2D)을 확장하여 다중 단말 간 직접 통신(MD2MD) 통신 네트워크를 구성하고 이에 적합한 전송기법을 제시하였다. 특히 제시된 통신시스템에 적합한 전송기법을 선택하기 위해 STBC 기법과 SM 기법 그리고 Hybrid STBC-SM 기법을 비교분석 후 선박 내 다중 단말 간 직접통신에서 Rarest-first 알고리즘을 물리적으로 만족하는 Hybrid STBC-SM 전송기법을 선택하였다. 이는 다른 두 방식에 비해 전송률 뿐만 아니라 BER 및 FER 측면에서도 향상된 성능을 보였다. 제안한 방식은 선박 내 통신 특히 사용자의 수가 많아 트래픽이 심하여 선박 내 설치된 AP가 과부하가 심할 경우 이를 분배하고 사용자들에게 효율적으로 보다 질 높은 콘텐츠를 제공할 수 있는 기술로 기대된다.



(a) Coded BER



(b) Coded FER

그림 5. MD2MD 통신 시스템의 오류확률 성능
Fig. 5. Error Performance of MD2MD communication on the ship using hybrid STBC-SM

References

[1] M. J. Yang, S. Y. Lim, H. J. Park, and N. H. Park, "Solving the data overload: Device-to-device bearer control architecture for cellular data offloading," *IEEE Veh. Technol. Mag.*, vol. 8, no. 1, pp. 31-39, Mar. 2013.

[2] K. Doppler, M. Rinne, C. Wijting, C. B. Ribeiro, and K. Hugl, "Device-to-device communication as an underlay to LTE-Advanced networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 47, no. 12, Dec. 2009.

[3] C. Yu, K. Doppler, C. B. Ribeiro, and O. Tirkkonen, "Resource sharing optimization for device-to-device communication underlying cellular networks," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 10, no. 8, Aug. 2011.

[4] K. Doppler, C. Yu, C. B. Ribeiro, and P. Janis, "Mode selection for Device-to-Device Communication underlying an LTE-Advanced Network," in *Proc. IEEE WCNC*, pp. 1-6, Sydney, Australia, Apr. 2010.

[5] D. You and D. H. Kim "Multi-device-to-multi-device communication in cellular network for efficient contents distribution," in *Proc. IEEE ICCE*, pp. 244-247, Las Vegas, NV, Jan. 2014.

[6] L. Zhou and Y. Oishi, "Improved performance for hybrid STBC and spatial multiplexing OFDM systems with linear receivers," in *Proc. IEEE PIMRC*, pp. 1-5, Athens, Sept. 2007.

[7] S. M. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications," *IEEE J. Select Areas Commun.*, vol. 16, no. 8, Oct. 1998.

[8] A. Legout, G. Urvoy-Keller, and P. Michiardi, "Rarest first and choke algorithms are enough," in *Proc. IMC*, pp. 203-216, Oct. 2006.

유 등 호 (Dongho You)



2012년 2월 : 서울과학기술대학교 매체공학과 공학사
 2014년 2월 : 서울과학기술대학교 미디어IT공학과 공학석사
 2014년 3월~현재 : 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 박사과정

<관심분야> 협력통신, D2D통신, Ad-hoc 네트워크

권 은 정 (Eunjeong Kwon)



2014년 2월 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 공학사
 2014년 3월~현재 : 서울과학기술대학교 미디어IT공학과 석사과정

<관심분야> MIMO-OFDM기반 이동통신 시스템

김 동 호 (Dong Ho Kim)



1997년 2월 : 연세대학교 전자공학과 공학사
 1999년 2월 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학석사
 2004년 8월 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학박사
 2004년 9월~2007년 2월 : 삼성

종합기술원 및 삼성전자 책임연구원
 2007년 3월~현재 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 부교수
 <관심분야> 무선통신시스템, 통신이론, 멀티미디어 전송시스템

이 성 로 (Seong Ro Lee)



1987년 2월 : 고려대학교 전자공학과 공학사
 1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
 1996년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사
 1997년 9월~현재 : 목포대학교

공과대학 정보전자공학과 교수
 <관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스템, USN/텔레미틱스응용분야, 임베디드시스템