

논문 2013-50-2-3

M2M 단말간 직접통신을 위한 PHY 프레임구조 설계

(PHY Frame Structure Design for M2M Direct Communications)

오 창 윤*

(Changyoon Oh)

요 약

본 논문에서는 셀룰라시스템이 운용중인 Licensed 주파수 대역에서 M2M 단말간 직접통신을 공존운영하기 위한 PHY 프레임구조를 제안한다. 최근 들어 SmartGrid, Mobile Health, Smart Car를 포함한 M2M(Machine to Machine) 서비스 시장이 빠른 속도로 성장하고 있다. 이러한 M2M 서비스를 Licensed 주파수 대역 기반의 셀룰라시스템을 통해서 제공하는 경우 자원의 낭비를 초래할 수 있다. 일례로, 서로 인접하여 위치하는 시나리오에서는 M2M 단말간 직접통신을 하는 것이 자원 활용 측면에서 효율적이다. 본 논문에서는 기존 셀룰라 통신시스템의 PHY 프레임구조를 변경하지 않는 것을 중요한 요구사항으로 정한다. 이러한 하위호환성 요구사항을 만족시키면서, 기존 셀룰라시스템과 동일한 licensed 주파수 대역에서 공존운영이 가능한 M2M 단말간 직접통신시스템의 PHY 프레임구조를 제안한다. 따라서, 본 논문에서 제안하는 M2M 직접통신을 위한 프레임 구조는 기존 셀룰라시스템과의 호환성을 유지하면서, M2M 단말간 직접통신을 위한 추가적인 주파수 소요 없이 한정된 주파수 자원을 효율적으로 활용할 수 있는 방안이 되리라 예상된다.

Abstract

We propose PHY Frame Structure for M2M direct communications in licensed frequency band. Especially, the proposed PHY Frame Structure coexists in the same licensed frequency band as currently operating cellular systems. Recently, Machine to Machine (M2M) service markets, including SmartGrid, Mobile Health, and Smart Car, are being rapidly expanded. Supporting M2M services in a specific case can waste Radio Resource in cellular systems. For example, when two M2M terminals communicating to each other are closely located, direct communication is radio resource efficient. In this paper, we set the requirement of maintaining the existing PHY frame structure in cellular systems to meet the backward compatibility. Based on this backward compatibility requirement, PHY frame structure for M2M direct communications is developed while satisfying coexistence with current operating cellular system. The proposed PHY frame structure meets backward compatibility. Accordingly, it is expected that the proposed M2M frame structure is useful for its frequency resource efficiency.

Keywords : Frame Structure, M2M, Direct Communications

I. 서 론

최근 들어 커넥티드카, 모바일헬스, 스마트그리드 분야에서 M2M 서비스 시장이 빠르게 성장하고 있다^[1~3].

일례로, 스마트그리드 분야에서는 효율적 전력사용을 위해서 가정 내 가전기와 전력사업자 서버 간에 사람의 조작 없이 통신이 이루어진다. 전력사업자 서버는 시간에 따라 변하는 전력 가격정보를 가전기에 주기적으로 전송하며, 가전기에 탑재된 통신모듈은 전력사용량을 전력사업자 서버로 전송한다. 이동통신기기가 단순히 사람간의 음성통화를 제공해주거나, 인터넷에 접속해 필요한 정보를 제공받는 수준을 넘어, 이동통신기기 스스로 필요한 정보를 송수신하는 시대가 도래한 것이다. 앞서 언급한 M2M 서비스를 셀룰라 망에서 지원하기 위해서 3GPP와 IEEE에서 Air Interface 기술규

* 정회원, 인하공업전문대학 정보통신과
(Inha Technical College, Information & Communications Department)

※ 이 논문은 2012학년도 인하공업전문대학 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음 (This work was supported by INHA TECHNICAL COLLEGE Research Grant).

접수일자: 2012년10월2일, 수정완료일: 2013년1월20일

격을 활발하게 진행중에 있다. 3GPP에서는 MTC (Machine Type Communication)이라는 용어를 사용하여 M2M 표준화를 하고 있으며, IEEE에서는 IEEE 802.16p Task Group에서 M2M 표준화가 진행 중이다^[4-7]. 이 두 표준화 단체에서는 많은 수의 M2M 단말을 지원하기 위해, Air Interface 기술 규격중 MAC 계층을 개선하는 수준으로 진행 중이다. 하지만, 향후 M2M 서비스가 확대 전개될 경우를 고려하면, 많은 수의 M2M 단말을 서비스할 수 있는 적극적인 Air Interface 기술 개선이 필요하다.

직접통신 또는 D2D(Device to Device)기술은 기지국-단말 경로로 통신하는 셀룰라시스템과는 다르게 단말끼리 직접 통신을 하므로, 주파수자원 사용효율이 이론적으로 50% 좋아진다. M2M 서버 또는 M2M 단말들이 서로 인접하여 위치한 시나리오에서 적용이 가능하기 때문에, 직접통신 기술은 궁극적으로 많은 수의 M2M 단말을 지원하기에 적합하다. 일례로, 표준화되어 상용중인 직접통신 기술은 Wi-Fi P2P(Peer to Peer)^[8]이다. Wi-Fi P2P의 Air Interface 규격은 Wi-Fi 기술과 동일한 IEEE 802.11n을 기본골격으로 유지하면서 단말간 직접통신에 필요한 MAC 기술을 추가하고 있다. 지금까지 개발된 직접통신 기술(예, Wi-Fi P2P)은 Unlicensed 주파수 대역에서 운용하는 것을 목적으로 개발되었기 때문에 간섭관리가 어렵고, 따라서 보안(Safety)과 신뢰도(Reliability)가 취약한 단점이 있다. SmartGrid, eHealth, Automotive 분야를 포함한 많은 M2M 서비스에서는 보안과 신뢰도가 중요한 요구사항이기 때문에, M2M 서비스를 licensed 주파수대역에서 운용해야할 필요성이 커지고 있다. 이러한 기술적 요구사항을 고려하여, M2M 서비스를 위해서는 licensed 대역에서 운용될 수 있는 직접통신 기술이 필요하다.

최근 들어, 셀룰라시스템과 직접통신시스템을 공존 운용하는 연구가 진행되고 있다. [9-11]에서는 셀룰라 시스템과 단말간 직접통신시스템간 공존운용 과정에서 시스템끼리의 간섭환경을 가정하고, 간섭을 완화하고자 하는 연구를 진행하였다. 간섭이슈는 이동통신 사업자 입장에서는 비즈니스에 큰 영향을 주는 중요한 사항이다.

본 논문에서는 이러한 이동통신사업자 관심사항을 고려하여 공존운용에 의한 간섭 문제 해결을 위해 보다 현실적인 방향에서 접근한다. 셀룰라 통신시스템과

M2M 단말간 직접통신시스템이 동일한 licensed 주파수 대역에서 공존운용 하도록하는 PHY 프레임구조 설계 과정에서 통신 시스템간 간섭이 없도록 하는 것을 요구조건으로 설정한다. 이러한 요구조건을 기반으로 공존 운용 시 간섭이 없도록 하는 M2M 단말 직접링크 PHY(Physical) Frame Structure를 제안한다. 또한, 물리채널 자원 활용도를 최적화하기 위해서 공존운용 과정에서 기존의 통신시스템인 기지국링크와 M2M 직접링크 구간의 자원 활용의 자유도를 확보하는 방안을 제안한다.

II. Cellular Frame Structure

본 논문에서는 셀룰라시스템은 3gpp LTE를 고려한다. 3GPP LTE 시스템 요구사항인 주파수 유연성(Flexibility)과 확장성(Scalability)을 고려하여 LTE 에서는 그림 1에서와 같이 1.4MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz 의 대역폭을 지원한다. 단말의 지원 대역폭에 관계없이 단말이 시스템 정보를 수신할 수 있도록 하기 위해서 시스템 접속에 필요한 정보들은 중앙의 1.4MHz 대역에서 전송된다. 즉, 단말이 셀 탐색 및 초기접속을 위해 전송되는 PSS (Primary Synchronization Signal), SSS (Secondary Synchronization Signal), PBCH(Physical Broadcast Channel)는 시스템 대역폭에 상관없이 항상 가운데 위치한 1.4MHz 대역폭에서 전송된다. 그림 2는 FDD (Frequency Division Duplex) 에서의 3gpp LTE(Long Term Evolution) 프레임구조이다. 10ms 프레임(Frame)은 1ms 길이인 부프레임(subframe) 10개로 구성되며,

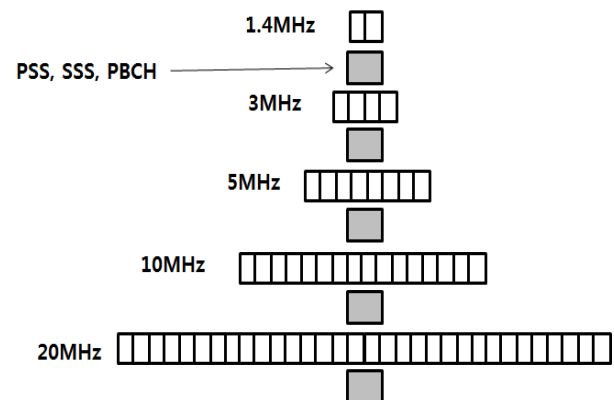


그림 1. LTE 주파수 확장성(Scalability)
Fig. 1. LTE Frequency Scalability.

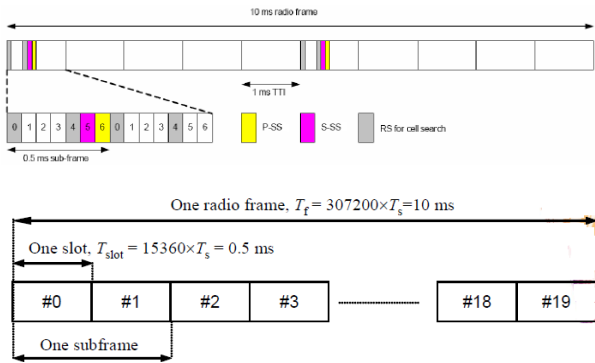


그림 2. LTE 프레임구조
Fig. 2. LTE Frame Structure.

부프레임이 전송의 기본 단위인 TTI(Transmit Time Interval)이 된다. 하나의 부프레임은 0.5ms 길이인 슬롯(Slot) 2개로 구성된다.

네트워크 접속에 필요한 System Frame Number (SFN) 등을 포함하는 MIB(Master Information Block)은 BCH(Broadcast Channel)를 통해 전송되는데, BCH는 10ms 프레임에서 제일 첫 번째 부프레임중 두 번째 슬롯의 첫 4개의 심볼구간 동안 전송된다. 단말에게 제어 채널 전송영역을 알려주기 위하여 10ms 부프레임 제일 첫 번째 OFDMA 심볼영역을 통해서 Physical Control Format Indicator Channel(PCFICH)이 전송된다. 제어 채널 정보 전송 영역은 부프레임 첫 번째 3개 OFDMA 심볼까지 차지할 수 있으며, 이 영역을 통해서 상향링크와 하향링크의 자원할당정보를 알려준다. 상향링크 구간은 데이터 전송을 위한 Physical Uplink Shared Channel(PUSCH)과 채널품질정보를 알려주는 CQI(Channel Quality Indication)와 HARQ 재전송을 알려주는 ACK/NACK를 포함하는 Uplink 정보를 알려주는 등 전송/재전송을 알려주기 위한 Physical Uplink Control Channel(PUCCH) 그리고 Random access preamble 전송을 위한 Physical Random Access Channel(PRACH)로 구성된다. 앞서 언급한 PUSCH, PUCCH, PRACH의 전송주기 및 전송구간은 사전에 기지국에 의해 알 수 있으며, 변경이 가능하다. 그림 3은 셀룰라시스템이 운용중인 하나의 셀내에서 동일한 licensed 주파수 대역을 이용하여 M2M 단말간 직접통신을 공존 운용하는 시나리오이다.

추가적인 licensed 주파수 대역 할당 없이 M2M 단말간 직접통신을 운용하려면 셀룰라 시스템이 운용중인 주파수 대역에서 M2M 단말간 직접통신을 공존시키는

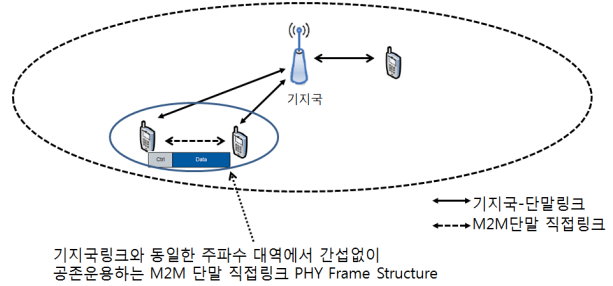


그림 3. 공존운용 시나리오
Fig. 3. Coexistence Scenario.

방안이 현실적이다. 두 개의 통신시스템이 동일한 주파수 대역에서 공존 운용함에 있어서 가장 먼저 고려되어야 할 사항이 간섭이슈이다.

특히, 신규통신시스템인 M2M 단말간 직접통신으로 인해 기존 통신시스템인 셀룰라 시스템이 간섭으로 인한 성능의 영향을 받아서는 안 된다. 따라서, 동일한 주파수 대역에서 두 개의 통신시스템을 간섭없이 공존운용 하도록 하는 PHY Frame Structure가 필요하다. 구체적으로, 이미 운용중인 경우에는 기존 셀룰라시스템의 프레임 구조 변경없이, M2M 단말간 직접통신시스템의 PHY프레임 구조가 설계되어야 한다.

III. M2M PHY Frame Structure

A. Operational Scenario and Design Requirement

M2M 단말이 M2M 단말간 직접통신을 수행하기 위해서는 먼저 기지국에 초기접속하고, M2M 단말간 직접통신에 필요한 절차 및 정보를 기지국으로부터 주고받는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 M2M 단말의 기지국 초기접속 절차가 정상적으로 마무리된 것으로 가정하고, 이후 M2M 단말간 직접통신을 동작시키기 위한 물리계층 프레임 구조에 대해서만 기술하기로 한다. 본 논문에서는 그림 3에서와 같이 셀룰라시스템에서 기지국과 단말간의 통신을 ‘기지국-단말 링크’라고 칭하고, 신규통신시스템인 M2M 단말간 직접통신을 ‘M2M 단말 직접링크’라고 부르기로 약속한다.

M2M 단말간 직접통신을 운용하기 위해 추가적인 licensed 주파수 대역을 할당하지 않기 때문에, 기지국-단말 링크(예, LTE)를 운용중인 licensed 주파수 대역에서 M2M 단말 직접링크가 공존되어야 한다. 두 개의 통신시스템이 동일한 주파수 대역에서 공존하는 과정에



그림 4. 공존 운용 프레임구조
Fig. 4. Coexistence Frame Structure.

서 M2M 단말간 직접통신 시스템이 기존 통신시스템에 간섭의 영향을 포함한 성능 열화와 같은 영향을 줄 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 동일한 licensed 주파수 대역에 공존운용하면서 시스템간 간섭이 없도록 M2M 단말간 직접링크 프레임구조를 설계한다.

B. M2M PHY Frame Structure for Coexistence

M2M 직접링크에 적용되는 물리채널 파라미터는 기지국-단말 링크, 즉, 기존 셀룰라시스템인 LTE에서 정의하고 있는 OFDMA PHY Parameter를 적용할 경우 두 개의 통신시스템이 동일한 주파수 자원에서 공존 운용하는 과정에서 사용하지 못하고 낭비하는 시간 축 자원과 주파수 축 자원이 발생할 가능성이 있다. M2M 단말은 M2M 단말 직접링크를 통해서 다른 M2M 단말과 통신을 하기도 하지만, 초기접속 과정에서 기지국-단말 링크를 통해 기지국과 통신도 하기 때문에, 두 개의 링크(M2M 단말 직접링크, 기지국-단말 링크)에 동일한 OFDMA Parameter를 적용하는 것이 운용측면에서도 유리하다.

서로 다른 두 개의 통신시스템('기지국-단말 링크'와 'M2M 단말 직접링크')이 동일한 주파수 대역에서 간섭 없이 '공존 운용' 되기 위해서는 각각의 통신시스템이 사용하는 물리적 자원이 간섭이 없도록 분리되어야 한다. 본 논문에서는 Relay 시스템을 셀룰라시스템과 공존 운용하기 위해 적용되었던 방안 [12]을 참고한다. [12]에서는 기존 셀룰라시스템에서 하향링크와 상향링크의 일부구간을 신규 통신시스템을 위해 사용하였다. 하지만, 본 논문에서는 다음과 같은 기술적인 이유로 상향링크의 일부 구간만을 M2M 단말간 직접통신에 적용하도록 한다. [12]에서 적용한 기존 통신시스템의 프

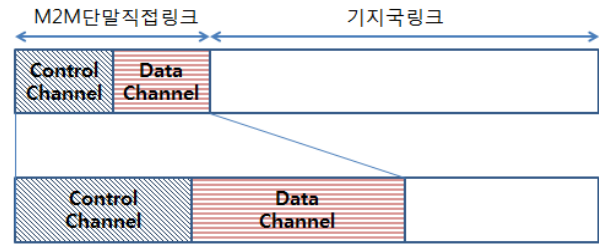


그림 5. 가변운용 프레임구조
Fig. 5. Flexible Frame Structure.

레이프 구조 길이는 5ms이다. 5ms프레임은 시간축 구조상 두 개의 통신시스템이 공존할 수 있는 길이이므로, 상향링크 뿐만 아니라, 하향링크의 일부 구간을 신규 통신시스템인 Relay 링크를 위해 적용하고 있다.

하지만, 본 논문에서 고려하는 기존 통신시스템인 LTE의 부프레임 길이는 1ms이다. 하향링크의 경우, 시스템 정보, 자원할당정보, 방송 정보 등이 1ms의 하향링크 프레임을 통해 지속적으로 전송되며, 단말은 이를 주기적으로 수신하도록 되어 있다. 기존 통신시스템의 규격변경없이 하향링크 프레임 중 일부를 신규 통신시스템을 위해 사용할 경우, 기존 통신시스템에 접속한 이동 단말이 오동작할 우려가 있어, 하향링크 구간의 일부를 신규 통신시스템과 시간적으로 분할하여 나눠 사용하는 것은 기술적으로 어려울 것으로 예상된다. 하지만, 상향링크의 경우는 기지국 시그널링에 의해서 단말이 일부 상향링크 구간에서 신호 전송을 제어할 수 있다. 기지국 제어에 의해 일부 상향링크 구간은 신규 통신시스템인 M2M 단말간 직접통신 운용을 위해 사용이 가능하다.

그림 4 는 앞서 설명한 공존운용을 위한 개략적인 공존 운용 프레임 구조이다. 기존 통신시스템인 기지국링크와 신규 통신시스템인 M2M 단말간 직접링크는 동일한 licensed 주파수대역에서 운용되지만 상향링크의 일부 구간을 시간적으로 분할하여 두 개의 시스템간 간섭을 차단한다.

C. Physical Resource Block (PRB)

앞서 언급하였듯이 본 논문에서는 LTE 시스템의 PHY Parameter를 기반으로 하는 것을 가정한다. 기지국-단말링크의 동작을 M2M 단말 직접링크에서 계속 유지하기 위해서 LTE에서 적용중인 PRB의 물리적 파라미터를 사용하는 것을 가정한다. 하지만, M2M 단말

직접링크에서 기지국-단말링크와 다른 물리적 파라미터를 사용하는 것이 기존 통신시스템의 규격변경을 요구하는 것이 아니기 때문에, M2M 단말 직접링크의 자원 활용의 최적화를 목적으로 한다면 M2M 단말이 전송하는 버스트 사이즈를 고려하여 M2M 단말 직접링크에서의 PRB 의 크기가 결정될 필요가 있다.

D. Resource Utilization Consideration

M2M 단말간 직접통신은 M2M 단말들이 서로 인접하여 위치한 시나리오에서 효율적으로 적용이 가능하다. 하나의 기지국내 다수개의 M2M 단말간 직접통신하는 링크들이 존재할 경우, 공간적 자원 활용도 (Spatial Resource Reuse) 를 이용하여 물리 채널을 재사용하는 것이 가능하다. 하지만, 직접통신하는 링크가 많아지게 되면, 직접링크를 위한 물리채널 영역을 확장해야 할 필요가 있다. 물리채널 프레임구조가 이를 지원하기 위해서는 보다 유연하게 물리채널 프레임구조가 설계되어야 한다.

그림 5는 M2M 단말간 직접통신하는 링크가 많아질 경우, 물리채널 프레임구조에서 이를 지원하기 위한 구조이다. M2M 단말 직접링크 구간을 확장하고, 기지국 링크 구간을 축소하여 물리적 자원을 가변적으로 운용하는 것이 필요하다. 가변적 프레임 구조를 운용하기 위해서 기존 기지국링크의 규격을 변경할 필요는 없다. 다만, 단말이 기지국에 접속하는 상향링크 구간에서 직접링크로 사용되는 상향링크 구간에서 접속을 못하도록 하는 기지국 제어가 필요하다. 또한, M2M 직접링크 규격에서 M2M 단말로 하여금 M2M 링크 구간 및 변경을 알려주는 시그널링을 정의하는 것이 필요하다.

IV. Numerical Example

A. Interference Avoidance

본 논문에서 제안하는 프레임 구조 즉, 기지국링크와 단말간 직접링크가 간섭이 없도록 설계된 프레임 구조가 가지는 이득은 기존 간섭완화 연구 또는 직접링크 전용주파수에서의 운용과 비교할 경우 다음의 2가지 정성적 이득으로 요약된다. 첫째, 현재 M2M 단말간 직접통신 전용으로 사용 가능한 licensed 주파수 대역이 없다는 점이다^[13]. 따라서, 대안은 동일 주파수 공존운용이 될 것이다. 둘째, 두 개의 시스템(기지국 링크와 단말

직접링크)간 간섭을 가정한 기존 연구들은 Licensed 주파수 대역에서 사업을 하는 이동통신 사업자 입장에서는 간섭이슈로 인하여 현실적으로 적용하기 어렵다는 점이다^[7]. 즉, 간섭이슈는 사업자 입장에서는 기술의 채택여부를 결정하는 중요한 사항이 된다. 하지만, 연구의 연속성과 완성도를 간섭을 가정한 기존 공존운용 시스템과의 구체적인 정량적 성능 평가를 보여줄 필요는 있다. 구체적인 정량적 평가를 위해서는 시스템간 간섭이슈를 다루고 있으므로, 제어채널 및 데이터 채널을 포함한 System Level Simulation 이 필요하다. 현재 본 연구의 프레임 구조를 기반으로 하는 제어채널의 설계와 데이터채널 설계가 진행중이며, 간섭이슈와 관련된 정량 평가는 Future Work에서 다룰 예정이다.

B. Flexible Frame Structure

가변적 프레임 구조의 정량적 이득을 간단한 예제를 통해서 살펴보기로 한다. 동일 licensed 주파수 대역에서의 공존운용의 장점은 기지국링크와 단말간 직접링크의 공존운용 구간을 가변적으로 운용할 수 있다는 점이다. 본 논문에서는 직접링크의 트래픽 양에 따라 직접링크 구간을 가변적으로 운용하는 프레임 구조를 '동적 구조'라 칭하고, 직접링크 구간이 고정되는 프레임 구조를 '정적 구조'라 칭한다. 그림 6의 예제를 보이기 위해 다음과 같은 파라미터 및 가정을 적용한다. LTE 시스템 Bandwidth 10MHz (하향링크:5MHz, 상향링크:5MHz)에서 상향링크 5MHz를 시간축으로 1:1 분할하여 기지국링크와 단말링크에 할당하는 정적구조를 구성한다. 기지국 링크와 단말 직접링크에 적용되는 MCS Level 은 QPSK 1/2 한가지로 고정한다. 기지국링크와 직접링크에서 시그널링을 위한 제어채널은 고려하지 않고, 모두 데이터채널로 사용한다. 동적 구조에서도 정적 구조에서 사용한 파라미터와 가정을 그대로 적용한다. 다만, 동적구조의 특성을 보여주기 위해 기지국 링크와 단말 직접링크 구간 비율을 비율만큼 조정한다.

그림 6 에서는 직접링크에서의 트래픽 양과 기지국 링크에서의 사용가능한 물리자원 양과의 관계를 보여준다. 가로축에서 트래픽양과 직접링크 구간비율이 1이라는 것은 정적구조에서 직접통신 영역이 최대로 지원할 수 있는 트래픽 양을 의미한다. 정적 구조에서는 단말간 직접통신 영역이 고정되어 있다. 따라서, 단말간 직접통신 트래픽이 증가할 경우, 단말간 직접통신 영역의

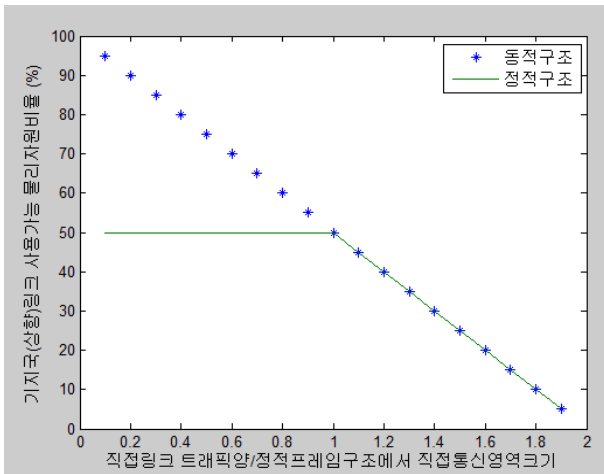


그림 6. Flexible Frame Structure의 이득 예제 (상향링크)

Fig. 6. A Gain Example of Flexible Frame Structure. (Uplink).

포화상태로 인해 직접링크로 전송하지 못하는 트래픽은 기지국 링크에서 전송이 이루어진다. 기지국 링크를 이용하여 트래픽이 전송될 경우, 단말-기지국-단말의 경로로 트래픽이 전송되므로, 기지국링크의 상향링크 구간과 하향링크 구간을 사용하게 된다. 트래픽 양 비율이 1보다 작을 경우, 정적구조에서는 사용하지 않고 남은 직접링크영역이 발생하게 된다. 반면, 동적구조에서는 단말간 직접통신구간에서의 트래픽이 증가할 경우 직접통신 영역을 증가시켜 주고, 트래픽이 감소할 경우에는 직접통신 영역을 작게 해줌으로 실질적으로 기지국링크의 사용가능한 물리자원을 최적화 할 수 있게 된다. 공존운용은 이미 셀룰라 시스템(기지국링크)이 운용 중인 주파수 영역에서 직접링크를 추가로 운용하는 것이기에 직접링크를 추가로 운용함에 따라 기지국링크의 잔여 물리자원이 중요한 성능 지표가 될 수 있다. 따라서, 그림 6에서 세로축은 기지국링크에서 사용가능한 물리 자원을 표시하기로 한다. 그림 6의 정적구조에서 적용한 기지국링크와 단말간 직접링크 비율이 1:1 이다. 직접링크의 트래픽이 모두 직접링크를 통해 전송될 경우 정적구조에서 기지국링크 영역은 모두 사용가능한 영역이 된다. 그림 6 세로축에서는 기지국링크에서 사용가능한 영역을 전체 영역(기지국링크영역+단말간 직접링크영역)으로 정규화하였다. 따라서, 1:1 비율에서는 기지국 사용가능한 영역 이 전체 영역의 50% 이다. 정적구조의 경우 트래픽비율이 1보다 커짐에 따라 기지국링크의 사용가능한 물리자원이 크게 감소한다. 트래

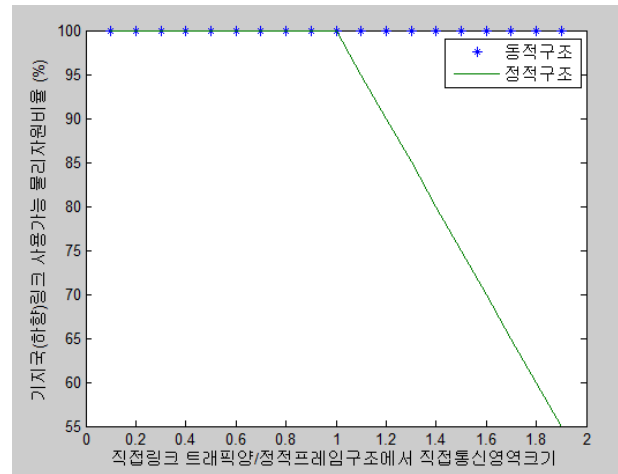


그림 7. Flexible Frame Structure의 이득 예제 (하향링크)

Fig. 7. A Gain Example of Flexible Frame Structure. (Downlink)

픽 비율이 1보다 작아져도 기지국링크의 사용가능한 물리자원은 커지지 않는다. 반면, 동적구조에서는 트래픽 비율이 1보다 작아질 경우 직접링크 구간을 작게하고, 기지국링크구간을 크게 하여 결과적으로 기지국링크의 사용가능한 물리자원비율을 키지게 한다. 또한, 트래픽 비율이 1보다 커질 경우, 직접링크 구간을 트래픽 비율에 맞게 크게하여, 사용가능한 기지국링크 구간의 감소를 최소화한다. 그림 7은 그림 6과 동일한 실험조건에서 기지국링크의 하향링크 사용가능한 자원비율을 보여 준다. 그림 7에서는 기지국 하향링크의 모든 자원을 사용 가능할 경우를 100%로 계산한다. 동적구조의 경우, 직접링크의 트래픽 분포에 따라 직접링크 구간이 가변적이고, 따라서, 사용가능한 기지국링크 하향링크 구간은 항상 100% 이다. 반면, 정적구조의 경우, 직접링크 트래픽량이 직접링크 구간의 포화가 발생하면 기지국링크의 상향링크와 하향링크 구간을 사용하여 전송이 이루어진다. 그림 7에서 보여주는 바와 같이 직접링크 트래픽의 증가와 함께 기지국 하향링크의 사용가능한 물리자원은 줄어들게 된다.

V. Summary and Future Work

본 논문에서는 Licensed 주파수 대역에서 M2M 단말간 직접통신을 운용하기 위한 프레임구조를 제안하였다. 특히, Licensed 주파수 대역이 부족한 현재의 주파수 현황을 고려하여, 기존 통신시스템과 licensed 주파

수 대역을 공존 운용하도록 하는 M2M 단말간 직접통신시스템의 프레임구조를 제안하였다. 동일한 주파수 대역을 공존운용하는 과정에서 발생할 수 있는 간섭을 차단하고자 이를 고려하여 M2M 직접링크의 프레임 구조를 제안하였다. M2M 직접링크를 기존 주파수 대역에서 공존운용하기 위해서는 기존 통신시스템에서 M2M 단말간 직접링크로 운용될 자원영역인 상향링크 일부구간 영역을 비워두도록 운용이 필요하다. 이는 기지국 스케줄링 이슈에 해당한다.

M2M 단말 직접링크는 기존 통신시스템의 규격을 변경할 필요 없이 정의될 수 있는 부분이기 때문에 M2M 단말 직접링크의 최적화가 가능하다. 또한, M2M 단말이 전송하는 버스트 사이즈를 고려하여 M2M 단말간 직접링크에 적용될 PRB를 설계하는 것이 필요하다. 또한, M2M 단말간 링크에서의 효과적인 Link Adaptation을 위해서 HARQ 적용을 위한 ACK Channel 설계, CQI 채널 설계도 필요하다. 따라서, 본 연구에서 제안한 M2M 단말간 직접링크 PHY 프레임구조를 기반으로 앞서 언급한 M2M 단말간 직접링크에서의 PRB, HARQ 적용을 위한 ACK Channel 설계, CQI 채널 설계를 하고, 이를 통합하여 공존운용환경에서 M2M 단말간 직접링크의 성능을 검증 할 예정이다.

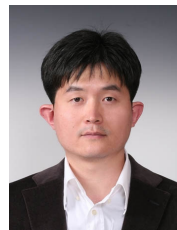
본 논문에서는 공존운용에서 시스템간 간섭이 없도록 하는 PHY Frame Structure 이슈를 다루었다. 실제 통신시스템의 성능과 통신프로토콜에서는 PHY이슈와 MAC 이슈가 서로 맞물리게 된다. 본 논문이 제안하는 간섭이 없도록 하는 직접통신 PHY 프레임구조는 기존의 직접통신 MAC 기술들과 일부 기술을 제외하고는 대부분 호환이 가능하리라 예상된다. 자원할당 구조, CQI, HARQ 관련 기술들은 PHY 프레임구조와 연관성이 크므로 별도의 설계가 필요하다. 보다 구체적인 PHY 기술과 기존 MAC 기술의 성능측면에서의 상호연관관계는 Future Work에서 계속 진행할 예정이다.

참고 문헌

[1] Alcatel-Lucent, "LTE Connected Car," NG connected program, 2011.
 [2] Intel, "Continua Health Alliance Overview," 2010,
 [3] Accenture, "Accelerating Smart Grid Investments," World Economic Forum, 2009.
 [4] 3GPP, TR 23.888, System improvements for

Machine-Type Communications (MTC).
 [5] 3GPP, TS 22.368, Service Requirements for Machine-Type Communications (MTC).
 [6] IEEE P802.16p/D1: Draft Amendment to IEEE Standard Air Interface for Broadband Wireless Access Systems Enhancements to Support Machine-to-Machine Applications 2011.
 [7] ETSI, "Standardization of Machine-type Communications," V0.1.1 2011.6.
 [8] Wi-Fi Alliance, "Wi-Fi Peer to Peer (P2P) Technical Specification version 1.1" 2010.
 [9] F.H.P. Fitzek et al., "Cellular Controlled Short-Range Communication for Cooperative P2P Networking," in Wireless World Research Forum (WWRF) 17, Germany, 2006.
 [10] M. Zulhasnine et al. "Efficient Resource Allocation for Device-to-Device Communication Underlying LTE Network," IEEE 6th ICWMCNC 2010.
 [11] G. Fodor et al., "Performance Analysis of Cellular Network Assisted D2D Communications," SNCNW 2011.
 [12] Changyoon Oh et al., "Frame Structure for 2-hop relay," IEEE 802.16 project, November 2006.
 [13] 국내 주파수 이용현황,
<http://www.spectrum.or.kr/addOn/freq/allocationDiagram.jsp?c=200>.

저자 소개



오 창 윤(정회원)

1999년 연세대학교 전기공학과
학사 졸업

2001년 Pennsylvania State
University, Electrical
Engineering 석사 졸업

2005년 Pennsylvania State
University Electrical
Engineering 박사 졸업

2005년~2011년 삼성전자 DMC연구소
책임연구원

2011년~현재 인하공업전문대학 정보통신과 교수
<주관심분야 : Air Interface PHY/MAC 표준화,
Resource Management, Frame Structure,
Interference Alignment>