

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.2.381

JCCT 2019-5-48

mmWave기반의 MXN 빔 탐색 및 링크설정 방식 분석

Analysis of Beam Discovery and Link setup for MXN based mmWave

백승권*, 한기준*

Seungkwon Baek*, Kijun Han***

요약 본 논문에서는 5G 이동통신 무선접속망의 프론트홀(fronthaul), 미드홀(midhaul), 백홀(backhaul) 설치 비용 효율성과 구축 용이성을 증대시키기 위해 제안된 MXN의 구조 및 동작절차를 제시하고, XDU 탐색 및 xhaul 링크 설정방식을 분석하였다. 특히 본 논문에서는 mmWave기반의 xhaul 링크 설정을 위한 여러 형태의 빔탐색 방식을 제시하고 이들 방식에 대한 성능 분석을 수행하였다. 성능 분석의 결과 제안한 임계치 기반의 탐색 혹은 획득 정보기반의 탐색은 모든 빔을 순차적으로 탐색하는 전체 빔 탐색 방식에 비해 50%이하의 짧은 탐색 지연시간을 보장함을 알 수 있었다.

주요어 : 이동 엑스홀 네트워크, 엑스홀, mmWave, 노드 탐색, 링크 설정

Abstract In this paper, we propose a new wireless transport network, which is named as Mobile Xhaul Network(MXN), that is enable to bring cost efficiency of fronthaul, midhaul and backhaul and to make easy installation of 5G Radio Access Network(RAN). For this purpose, we design XDU discovery and xhaul link setup mechanism with MXN architecture and operational procedure. Especially, in this paper, we propose various types of beam discovery mechanisms for mmWave based radio access on XDU and evaluate proposed schemes. The Simulation result shows that threshold based scheme and information based scheme have less than about 50% beam discovery latency compared to full search scheme.

Key words : Mobile Xahul Network, Xhaul, mmWave, Node Discovery, Link Setup

1. 서 론

5G 는 eMBB (enhanced Mobile Broadband), URLLC (Ultra-Reliable and Low Latency Communications) 그리고 mMTC(massive Machine Type Communications)

와 같은 다양한 서비스 시나리오를 지원하고, '언제 어디서나 환경의 제약 없이 사람과 사물을 포함한 모든 사용자에게 기가급(Gbps) 서비스 제공'을 목표로 한다[1][2]. 이러한 5G 이동통신 무선접속망은 기가급수적으로 증가하는 모바일 데이터 트래픽을 수용하고 높은 전송율을

*정회원, 한국전자통신연구원(경북대 IT대학 컴퓨터학부)(제1저자)Received: January 27, 2019 / Revised: February 28, 2019

**정회원, 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부 (교신저자)

접수일: 2019년 1월 27일, 수정완료일: 2019년 2월 28일

게재확정일: 2019년 3월 29일

Accepted: March 29, 2019

*First Author: skback@etri.re.kr

*Corresponding Author: kjhan@knu.ac.kr

School of Computer Science and Engineering,

Kyungpook Univ, Korea

요구하는 다양한 응용 서비스를 지원하기 위해서 CU (Central Unit) 및 DU(Distributed Unit)기반의 향상된 C-RAN (Cloud-Radio Access Network)구조를 가진 밀집된 형태로 진화하고 있다[3].

이런 형태의 무선 액세스 구간에서의 트래픽 폭증과 기지국의 조밀화는 5G 이동통신 네트워크의 모세관 현상을 촉발하여 RAN 내부의 기능노드 및 RAN과 핵심망(Core Network)의 연결 밀도를 높이게 되므로 이동통신사업자는 5G 이동통신망 구축을 위한 대규모의 구축비용이 요구되고 있다[4]. 이와 더불어 대규모 콘서트, 동계 올림픽과 같이 모바일 데이터 트래픽이 일시적으로 폭증했다가 사라지는 불연속적 모바일 트래픽 혼잡 환경이 많아질수록, 최대 트래픽 수요량을 기준으로 네트워크를 구축·관리해야 하는 이동통신 사업자의 네트워크 총 소유 비용 (TCO, Total Cost of Ownership)은 더욱 가중되고 있다. 따라서 네트워크 구조의 유연성을 증대시키고 5G 서비스 제공을 위해 구축·증설 비용을 절감할 수 있는 새로운 개념의 통합형 무선전송망인 MXN으로의 진화가 필요하다 [5][6].

MXN은 mmWave를 기반으로 이동통신 무선접속망의 프론트홀(fronthaul), 미드홀(midhaul), 그리고 백홀(backhaul)기능을 제공한다. 하지만, mmWave 대역을 사용하는 MXN은 높은 경로 손실 및 강우 손실 등의 영향으로 인하여 송수신기 사이의 무선링크에서 상대적으로 열악한 채널 환경을 가진다는 단점이 있다. 이러한 높은 채널 손실을 극복하고 통신 링크를 설정하고 유지하기 위하여 MXN 시스템은 대규모 안테나 구성과 이를 통한 빔포밍(beam forming)이 필수적이다[7][8]. 이러한 특성으로 인해 MXN 시스템은 빔 기반의 전송 방식 구현이 필요하며, 특히 초기 접속에 필요한 링크 설정 단계에서 방사형(omni-directional)빔을 사용하는 시스템과 다른 형태의 링크 설정 방식 및 알고리즘의 설계가 요구된다[9][10].

본 논문에서는 앞서 기술한 MXN(Mobile Xhaul Network)의 개념 및 xhaul 링크설정을 위한 접속 방식을 제시하고 mmWave기반의 MXN 빔 탐색 및 접속지연 감소를 위한 방식을 제시한다. 또, 제안된 빔 탐색 및 접속지연 방식에 대한 실험 및 분석을 통해 제안한 방식의 성능평가 결과를 제시한다.

II. MXN의 구조 및 동작절차

1. MXN 구조

이동 엑스홀 네트워크(Mobile Xhaul Network; MXN)는 프론트홀(fronthaul), 미드홀(midhaul), 그리고 백홀(backhaul)을 단일한 전송 프로토콜로 무선화하고 다중접속 기반의 유연한 토폴로지를 제공하며 무선 접속망의 이동성을 지원하는 전송망이며 그림 1의 구조를 갖는다.

MXN의 기능노드는 XCU(Xhaul Central Unit) 및 XDU(Xhaul Distributed Unit)로 구성된다. XCU는 MXN의 토폴로지 및 데이터 경로를 관리하고, 전송 노드인 XDU의 등록 및 인증기능을 통해 중앙 집중적인 제어기능을 수행한다. XDU는 MXN의 무선 접속 및 송/수신기능을 담당하는 기능 노드이며 다중 접속기반의 연결성을 갖는다. MXN의 토폴로지는 XDU의 가변적인 연결에 의해서 구성되며 XDU간의 무선전송 링크를 xhaul링크로 정의한다.

XDU와 XCU는 프로토콜 동작을 위해서 H2 및 H3 참조점을 가진다. H2 참조점은 XDU간의 프로토콜 메시지 및 데이터 교환을 위해 사용되며, H3 참조점은 XCU와 XDU간의 제어 및 운용 정보 교환을 위해서 사용된다.

2. MXN 기능 및 절차

MXN은 다음과 같은 기능 및 동작절차를 통해 프론트홀, 미드홀, 백홀과 같은 다양한 무선접속망의 전송망 기능을 담당한다.

2.1 XDU 탐색 및 링크 설정

XDU 탐색 및 링크설정절차는 XDU가 주변의 동작 중인 XDU에 대한 탐색을 수행하고 탐색을 통해 식별된 주변 XDU와의 무선링크를 설정하는 절차이다.

2.2 MXN 무선전송

MXN은 6GHz 이하 및 6GHz 이상의 주파수 대역을 사용한 무선 전송을 모두 지원하지만 광대역 전송이 가능한 밀리미터파 주파수 대역을 주요 주파수 대역으로 사용한다. 또, MXN의 xhaul링크는 액세스링크와 달리 이동통신 네트워크를 구성하는 전송망의 링크이므로 전송 신뢰성 보장 및 부하 분산이 필요하며 이를 위해

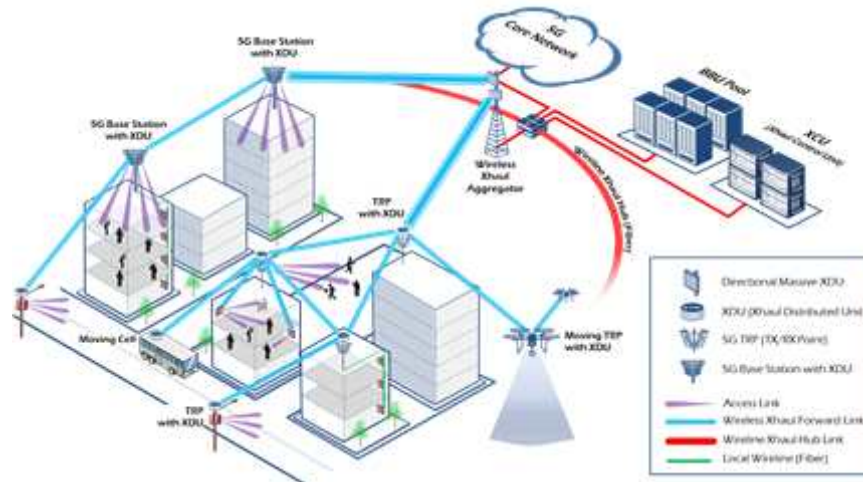


그림 1. MXN의 구조
 Figure 1. MXN architecture

부분적인 메시 구조의 네트워크 연결 형태를 갖는다. 이를 위해서 MXN에서는 대규모 안테나를 이용한 공간 필터링 기법을 이용하여 동일한 무선 자원을 사용하여 전송되는 신호 간 간섭을 완화시키고 무선 자원의 재사용률을 높여 전송 용량을 증가시킨다.

2.3 MXN 무선 자원 관리

MXN은 제한된 무선자원을 이용하여 프론트홀, 미드홀, 백홀의 전송망 기능을 통합적으로 제공하고, 다양한 형태의 QoS를 보장해야 하므로 Xhaul링크를 위한 효율적인 무선 자원 관리기능을 수행한다.

2.4 MXN 경로관리

MXN 경로 관리 기능은 하나 이상의 xhaul링크 설정을 통해 XDU들간의 데이터 전송을 위한 경로를 설정하는 것을 의미한다. MXN 경로 관리 기능은 XDU의 망 등록, 특정 XDU의 부하 증가, blockage에 의한 일시적인 신호 감쇄, XDU의 핸드오버 등으로 수행될 수 있다.

2.5 XDU 이동성 관리

MXN은 XDU의 서비스 영역이 변경되는 경우 설정된 xhaul링크의 핸드오버를 통해 서비스 연속성을 제공하기 위해서 xhaul 링크품질측정을 기반으로 mmWave 대역의 주파수 특성과 빔 성형 기법을 고려한 다중연결(multi connectivity) 기반의 이동성 관리 기능을 수행한다.

III. XDU 탐색 및 링크설정 방식

본 절에서 기술하는 master XDU는 MXN에 등록된 XDU를 의미하며 slave XDU는 MXN에 접속을 요청하는 XDU를 의미한다.

1. XDU 탐색을 동기 신호 및 물리계층 구조

MXN에서 XDU를 탐색하기 위해서는 동기 신호(SS, synchronization signal)가 사용된다. slave XDU는 초기 접속 및 재접속 시 SS를 사용하여 master XDU와 주파수 동기 및 시간 동기화를 수행하며, 동기신호를 통해 빔탐색의 암시적 정보로 얻는다.

MXN의 동기신호는 PSS(Primary SS)와 SSS(Secundary SS)로 나누어 볼 수 있다. PSS는 심볼 타이밍 및 주파수 동기를 위해 사용되며, PSS 검출 이후 SSS 검출을 통하여 MXN의 무선 프레임의 동기 및 master XDU의 섹터 식별자 획득이 가능하다. MXN의 동기신호는 지정된 주파수 시간 영역에서 주기적으로 전송되며 빔 스위핑 영역에서는 세 개의 동기 신호(SS1, SS2, SS3)가 전송된다. 이들 신호 중에서 SS1, SS2는 앞서 기술한 PSS와 SSS로 매핑되며, SS3는 빔 식별자전송을 위한 동기 신호이다. 그림 2는 MXN의 빔탐색 및 동기획득을 위한 무선 프레임의 구조를 나타낸 것이다.

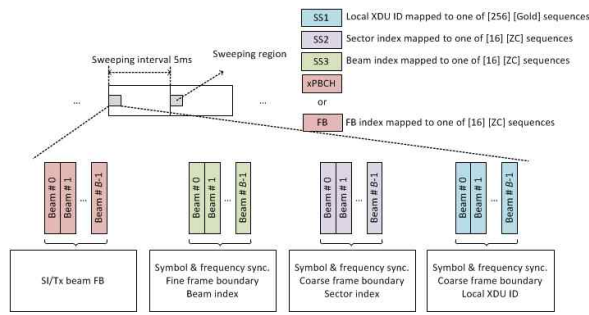


그림 2. 빔탐색 및 동기획득을 위한 무선 프레임 구조
Figure 2. Radio Frame structure for beam search and synchronization

2. XDU 탐색 및 xhaul 무선링크 설정절차

XDU 탐색 및 무선링크 설정절차는 XDU가 주변의 동작 중인 XDU를 탐색하고 탐색된 XDU와의 무선링크 설정을 위한 절차이다. XDU의 탐색 절차는 XDU의 존재를 확인하고 식별하는 노드 탐색(node discovery)과 식별된 해당 XDU와의 빔포밍(beam forming)을 통해 통신에 필요한 방향성을 확인하는 방향 탐색(direction discovery)를 포함한다. 무선링크 설정절차는 탐색된 XDU와의 무선기반의 xhaul링크를 설정하는 절차이다. XDU 탐색 및 xhaul 링크설정 절차는 다음과 같다.

1) M1: master XDU의 DRS(m) 전송

master XDU는 섹터(sector)정보 및 빔(beam)정보를 포함한 DRS(m)메시지를 주기적으로 전송한다. DRS(m)은 무선채널로 전송되는 동기신호로 활용되며, XDU는 빔 스위핑(beam sweeping)을 위해 섹터 내의 모든 빔을 통해 순차적으로 전송된다.

2) M2: slave XDU의 DRS(s) 전송

slave XDU는 주변의 XDU로부터DRS(m)들을 수신한 후 특정 XDU의 sector를 선택한 후 접속 시도를 위해 DRS(s)를 전송한다. DRS(s)는 DRS(m)과 유사하게 빔 스위핑을 위해 빔별로 전송되는 동기신호이며 DRS(m)의 수신 무선자원과 연관된 무선자원을 통해 전송된다.

3) M3: 접속 응답((Access Response) 전송

DRS(s)를 수신한 master XDU는 slave XDU의 송신 섹터 식별자, 빔 식별자, 전송 타이밍 보정(Timing Adjustment; TA) 정보가 포함된 접속응답 메시지를 전송한다. 만약, 초기 접속인 경우에는 접속확인 메시지(M4) 전송을 위한 무선 자원할당 정보(Grant information)가 포함된다.

4) M4: 접속 확인(access indication) 및 무선링크 설정

slave XDU가 master XDU로부터 초기 접속 응답 메시지를 수신한 후에 DRS(s) 전송에 사용된 자신의 pSector ID 포함여부를 확인한 후 접속 확인 메시지(Access Indication)를 전송한다. 접속 확인 메시지는 DRS(m) 혹은 접속 응답 메시지에서 수신한 master XDU의 섹터 식별자 및 송신 빔 식별자를 포함하며, 무선링크 설정 요구(link setup request) 메시지가 함께 전송될 수 있다.

5) M5: 무선링크 설정 응답(link setup response)전송

무선링크 설정 요구 메시지를 수신한 master XDU가 DRS(s)에 대한 contention resolution을 수행한 후, 이에 대한 응답으로 XDU 간의 무선링크 설정에 필요한 정보 및 XDU 고유정보를 포함한 무선링크 설정 응답(link setup response) 메시지를 전송한다.

6) M6:무선링크 설정완료(link setup complete) 전송

무선링크 설정 응답 메시지를 수신한 slave XDU는 무선링크 설정 응답 메시지 내에 포함된 XDU고유정보가 자신이 전송한 정보와 일치하는 경우에 무선링크 설정 완료(link setup complete)를 master XDU로 전송한다. 이 절차를 수행할 때 slave XDU는 인증 및 등록을 위한 메시지를 포함하여 전송할 수 있다.

그림 3은 앞서 기술한 XDU 탐색 및 링크 설정절차를 나타낸 것이다.

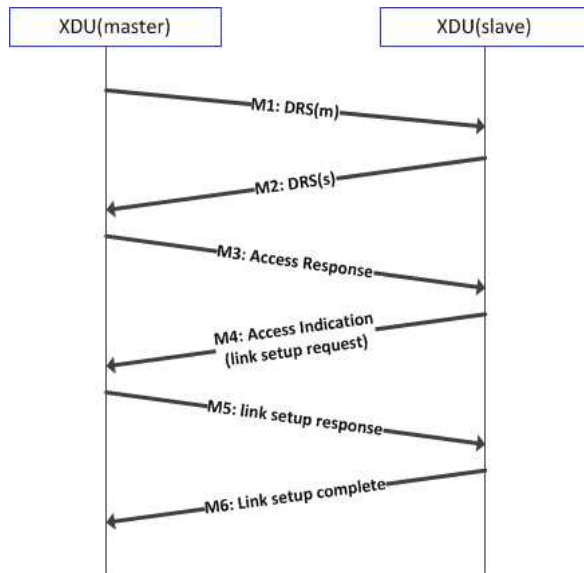


그림 3. XDU 탐색 및 접속절차
 Figure 3. XDU discovery and xhaul link setup procedure

3. XDU 탐색 및 링크 설정 지연 감소방식

MXN은 XDU의 이동성에 기인하여 가변적인 토폴로지를 제공한다. 따라서 XDU의 초기접속 혹은 핸드오버에 따른 xhaul 링크의 설정이 필요하며, 특히 mmWave를 사용하는 경우 XDU의 섹터 및 빔을 선택하는 절차가 필수적이다.

master XDU와 slave XDU간에 xhaul을 위한 무선링크를 형성하기 위해서는 빔 포밍(beam forming) 방향을 결정하는 빔 탐색(beam search) 절차의 수행이 필요하다. XDU 빔탐색 방안들은 크게 Exhaustive search와 Hierarchical search로 나누어 볼 수 있다. Exhaustive search는 일정한 빔폭(beamwidth)을 이용해 주변 모든 방향에 대해 순차적으로 빔 스위핑을 수행하는 것을 의미하며, 이는 송신빔 결정을 위한 빔 스위핑(tx beam sweeping) 과 수신빔 결정을 위한 빔 스위핑(rx beam sweeping) 절차가 수행되어야 하므로 해당 절차를 수행하는데 필요한 시간은 송신빔의 수(M)와 수신빔의 수(N)의 곱에 비례하게 된다(i.e. $O(MN)$). 이와 달리 Hierarchical search 방식에서는 넓은 빔폭을 기반으로 주변 모든 방향에 대해 beam sweeping을 수행한 후, 특정 임계치 이상의 채널 품질을 보장하는 방향에 대해서만 빔폭을 줄여 세밀한 빔방향을 찾는 방식이다. 이 방식은 넓은 빔폭 대한 beam sweeping 횟수(M_w)에 좁은 폭에 대한 beam sweeping 횟수(M_n)의 합으로

탐색 시간(i.e. $O(M_w + M_n)$)이 결정된다. 그림 4는 XDU 빔 탐색 방식을 도식화 한 것이다.

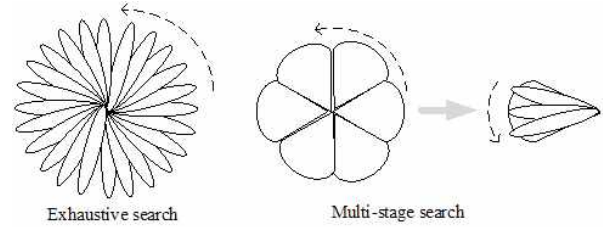


그림 4. XDU 빔 탐색 방식 비교
 Figure 4. Comparison of XDU beam discovery schemes

XDU 탐색 및 접속절차에 소요되는 시간은 master XDU와 slave XDU간의 빔탐색을 수행하고 무선링크 설정을 위한 프로토콜 절차에 소요되는 시간을 의미한다. master XDU와 slave XDU간의 빔탐색은 앞서 기술한 탐색 신호(DRS)를 통해 이루어지며 탐색 신호의 전송과 수신을 위한 모든 빔방향에 대한 빔스위핑 동작을 포함한다. XDU의 링크 설정은 빔탐색을 통한 빔 방향이 정해진 후 이루어지는 xhaul 무선링크 설정을 위한 프로토콜 메시지 교환절차(M3 ~ M6)이며 이 절차에 소요되는 시간은 메시지 전송 및 프로세싱 시간을 포함한다.

앞서 기술한 내용을 기반으로 MXN의 XDU 탐색 및 링크 설정을 위해 본 논문에서 제시한 탐색방식은 아래와 같은 형태로 나누어 볼 수 있다.

1) 전체 beam 탐색 및 무선링크 설정

전체 beam 탐색방식은 XDU가 전방향으로 설정된 스텝 사이즈를 기반으로 순차적으로 전체 빔에 대한 신호 세기를 측정하고 이들 중에서 가장 큰 수신 신호를 갖는 방향으로 빔을 선택하고 링크를 설정하는 방식이다.

2) 임계치 기반의 beam 탐색 및 무선링크 설정

임계치 기반의 beam 탐색방식은 전체 beam 탐색과 유사하게 전방향으로 설정된 스텝 사이즈를 기반으로 순차적으로 전체 빔을 탐색하지만 특정 탐색 빔의 신호 세기가 미리 설정된 임계치 이상인 경우 빔 탐색을 종료하고 해당 빔을 선택하여 링크를 설정하는 방식이다.

3) 획득 정보기반의 선택 beam 탐색 및 무선링크 설정

획득 정보기반의 beam 탐색방식은 MXN에 초기 접

속 후 이동성 혹은 장기적인 트래픽의 부재로 인해서 새롭게 통신을 위한 빔을 탐색하는 절차이며, 기존에 접속된 상태에서 획득한 정보를 기반으로 선택적으로 beam을 탐색하는 방법이다. 본 방식에서는 트래픽의 활성화 정도(traffic activity), 기존 설정된 빔 인덱스(previous beam index), 그리고 XDU의 이동성(speed, direction)을 기반으로 탐색할 빔 방향을 예측하며 다음과 같은 절차로 이루어진다.

XDU는 기존에 무선링크가 설정되었던 상대 XDU의 xhaul 링크 관련 정보를 활용해 송/수신 빔 방향 획득을 위해 빔 탐색의 시작 방향을 결정하며, 해당 빔 방향에서 측정된 신호세기가 송수신을 수행할 수 있는 기준 값 이상이면 해당 빔 방향을 무선링크 설정을 위한 빔 방향으로 결정하고 빔 탐색 절차가 종료된다. 그러나, 기존에 설정된 시작 빔 방향의 측정된 신호 세기가 기준 값보다 낮다면 탐색을 진행할 새로운 시작 빔 방향과 스텝 사이즈를 결정한다.

시작 빔방향과 이후의 빔탐색 방향 및 스텝 사이즈를 활용하여 새롭게 결정된 빔방향에서의 측정된 신호 세기가 기준 값 이상이면 해당 빔방향을 무선링크 재설정을 위한 빔방향으로 결정하고 빔탐색 절차를 종료한다.

새롭게 결정된 빔방향이 시작 빔방향을 기준으로 전체 방향을 모두 탐색한 경우(2π 탐색 완료)에는 이미 탐색한 빔방향들 중 가장 큰 값의 신호세기를 가진 방향을 확인하고, 확인된 최대 신호 세기의 값을 가지는 방향이 시작 빔방향과 같은 경우에는 스텝사이즈를 조정하여 위의 절차를 다시 수행한다. 만약, 최대 신호 값을 가지는 방향이 기존의 시작 빔방향과 다른 경우에는 해당 최대 신호세기 값의 빔방향을 새로운 시작 빔방향으로 변경하고 이를 기준으로 방향 및 스텝사이즈를 결정하여 위의 절차를 다시 수행한다. 이 때 스텝 사이즈는 새롭게 결정될 수도 있고, 기존의 스텝 사이즈를 재사용할 수 있다.

획득 정보기반의 선택 beam 탐색방식은 설정된 범위내의 반복 회수로 위의 절차를 수행하며 반복 회수는 XDU들의 전체 빔 방향의 수와 탐색의 스텝 사이즈 고려하여 결정한다.

IV. 실험 및 결과

1. 시스템 모델

XDU는 6개의 개별적인 섹터들로 구성되며 각각의 섹터는 slave 혹은 master의 역할을 통해 무선링크를 설정하여 동작한다. XDU 커버리지 영역 내에서 master XDU와 slave XDU 간에 설정된 무선링크는 LoS(Line of Sight) 경로를 가정한다. XDU가 이동하는 경우 랜덤 분포된 blockage에 의한 SNR 감소와 이에 따른 링크 손실이 발생되며, 링크가 손실되는 경우 동일 XDU 커버리지 내에서 slave XDU와 무선링크 설정 절차를 수행한다.

2. 채널 모델[11]

성능분석을 위한 pathloss모델은 다음의 모델을 적용한다.master XDU와 slave XDU 간의 경로는 LoS path가 기본적으로 적용되며, slave XDU의 이동 경로 상에 랜덤하게 위치한 blockage에 의해 non-LoS path가 적용된다.

$$PL(d)=\alpha+\beta 10\log_{10}(d)$$

3. 프레임 구조

성능 분석에 적용하는 MXN 무선 프레임의 구조는 그림 5와 같다. 각각의 서브프레임(sub-frame)은 주파수대역에 기반한 SCS(sub carrier spacing)에 따라 가변적인 수의 slot으로 구성된다. 즉, 하나의 서브프레임에 28GHz대역(SCS=240kHz)에서는 16개의 slot이 포함되며 73GHz 대역(SCS=480 kHz)에서는 32개의 slot이 포함된다. 각 slot은 14개의 심볼(symbol)로 구성되며 TDD구조의 듀플렉싱을 이용하여 slot의 첫 심볼은 DR S(m)전송, 마지막 심볼은 DRS(s)전송으로 사용된다.

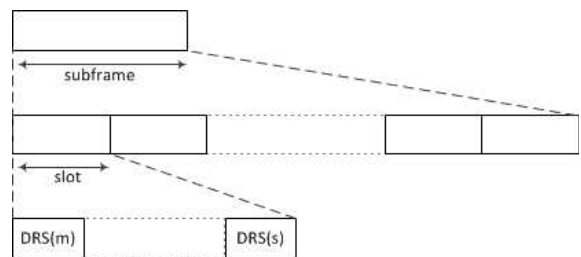


그림 5. 성능평가를 위한 MXN 프레임 구조
Figure 5. MXN frame structure for Performance evaluation

4. 성능분석

XDU의 각 섹터는 16개의 빔설정이 가능하며 각 slot 내의 탐색신호 전송 위치에서 빔방향을 변경하여 빔스 위핑 동작을 수행하기 위해서는 16 slot들이 필요하게 된다. 본 성능분석에서는 TDD를 기반으로 있으므로 channel/beam reciprocity를 가정하여 각 XDU의 최적 송신 빔과 수신 빔은 동일하다고 가정한다. 또, Master XDU를 고정하고 slave XDU가 일정 속도를 가지고 한 방향으로 이동하는 이동성 모델을 가정하며, blockage 발생은 이동 경로상에 임의의 위치에서 발생하는 것을 가정하였다. 탐색신호의 수신은 반복 수신 없이 한 번에 수신한 신호 세기에 따라 오류의 발생 확률이 결정되는 (one-shot) detection error model을 적용하였다. Detection error model은 동기신호 구조에 따라 얻어지는 성능값으로서 SINR대비 detection 오류율로 표현되며 여기서는 [12]에서 제시된 모델을 참조하여 적용하였다.

표 1은 성능평가를 위한 시뮬레이션 파라미터를 나타낸 것이다. 성능분석은 NS-3[13]기반의 시뮬레이터를 설계/구현하여 앞서 기술한 시뮬레이션 파라미터를 이용하여 빔탐색 및 무선링크 설정에 소요되는 지연의 평균값을 도출하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
 Table 1. Simulation Parameters

Parameter	Value
Frequency	28GHz(73GHz)
Bandwidth	1GHz
Subcarrier Spacing(SCS)	240kHz(480kHz)
Number of beams	16
Number of sector	6
beam width	3.75°
Min. distance b/w master XDU and slave XDU	300m
mobility	Linear vel.=30m/s

전체 빔탐색 방식과 본 논문에서 제안한 임계치 기반의 빔탐색 및 획득 정보기반 선택적 빔탐색 시뮬레이션 결과는 그림 6과 같다.

N개 빔방향을 가진 master XDU와 slave XDU간의 전체 빔탐색 방식을 적용하는 경우 빔탐색 시간은 slot duration(T_s)에 따라 $T_s*(N*N+N)$ 로 정의되며, slave

XDU의 빔방향 오류 발생횟수 D와 master의 빔방향 오류 발생횟수 U를 고려하면 $T_s*(N*N*D+N*U)$ 로 정의된다.

$T_s=0.0625ms$, $N=16$ 의 경우(SCS=240KHz), 전체 빔탐색 방식은 SNR이 증가함에 따라 빔탐색 지연시간이 17ms에 수렴되는 것을 확인할 수 있으며, 이는 MXN 무선프레임 구조에 따른 이론상 빔탐색 시간과 일치한다. 즉, SINR이 높은 구간에서는 detection error가 발생할 확률이 낮기 때문에 시뮬레이션으로 측정된 빔탐색 시간이 이론적인 빔탐색 시간에 근접함을 알 수 있다.

임계치 기반 빔탐색 방식은 빔탐색중에 링크 설정이 가능한 임계치를 만족하는 경우 빔탐색을 종료하게 되는데 slave XDU의 빔탐색 시작 시점에서의 master XDU의 beam index가 임의로 할당될 수 있으므로 통계적으로 전체 빔탐색 방식의 절반의 빔탐색 시간이 소요됨을 알 수 있다.

이에 비해 획득 정보기반의 선택 beam 탐색방식은 탐색을 시작하는 빔방향 및 탐색방향, 스텝사이즈를 기존 무선링크의 운용 과정 중에 획득한 정보를 기반으로 결정하는 방식이므로 전체 빔탐색 방식에 비해 약 50% 이하의 빔탐색 지연시간이 감소됨을 확인할 수 있다.

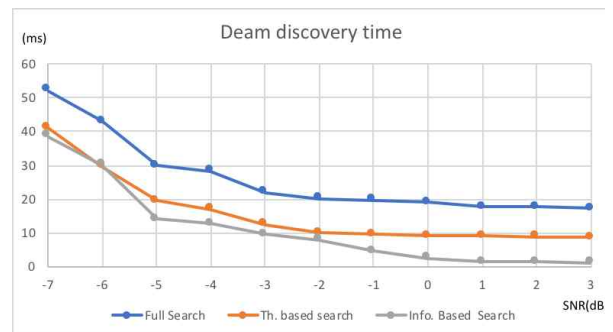


그림 6. 탐색방식 별 빔탐색 지연 시뮬레이션 결과
 Figure 6. Simulation Result of latency according to beam discovery scheme

V. 결론

본 논문에서는 무선 접속망의 프론트홀(fronthaul), 미드홀(midhaul), 백홀(backhaul)의 비용 효율성과 구축 용이성을 증대시키기 위해 제안된 MXN의 구조 및 동작절차를 제시하고 xhaul 링크의 설정을 위한 XDU

탐색 및 무선링크 설정방식을 분석하였다. 특히 본 논문에서는 mmWave기반의 xhaul 링크 설정을 위한 여러 형태의 빔탐색 방식을 제시하고 이들 방식에 대한 성능 분석을 수행하였다. 성능 분석의 결과 제안한 임계치 기반의 탐색 혹은 획득 정보기반의 탐색은 모든 빔을 순차적으로 탐색하는 전체 빔 탐색 방식에 비해 짧은 탐색 지연시간을 보장함을 알 수 있었다.

향후, 제안한 빔 탐색 방식의 세부적인 파라미터를 최적화하고, 다수의 master XDU와 slave XDU가 배치된 다양한 형태의 MXN 배치 시나리오에 대한 성능분석을 수행할 예정이다.

References

- [1] Nokia Siemens Networks, “2020:Beyond 4G, Radio Evolution for the Gigabit Experience”, Aug. 2011
- [2] M.2083 : IMT Vision –“Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond,” ITU-R, 2015
- [3] China Mobile ResearchInstitute, “C-RAN: The road towards green RAN”, White Paper, Version 2.5, Oct,2011
- [4] Alcatel-Lucent, “Small CellsTechnology Fuels New Consumer Market Opportunities - An over view of keyresearch findings in five national markets”, Oct. 2010
- [5] BT, “Towards 5G - an operatorsperspective: Evolution or Revolution?”, WiMob., Oct., 2015
- [6] H2020 ICT-14-2014, “Advanced5G Network Infrastructure for the Future Internet”, <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/292-ict-14-2014.html>
- [7] Jonas Edstam, “Microwavebackhaul gets a boost with multiband,” Ericsson Review, January 20 16.
- [8] M. R. Akdeniz et al.,“Millimeter Wave Channel Modeling and Cellular Capacity Evaluation,” IEE E J.Sel. Areas Commun., pp. 1164-1179, Jun. 2014.
- [9] Wonil Roh, et al.“Millimeter-Wave Beamforming as an Enabling Technology for 5G CellularCommunications: Theoretical Feasibility and Prototype Results”, IEEE Communication Magazine, vol. 52, pp. 106-113, Feb 2014, DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2014.6736750>
- [10]Dehos, Cedric, et al. “Millimeter-wave access and backhauling: thesolution to the exponential dat

- a traffic increase in 5G mobile communications systems.”, IEEE Comm. Magazine, pp. 88-95, 2014, DOI:<https://doi.org/10.1109/JSAC.2014.2328154>
- [11]M. Polese et al., “Improved Handover Through Dual Connectivity in 5G mmWave Mobile Networks”, IEEE JSAC.,sep. 2017 jSAC, DOI: <https://doi.org/10.1109/JSAC.2017.2720338>
 - [12]R1-1706156, “NR PSS and SSS Design” 3GPP TSG RAN WG1 #88bis,IntelCorporation, 3GPP, 2017
 - [13]<https://www.nsnam.org/>
 - [14]Chan Kyu Kim, “Performance Improvement of MIMO-OFDMA system with beamformer,” international Journal of Internet, Broadcasting and Communication,Vol.11 No.1, pp.60-68, 2019

※ 이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2019-0-01460, 고속열차 환경에서의 초고속 미디어 서비스 지원을 위한 5G 진화 기반 초고주파 무선전송 기술 공동연구)