

5G 무선통신을 위한 핸드오버 및 mmWave Beamforming 연구동향에 관한 조사

이동현, 이충현, 이철, 김남규, Anh Tien Tran, The Vi Nguyen, 조성래*

중앙대학교

{dhlee, chlee, cleee, nkkim, attran, tvnguyen}@uclab.re.kr, *srcho@cau.ac.kr

A Survey on Research Trends of HandOver and mmWave Beamforming for 5G Wireless Communication

Donghyun Lee, Chunghyun Lee, Cheol Lee, Namkyu Kim, Anh Tien Tran,

The Vi Nguyen, Sungrae Cho

Chung-Ang Univ.

요 약

mmWave를 활용하여 고속의 데이터 전송속도, 많은 수의 단말 수용, 고신뢰성 및 낮은 전송 지연을 목표로 하고 있다. 밀리미터파의 특성상 단기간 내 서비스에 적용하기 어렵기 때문에 기존 망을 활용한 표준화가 진행되고 있다. 하지만 5G에서 목표로 하는 20Gbps 전송속도, 킬로미터당 100만대의 단말 지원, 1ms 이내의 전송 지연 속도의 요구사항을 만족시켜줄 수 없다. 따라서 mmWave의 사용은 필수 불가결하다. 본 논문에서는 mmWave를 사용한 이동통신 시스템의 핵심 기술들 중 mmWave Beamforming과 이동성 관리를 위한 핸드오버 기법의 최근 연구 및 상용화 동향에 대해 소개하고자 한다.

I. 서 론

사물인터넷의 시대가 다가오면서 네트워크에 연결될 기기들이 2020년 까지 500억 개 이상으로 늘어날 것으로 전망된다. 전 세계 데이터의 90%가 최근 2년 안에 생성된 데이터일 정도로 데이터 사용량은 급속하게 증가하고 있다. 따라서 사람 간 또는 다수의 사물 간 모든 사용자에게 저지연의 Gbps급의 통신 서비스를 제공해야 하며 이를 위해 국제전기통신연합(ITU-R: International Telecommunication Union Radio communication Sector)에서는 2020년경 서비스 상용화를 목표로 5세대(5G) 통신 규격 IMT-2020을 정의하였다. 5G 통신 구현 목표는 표1과 같다.

mmWave는 30~300GHz 대역의 주파수를 지칭하며 이러한 영역의 전파는 직진성이 강하여 비 가시 영역(Non Line of Sight, NLOS)에서의 통신은 불가능하다는 이유 및 대기 및 강우에 대한 영향으로 전파 경로 손실, 투과 손실이 매우 높다는 특성이 있다. 6GHz 이하 대역의 주파수 자원은 이미 포화 상태에 이르렀으며, 5G 통신에서 목표로 하는 높은 전송속도, 다수의 기기를 수용, 엄격한 지연시간을 실현하기 위해서는 mmWave 대역 주파수의 사용이 필수불가결하다.

본 논문에서는 UE(User Equipment)의 이동성 관리(핸드오버 지원)를 위한 빔 포밍 기법 즉, UE의 이동성에 따라 gNB(5G 기지국)에서 적응적으로 빔 포밍을 수행해주는 최근의 핸드오버 기법들과 빔 포밍 기법들을 조사한다.

II. 본 론

II-1. mmWave Beamforming

표 1. 5G 통신 구현 목표

	4G	5G	notes
Maximum transmission speed	1Gbps	20Gbps	FHD movie(18GB) download
User sense transmission speed	10Mbps	100Mbps	10~100 times more than 4G
Maximum frequency efficiency	15 bps/Hz	30 bps/Hz	-
High speed mobility	350Km/h	500Km/h	Uninterruptedly on the high-speed railway
Delay of transmission	10ms	1ms	Permission time for human vision : 10ms Permission time for human auditory recognition : 100ms
Maximum number of device connections	100,000/km ²	1,000,000/km ²	10 times more than 4G
Data processing capacity per area	0.1Mbps/m ²	10Mbps/m ²	100 times more than 4G
energy efficiency	-	100 times more than 4G	-

빔포밍은 스마트 안테나의 한 방식으로 빔이 해당 단말에만 국한하여 비추도록 하는 기술이다. 스마트 안테나는 효율성을 높이기 위해 다수의 안테나를 이용해 구현될 수 있다. 다수의 안테나를 송신기 측에 구현하고 수신기 측에 단일 안테나를 구현한 경우를 MISO(Multi-Input and

Single-Output), 송신기, 수신기 측에 모두 다수의 안테나를 구현한 경우를 MIMO(Multi-Input and Multi-Output)라고 한다. 전통적으로 최적의 빔포밍 솔루션을 찾는 것은 반복 알고리즘에 의존했는데, 이는 높은 계산 지연을 초래하여 실시간 구현에는 적합하지 않았다. 최근 빔포밍 연구에서는 심층신경망 기술로도 알려진 딥러닝이 주로 사용되는데, 딥러닝 기반 연구들은 연산 효율성과 성능을 향상시키는데 큰 성공을 거두고 있다.

MISO의 경우 많은 연구가 빔포밍 최적화에 딥러닝 기법을 적용하기 시작했다. 한 논문은 SINR 최적화 문제, 전력 최소화 및 총 속도 최대화 문제에 대해 3가지 Beamforming neural network를 구축하여 SINR 최적화 및 전력 최소화 문제에 대해 거의 최적의 솔루션과 총 속도 최대화 문제에 대해 기존에 사용되고 있는 알고리즘에 가까운 성능을 달성할 수 있었으며, 계산 지연을 크게 감소시켰다 [1].

MIMO 시스템의 총 전송 전력 제약조건 아래에서 합계 속도를 최대화하기 위한 고속 다운링크 빔 포밍을 설계하여 제안한 연구가 있다. 업링크 채널을 기반으로, 제안된 방법은 다운링크 빔포밍을 전원 및 가장 업링크 빔포밍 솔루션 구조 형태로 변환한다. 전력 할당과 가장 빔포밍 설계를 동시에 예측하는 통합 신경망 BPNet을 제안했다 [2]. 셀룰러 사물인터넷 기기의 증가에 따른 막대한 데이터 트래픽과 무선 네트워크의 간섭이 발생해 네트워크 시스템의 성능이 저하될 수 있다. 밀도가 높은 UE를 지원하기 위해, 밀도가 높은 소형 기지국을 사용한 네트워크망 구성이 논의되고 있다. 한 연구는 고밀도 소형 기지국에서 mmWave 기반 대용량 MIMO를 연구했다. 두 개의 주파수를 사용한 빔포밍을 사용했는데, 소형 기지국의 고밀도 배치 시스템 성능 향상에 효과적이었음을 보여주었다 [3].

II-2. Handover mechanism

핸드오버는 통신 중 상태인 이동성을 가진 단말이 해당 기지국 서비스 지역을 벗어나 인접 기지국 서비스 지역으로 이동할 때 단말기가 인접 기지국의 새로운 통신 채널에 자동으로 동조시켜 지속적으로 통신 상태를 유지 시켜주는 기술이다.

핸드오버가 자주 일어나는 고속철도 시나리오에서 RNN을 기반으로 한 핸드오버 기법에 대한 연구가 있다 [4]-[5]. [4]에서는 고속철도 시나리오에서 RNN(Recurrent Neural Networks)의 한 종류인 엘만 네트워크에 기반하여 과거의 측정 매개변수와 향후의 핸드오버 결정의 상관관계를 파악함으로써 핸드오버 실행을 가속화 하고 핸드오버 프로세스를 최적화 계획을 제안하여 기존의 핸드오버 기법보다 효과성과 신뢰성을 향상시킬 수 있었다 [4]. [5]에서는 RNN의 종류 중 하나인 LSTM 신경망을 기반으로 한 고속철도 시나리오에서 제어 면의 QoS를 개선할 수 있는 핸드오버 계획을 제안했다.

6GHz 이하와 mmWave 대역의 통합은 핸드오버가 자주 일어나는 미래의 차량 네트워크에서 신뢰성 있는 커버리지와 높은 데이터 전송 속도를 모두 가능하게 할 수 있는 큰 잠재력을 가지고 있다. 그럼에도 불구하고, mmWave 차량 대 인프라 핸드오버 동안의 지연은 차량 네트워크 구축에 아직 큰 걸림돌이 되고 있다. [6]에서는 이를 해결하기 위해 기계학습 알고리즘을 사용하여 차량의 위치를 예측하고 이 정보를 사용하여 K-Nearest Neighbor(KNN) 빠른 핸드오버 의사 결정 체계를 개발하였다.

III. 결 론

본 논문에서는 5G 무선통신에 대해 간단히 알아보고 5G 무선통신을 위한 빔포밍 기법과 핸드오버 기법에 대한 최근 연구 동향에 대해 살펴보았다. 이동성을 가진 UE의 이동성을 딥러닝으로 예측해 전통적인 빔포밍보

다 성능을 향상시킨 기법들이 최근에는 주를 이루고 있었고, RNN을 통해 UE가 인접 셀이 범위로 이동할 때 향후의 핸드오버 결정을 보다 낮은 계산 복잡도로 달성해내는 연구들이 진행되고 있다.

5G의 발달로 IoT 분야의 발전이 당연시되는 지금, mmWave를 활용하여 고속의 데이터 전송속도, 많은 수의 단말 수용, 고신뢰성 및 낮은 전송 지연은 5G 무선통신에 있어서 꼭 달성돼야 하는 목표이며, 이를 실현하기 위해 낮은 복잡도를 가지며 효과적이고 신뢰적인 빔포밍과 핸드오버 기법이 필수적이다. 하지만, mmWave를 활용하는 데에 있어 mmWave 기반 백홀 라우팅 기법, mmWave 기반 소형 기지국 서비스 범위 밖의 UE에게 서비스 제공을 위한 방법 등 여러 가지 문제 또한 산재되어 있으며, 이를 보완하고 발전하기 위한 다양한 노력과 연구가 필요해 보인다.

ACKNOWLEDGEMENT

- 이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2018-0-00889, 밀리미터파 대역을 이용한 5G 이동통신 핵심 기술 연구)

참 고 문 헌

- [1] W. Xia, G. Zheng, Y. Zhu, J. Zhang, J. Wang and A. P. Petropulu, "A Deep Learning Framework for Optimization of MISO Downlink Beamforming," in IEEE Transactions on Communications, vol. 68, no. 3, pp. 1866-1880, March 2020.
- [2] H. Huang, Y. Peng, J. Yang, W. Xia and G. Gui, "Fast Beamforming Design via Deep Learning," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 69, no. 1, pp. 1065-1069, Jan. 2020.
- [3] S. Ju, N. Kim, S. Lee, J. Kim and K. Kim, "Hybrid Beamforming Scheme for Millimeter-wave Massive MIMO and Dense Small Cell Networks," 2019 25th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC), Ho Chi Minh City, Vietnam, 2019.
- [4] D. Li, D. Li and Y. Xu, "Machine Learning Based Handover Performance Improvement for LTE-R," 2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW), YILAN, Taiwan, 2019.
- [5] D. Li, D. Li, Y. Xu, H. Zhao and Fengtian, "RNN-Based C/U-Plane Decoupled HSR Wireless Network handover mechanism for QoS improvement on Control Plane," 2019 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), Osaka, Japan, 2019.
- [6] L. Yan et al., "Machine Learning-Based Handovers for Sub-6 GHz and mmWave Integrated Vehicular Networks," in IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 18, no. 10, pp. 4873-4885, Oct. 2019.