

VR, AR 데이터 전송을 위한 셀룰러와 무선랜에서의 통신 기법

정진호 (울산대학교)

목 차

- 1. 서 론
- 2. VR, AR 데이터 전송 환경
- 3. VR, AR 데이터 전송 효율 향상을 위한 기법들
- 4. 결 론

1. 서 론

메타버스(metaverse) 시대가 다가오면서 이를 구현하기 위해 가장 핵심적인 기술인 가상현실(VR, virtual reality), 증강현실(AR, augmented reality) 분야가 주목받고 있다. 실감나는 VR/AR 환경의 구축을 위해서는 영상의 구현 뿐만 아니라 VR/AR 기기 사이에 실시간으로 지연 없이 대용량의 데이터를 송수신하는 기술도 매우 중요할 것이다. VR/AR에서의 데이터 전송은 5G URLLC (ultra reliable low latency communications) 네트워크 [1]나 Wi-Fi [2]와 같은 근거리 통신망을 통해서 이루어진다. 어지럼증 등의 부작용을 해결하고, 현실감을 높이기 위해서는 고용량의 데이터를 저지연으로 전송할 수 있는 기술의 개발이 필수적이다. 현재까지의 5G URLLC 기술의 경우 전송률에서, Wi-Fi 기술의 경우 지연 시간의 관점에서 약점을 가지고 있었고, 이를 극복하기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 VR, AR의 데이터 전송 환경을 셀룰러 네트워크와 무선랜 네트워크 관점에서 비교한다. 3장에서는 셀

룰러와 무선랜 환경에서의 VR, AR 데이터 전송에서 해결해야 할 문제들을 살펴 보고, 셀룰러 환경에서는 전송률을 높이고, 무선랜 환경에서는 지연 시간을 줄일 수 있는 전송 방법들에 대해서 살펴 본다. 마지막으로 4장에서는 향후 연구 주제 등을 제시하고, 결론을 맺는다.

2. VR, AR 데이터 전송 환경

VR, AR 환경의 특성상 고용량의 데이터를 매우 적은 지연 시간으로 전송할 수 있는 로컬 네트워크의 설계가 필요하다. 기존 5G URLLC의 경우, 지연 시간과 이동성(mobility)에만 특화된 기술이기 때문에 그대로 VR, AR 환경에 적용하기에는 어려움이 있다. 따라서, WLAN 기술을 통해서 고용량의 데이터를 초저지연으로 보낼 수 있는 기술의 개발이 필요하다. 특히, WLAN의 차세대 표준인 802.11be 혹은 Wi-Fi 7 규격에 맞춘 전송 환경의 모델링과 전송 기술의 개발이 필요할 것이다. 802.11be에 대한 논의는 2019년에 시작되어 2024년에 완성되는 것을 목표로 하고 있다 [2].

셀룰러 환경에서는 다중 입출력 안테나를 통해

큰 통신 용량을 달성하기 개별 안테나 독립적인 페이딩 채널을 통해 간섭을 완화시킨다. 특히 [4]에 설명된 채널 강화 특성은 간단한 선형 프로세서를 사용하여 massive MIMO 기술을 활용할 수 있도록 한다. 그러나 실제 상황에서는 제한된 수의 안테나 때문에 채널 강화 특성이 완벽할 것 같지 않고, 사용자 장비(UE)와 기지국(BS) 사이의 채널 상태 정보(CSI)를 얻기 위해 채널 강화 속성을 가진 파일럿 채널 추정을 채택한다. 파일럿 수열들은 각 사용자의 채널을 추정하기 위한 신호로 사용된다. 채널 추정의 성능은 파일럿 시퀀스 세트의 특성에 따라 다른 사용자로부터 전송된 신호에 의해 야기되는 간섭의 크기에 크게 영향을 받는다. 그러므로 네트워크 용량을 최대화하기 위해서는 좋은 파일럿 시퀀스 세트를 설계하는 것이 필수적이다. 셀룰러 환경에서 5G 이상의 통신 시스템에 작은 셀을 배치하면 동일한 파일럿 시퀀스를 사용하는 사용자들 사이에 채널 추정 간섭이 발생하는데, 이를 파일럿 오염 [5]이라고 한다. 이러한 파일럿 오염 완화를 통해 VR, AR 데이터의 전송률을 높이는 것이 중요한 문제이다.

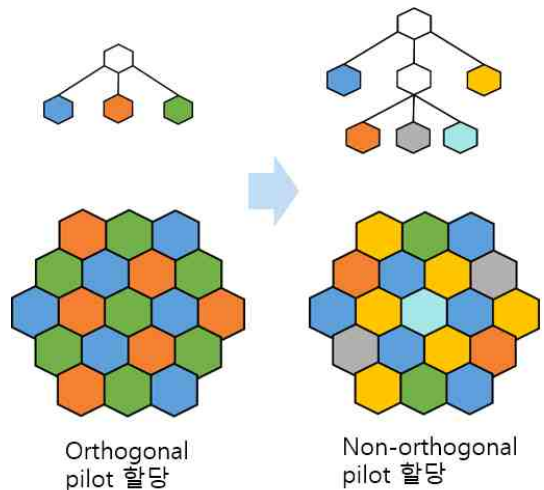
무선랜 환경에서는 MIMO-OFDM 환경에서 사용자 간 간섭을 줄이기 위해서 SIC 기법이 사용될 수 있다. 특히, VR, AR 데이터 전송을 위해 안테나의 개수보다 많은 사용자가 존재하는 상황에서 SIC 기법의 적용은 필수적이다. 하지만, MIMO-OFDM의 부반송파의 개수에 따라 SIC의 복잡도가 크게 증가하는 경향이 있다. 이러한 계산 복잡도로 인해 VR, AR 데이터의 전송에 있어서 지연이 생길 수 있다. 또한, 사용자 간의 프레임(frame) 동기가 맞지 않을 때 다음 사용자가 빠르게 통신에 참여하게 함으로써 지연 시간을 줄일 수 있다. 이를 통해 무선랜 환경에서 VR, AR 데이터들을 전송할 때 치명적인 약점이었던 지연의 문제를 해결할 수 있을 것이다.

3. VR, AR 데이터 전송 효율 향상을 위한 기법들

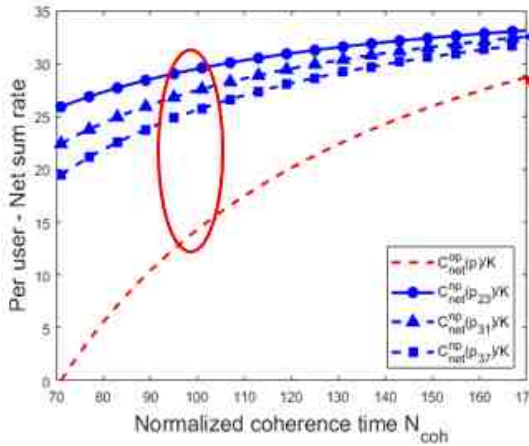
본 장에서는 VR, AR 데이터들의 셀룰러 환경과 무선랜 환경에서의 전송 효율을 향상시키기 위한 기법들을 소개한다. 2장에서 지적된 각 환경에서의 VR, AR 데이터 전송에서의 한계를 극복하기 위해 셀룰러 환경에서는 전송률을 높이고, 무선랜 환경에서는 지연 시간을 줄이는 방법들에 대해서 논의한다.

3.1 전송률을 높이는 pilot 설계 기법

기존에 멀티셀 VR, AR 전송 환경에서는 셀 간 간섭을 줄이기 위해 직교 파일럿 수열들이 사용되었다. 이를 통해 서로 다른 파일럿 수열을 사용하는 셀 간의 간섭을 0으로 만들 수 있었다. 하지만, 직교 파일럿의 숫자는 제한되어 있기 때문에 셀 간 거리가 크지 않은 상황에서 파일럿을 재사용하는 경우가 생겼다. 이 때문에 인접하지 않은 셀과의 간섭이 커지게 된다. 비직교 파일럿을 사용하면 인접한 셀 간의 약간의 간섭은 생기지



(그림 1) 직교, 비직교 파일럿 수열의 할당 방법



(그림 2) 비직교와 직교 수열 간의 전송률 차이

만 파일럿의 재사용 비율을 현저하게 줄일 수 있다 (그림 1).

이러한 비직교 수열로는 Zadoff-Chu 수열이 사용된다 [4]. 비직교 수열은 직교 수열에 비해 매우 많은 수열을 제공한다. 따라서, 훨씬 작은 길이의 수열로도 많은 사용자를 수용할 수 있다. 이를 통해 파일럿 오버헤드(overhead)를 줄일 뿐만 아니라 그림 2와 같이 실제로 전송률이 최대 2배 올라가는 것을 확인할 수 있다.

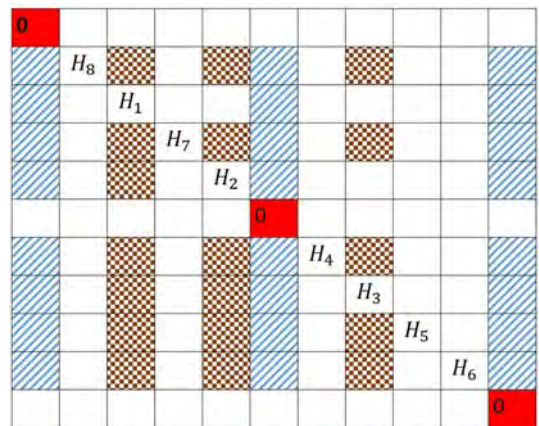
3.2 계산 지연 시간을 줄이는 SIC 기법

직교 주파수 분할 다중화(OFDM, orthogonal frequency division multiplexing)에서 연속 간섭 취소(SIC, successive interference cancellation) 알고리즘은 다중 경로 및 다중 사용자 환경에서 반송파 간 간섭(ICI, inter-carrier interference)의 완화에 적용되었다. SIC 방법은 여러 부반송파들 사이의 ICI를 취소하는 유망한 기술이다. 하지만, 전체 부반송파를 한꺼번에 SIC 알고리즘에 적용하는 경우에는 부반송파의 개수에 따라 복잡도의 문제가 있다. SIC에 대한 블록별 접근법이 MIMO-OFDM 환경에 제안되는데, 여기서 복잡도는 부반송파로 구성된 블록의 숫자 만큼 감소한

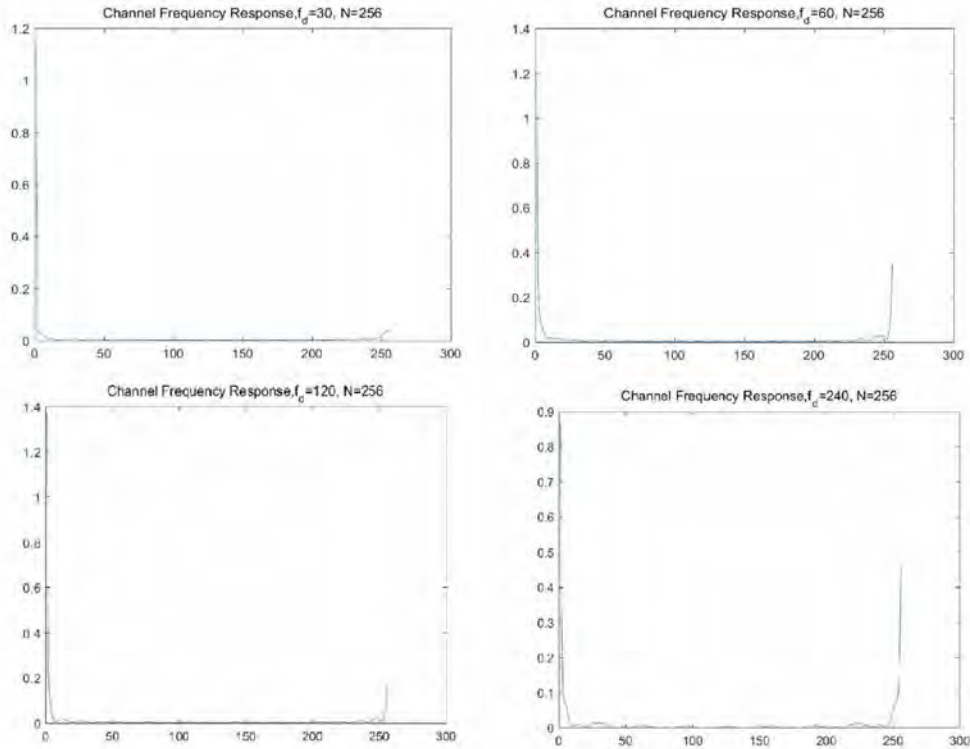
다. 또한, 전체 반송파를 한꺼번에 SIC 알고리즘에 적용했을 때와 거의 비슷한 성능을 제공한다는 것도 확인되었다 [5]. 도플러 주파수의 변화에 따라 OFDM 시스템에 대한 블록의 수를 다르게 설정한 SIC 알고리즘을 구상하는 방법과 채널 계수의 순서에 따라 SIC의 순서를 결정하는 방법도 제안되었다.

[6]에서 블록 SIC 알고리즘은 저복잡도 SIC 알고리즘으로 제안되었다. 수정된 SIC 알고리즘은 그림 3과 같이 인접한 두 개의 파일럿 기호를 사용하여 취소를 수행한다. 기존 SIC 알고리즘과 달리 진행 순서는 두 파일럿에 대해 번갈아 진행된다. 채널 행렬의 역행렬을 취하는 것은 복잡성 문제 때문에 실제 상황에서 자주 사용되지 않는다. 이러한 접근 방식에서, 각 작은 블록에 부분 역수를 적용할 수 있다. 블록 크기가 5 또는 6인 경우 변형된 알고리즘에 비해 복잡도나 처리 시간이 크게 증가하지 않는다.

채널의 상황 변화에 따라 도플러 주파수 특성은 달라진다. 그림 4에서는 이러한 도플러 주파수의 변화에 따라 달라지는 채널 특성을 볼 수 있다. 두번째 피크(peak)의 인덱스(index)에 따라 블록 SIC 알고리즘에서 블록의 수를 어떻게 결정할지 알 수 있다. 이동성이 큰 상황일수록 블록의 수를



(그림 3) 채널 계수에 따른 SIC 순서



(그림 4) Doppler 효과에 따른 채널 응답 특성

크게 잡아야 하는 경향성을 알 수 있다.

4. 결 론

메타버스의 시대가 이미 도래한 상황에서 VR, AR을 위한 데이터 전송은 향후 셀룰러 통신과 Wi-Fi 기반 환경에서 모두 필요한 기술이 될 것이다. 셀룰러 환경에서는 5G, 6G에서의 VR, AR 대용량 데이터들을 지연 없이 전송하는 기술의 개발이 필요할 것이다. Wi-Fi에서는 802.11be 표준과 결합된 VR, AR 데이터 전송 기술의 개발이 매우 중요한 이슈가 될 것이고, 이미 그러한 선행 연구가 시작되고 있다. 이러한 기술들의 개발은 어지럼증이나 부자연스러움 없이 사용자들이 메타버스 환경에서 각종 업무들을 처리하는데 있어서 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 5G URLLC standards, <http://www.3gpp2.org/>
- [2] 802.11 standards <https://www.ieee802.org/11/>
- [3] B. M. Hochwald, T. L. Marzetta, V. Tarokh, "Multiple-antenna channel hardening and its implications for rate feedback and scheduling," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 50, no. 9, pp. 1893–1909, Sep. 2004.
- [4] D. C. Chu, "Polyphase codes with good periodic correlation properties," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 18, no. 4, pp. 531–532, Jul. 1972.

- [5] K. Kim and H. Park, "Modified successive interference cancellation for MIMO OFDM on doubly selective channels," IEEE 69th Vehicular Technology Conference (VTC Spring 2009), Barcelona, Spain, April 26-29, 2009.
- [6] H. H. Roni, S.-W. Wei, Y.-H. Jan, T.-C. Chen, and J.-H. Wen, "Low complexity qSIC equalizer for OFDM system, IEEE 13th International Symposium on Consumer Electronics (ISCE 2009), Kyoto, Japan, May 25-28, 2009.

저 자 약 력



정진호

이메일 : jinho@ulsan.ac.kr

- 2005년 포항공과대학교 전자공학과 및 수학과 (학사)
- 2007년 포항공과대학교 정보통신학과 (석사)
- 2011년 포항공과대학교 전자공학과 (박사)
- 2013년~2020년 울산과학기술원/조교수
- 2013년 워털루대학교/방문 조교수
- 2021년~현재 울산대학교 Si융합전공 조교수
- 관심분야: 정보이론, 인공지능 보안, 연합학습