

동일대역 전이중 통신시스템에서 2차 구조의 자기간섭신호 제거 기술 성능 분석

송진혁 백명선 정준영

한국전자통신연구원

song020@etri.re.kr

Performance Analysis of 2nd order Self-Interference Cancellation for In-Band Full-Duplex System

JinHyuk Song, MyungSun Baek, JoonYoung Jung

Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

최근 자원 효율성을 증대하기 위하여 차세대 유무선 통신시스템에서 동일대역 전이중 방식(In-band full-duplex, FDX)을 채택하고 있다. 하지만 전이중 방식은 송수신이 동시에 이루어지기 때문에 하향신호와 상향신호가 더해져 수신된다. 따라서 원하는 신호를 수신하기 위해 자기간섭(SI: self-interference)으로 존재하는 하향 신호를 제거하는 기술이 요구된다. 본 논문에서는 DOCSIS 3.1 기반 케이블 방송시스템에서 2차 구조의 자기간섭신호 제거(SIC: SI cancellation)기술을 제안하고 실시간 성능을 분석한다.

1. 서론

기존의 통신시스템에서는 주파수 또는 시간을 분할하여 상하향 신호 사이의 직교성을 유지하는 반이중(half-duplex) 방식을 사용하였다. 하지만 주파수 또는 시간 자원은 한정되어 있기 때문에 반이중 방식은 높은 비용을 요구한다. 따라서 최근 개발되는 5G와 DOCSIS(data over cable service interface specification) [1] 같은 차세대 유무선 통신시스템에서는 동일 시간에 동일 주파수를 사용하여 송수신하는 동일대역 전이중 방식(In-band full-duplex, FDX)을 사용한다. FDX는 주파수와 시간 자원을 동시에 사용하기 때문에 이론적으로 기존에 비해 최대 2배의 링크 용량을 증대 할 수 있다.

하지만 FDX는 송신신호가 자기간섭(SI: self-interference) 신호로 작용하여 상향 신호 수신 성능을 열화 시킨다. 이때, 상향 신호를 효과적으로 수신하기 위하여 자기간섭신호를 제거 하는 기술이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 DOCSIS 3.1 기반 케이블 방송시스템에서 2차 구조의 자기간섭신호 제거(SIC: SI cancellation)기술을 제안하고 실시간 성능을 분석한다.

2. 2차구조의 자기간섭 신호 제거 기술

제안된 기술은 주파수 영역에서 동일대역 자기간섭신호를 제거하고 기존 논문 [2]의 시스템 환경을 가정한다. 제안된 기술은 그림 1과 같이 FFT 출력 신호를 이용하여 먼저 1차 채널 추정을 수행한 후에 2차 채널 추정을 통해 채널 값을 업데이트하여 성능을 향상시킬 수 있다. 1차 채널 추정방식은 분산 파일럿을 이용한 일반적인 1-tap equalization을 사용한다. 1차 채널 추정은 그림 2와 같이 상향 신호가

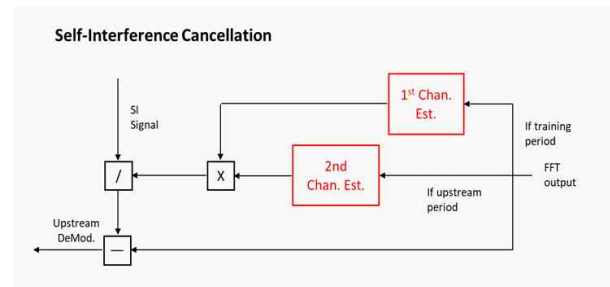


그림 1. 2차구조의 자기간섭 신호 제거 기술 블록도

있는 경우(0~48 MHz 주파수 대역)에는 신호가 노이즈로 작용하여 성능 열화가 발생한다. 따라서 상향 신호가 있을 때, 이전의 채널 추정 값을 유지하고 성능을 향상시키기 위하여 상향 신호가 없는 대역의 연속 파일럿을 이용하여 2차 채널 추정을 수행하여 채널 값을 업데이트한다. 그림 3에서는 2차 채널 추정 방식을 보여준다. 이 방식은 수신신호와 연속 파일럿의 위상 차이의 값을 평균을 구하여 기존 채널에 업데이트 한다. 이렇게 함으로써 순간적으로 변하는 채널변화에 적응하여 수신 성능을 향상시킬 수 있다.

3. 실험 환경 및 결과

본 논문에서는 자기간섭신호 제거 성능을 확인하기 위하여 실제 하드웨어 기반 실험을 수행하였다. 상하향 신호의 중심주파수는 348 MHz, 300 MHz이고 대역폭은 96 MHz, 192 MHz이다. 사용된 FPGA는 Xilinx의 Kintex Ultrascale 계열 디바이스를 사용하였고 보드에 DAC/ADC를 모두 구현하여 동일한 기준 클럭으로 동작하도록 설계하

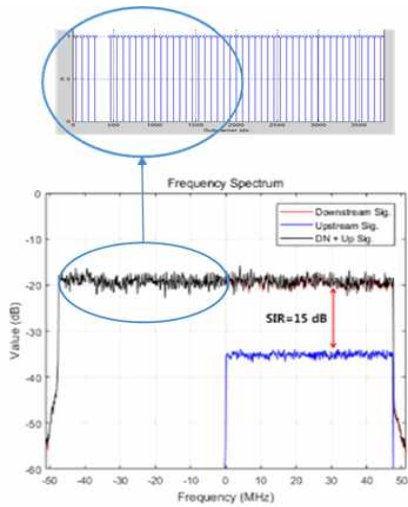


그림 2. 상하향 신호 주파수 스펙트럼

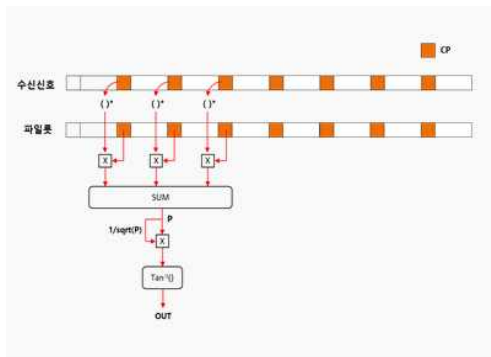


그림 3. 2차 채널 추정 방식

였다. 그림 4에서는 하드웨어에서 캡처한 신호를 이용하여 1차 채널만 반영 후 성능도를 보여준다. 상향신호가 없을 때 추정된 1차 채널을 이용하여 보상하기 때문에 순간적으로 추정된 채널과 수신신호사이에 위상이 틀어지는 현상이 발생하여 수신 성능 열화가 발생한다. 그림 4의 오른쪽을 확인하면 보상된 파일럿 신호가 전체적으로 위상이 틀어진 것을 확인할 수 있다. 따라서 2차 채널 추정을 통하여 채널을 업데이트 함으로써 실시간 수신 성능을 향상시킬 수 있다. 그림 5에서는 상향신호가 없는 대역의 연속 파일럿 신호를 활용하여 틀어진 위상 값을 추정된 결과를 보여준다. 2차 채널 추정을 OFDM 심볼 단위로 수행을 하여 업데이트하게 되고 2차 채널 반영 후 성능도를 보면 4096 QAM 신호가 에러 없이 수신되는 것을 확인 할 수 있다. 그림 4와 5에서의 MER 경우에는 약 38.75 dB에서 45.39 dB로 6.64 dB 향상된 성능을 얻을 수 있다. 마지막으로 그림 6에서는 실시간으로 약 7분간 측정된 SIC 성능(MER)을 보여준다. 평균 45 dB, 최소 38.64 dB을 자기간섭신호 제거 성능을 획득하였다.

4. 결론

본 논문에서는 DOCSIS 3.1 기반 케이블 방송시스템에서 2차 구조의 자기간섭신호 제거(SIC: SI cancellation)기술을 제안하고 실제 하드웨어를 이용하여 실험을 수행하였다. 제안된 2차 구조의 채널 추정 방식은 순간적으로 흔들리는 위상을 추가적으로 보상하여 자기간

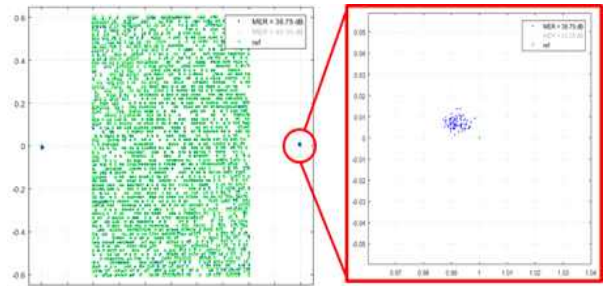


그림 4. 1차 채널만 반영 후 성능도(좌) 및 추정된 파일럿 확대(우)

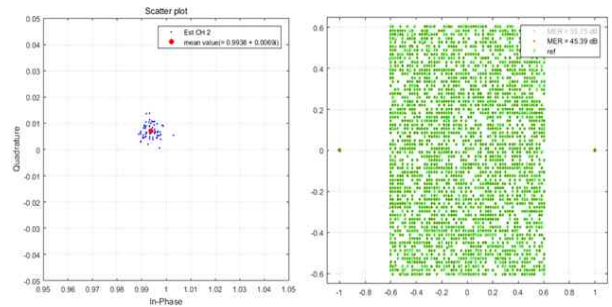


그림 5. 2차 채널 추정 결과(좌) 및 2차 채널 반영 후 성능도(우)

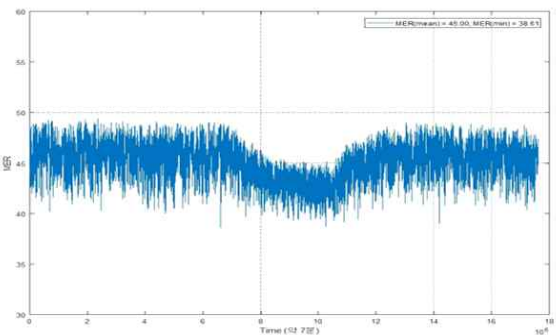


그림 6. 시간에 따른 SIC 성능(MER)

섭신호 제거 성능을 향상시킬 수 있었다. 또한 실시간으로 모든 하향 신호의 자기간섭신호를 제거하여 제안된 기술이 동일대역 전이중 통신시스템에 활용되는 것을 확인하였다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017-0-00299, 케이블 방송망에서 멀티기가급 서비스를 위한 동일대역 상하향 신호 동시 송수신 기술 개발)

참 고 문 헌

[1] Data-Over-Cable Service Interface Specification, MAC and Upper Layer Protocols Interface Specification DOCSIS 3.1, CM-SP-MULPIv3.1-104-141218, 2014.

[2] 송진혁 외 3명, "동일대역 전이중 통신시스템에서 주파수 영역 자기간섭신호 제거 성능 분석", 2018년 한국방송·미디어공학회 추계학술대회, 2018