



(12) 등록특허공보(B1)

(24) 등록일자 2020년07월17일

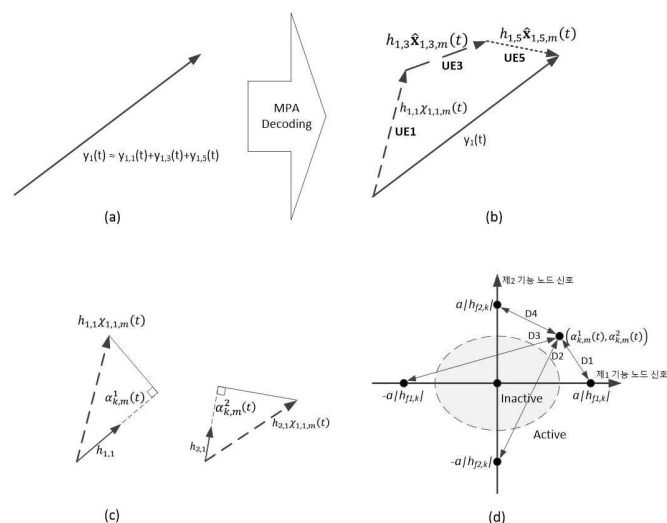
- (73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
- (72) 발명자
홍대식
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제1공학관 N602호(신촌동, 연세대학교)
- 김준기**
서울특별시 광진구 독성로36길 75, 101동 304호(자양동, 강변아이파크)
- (74) 대리인
민영준

심사관 : 최규돈

(57) 요약

본 발명은 다수의 사용자 단말이 다수의 자원 블록을 공유하여 무선인 SCMA 업링크 전송을 수행할 수 있도록 할 당하고, 적어도 하나의 사용자 단말로부터 대응하는 적어도 하나의 자원 블록을 이용하여 수신 신호가 수신되면, MPA를 이용하여 각 자원 블록으로 전송된 수신 신호 각각에서 각 사용자 단말에 대한 다수의 재구성된 변조 심볼과 재구성된 변조 심볼의 확률을 추정하며, 각 자원 블록으로 전송된 수신 신호에서 다수의 재구성된 변조 심볼에 의한 간섭 신호를 반복 제거하여 다수의 잔류 신호를 획득하고, 획득된 다수의 잔류 신호 각각에서 I/Q 신호 성분 중 하나인 순 잔류 신호가 기지정된 비활성 상태 범위에 존재할 확률 및 활성 상태 범위 상태 범위에 존재할 확률을 각각 계산하여 다수의 사용자 단말 각각의 상태를 판별하며, 판별된 다수의 사용자 단말 각각의 상태에 따라 SIC를 수행하는 비직교 다중 접속 시스템의 다중 접속 제어 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

H04J 13/0074 (2013.01)

H04L 27/2691 (2013.01)

H04L 5/0021 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711065376

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터 (NIPA 산하)

연구사업명 정보통신방송연구개발사업

연구과제명 [이지바로] IoT 환경에서 Massive connectivity를 위한 5G 기반 저전력, 저복잡도의 전송

및 변조·부호화 원천 기술 개발 (3/4)

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

비직교 다중 접속 시스템(Non-Orthogonal Multiple Access)에 있어서,

다수의 사용자 단말이 다수의 자원 블록을 공유하여 무승인 SCMA(sparse code multiple access) 업링크 전송을 수행할 수 있도록 할당하고,

적어도 하나의 사용자 단말로부터 대응하는 적어도 하나의 자원 블록을 이용하여 수신 신호가 수신되면, 각 사용자 단말에 대해 부호화된 비트의 LLR을 획득하기 위한 MPA(message passing algorithm)를 이용하여 각 자원 블록으로 전송된 수신 신호 각각에서 각 사용자 단말에 대한 다수의 재구성된 변조 심볼과 재구성된 변조 심볼의 확률을 추정하며,

각 자원 블록으로 전송된 수신 신호에서 상기 다수의 재구성된 변조 심볼에 의한 간섭 신호를 반복 제거하여 다수의 잔류 신호를 획득하고, 획득된 상기 다수의 잔류 신호 각각에서 I/Q 신호 성분 중 하나인 순 잔류 신호가 기지정된 비활성 상태 범위에 존재할 확률 및 활성 상태 범위 상태 범위에 존재할 확률을 각각 계산하여 상기 다수의 사용자 단말 각각의 상태를 판별하며,

판별된 상기 다수의 사용자 단말 각각의 상태에 따라 SIC(Successive Interference Cancellation)를 수행하는 다중 접속 제어 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 다중 접속 제어 장치는

각 자원 블록으로 전송된 수신 신호 각각에서, 사용자 단말이 SCMA의 기지정된 M-포인트 코드북의 맵핑 기능에 따라 변조 맵핑하여 전송한 데이터 스트림에 대한 부호화된 비트의 LLR(log-likelihood ratio)을 상기 수신 신호에 대한 조건부 확률로 획득하고,

획득된 LLR로부터 각 사용자 단말에 대한 다수의 재구성된 변조 심볼과 재구성된 변조 심볼의 확률을 추정하는 다중 접속 제어 장치.

청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 다중 접속 제어 장치는

각 자원 블록으로 전송된 수신 신호에서 상태를 판별하고자 하는 사용자 단말을 제외한 나머지 사용자 단말에 대한 상기 다수의 재구성된 변조 심볼에 의한 간섭 신호를 제거하여, 상기 다수의 잔류 신호를 획득하는 다중 접속 제어 장치.

청구항 4

제3 항에 있어서, 상기 다중 접속 제어 장치는

상기 다수의 잔류 신호 각각으로부터 획득되는 다수의 순 잔류 신호 각각에 대한 활성 상태 확률과 비활성 상태 확률을 누적하여 사용자 단말의 상태를 판별하는 다중 접속 제어 장치.

청구항 5

제4 항에 있어서, 상기 다중 접속 제어 장치는

사용자 단말이 활성 상태로 할당된 상기 적어도 하나의 자원 블록 중 하나의 자원 블록으로 업링크 전송을 수행한 경우의 순 잔류 신호의 크기와,

사용자 단말이 비활성 상태로 업링크 전송을 수행하지 않는 경우의 순 잔류 신호의 크기를 기반으로,

상기 사용자 단말의 상태가 기지정된 비활성 상태 범위에 존재할 확률 및 활성 상태 범위 상태 범위에 존재할

확률을 각각 계산하는 다중 접속 제어 장치.

청구항 6

제1 항에 있어서, 상기 다중 접속 제어 장치는

판별된 사용자 단말의 상태가 활성 상태이면, 다른 사용자 단말로부터의 수신 신호 수신시 SIC를 수행하여 활성 상태의 사용자 단말에 의한 간섭 신호를 제거하며,

판별된 사용자 단말의 상태가 비활성 상태이면, 다른 사용자 단말로부터의 수신 신호 수신시 비활성 상태의 사용자 단말에 대한 SIC를 수행하지 않는 다중 접속 제어 장치.

청구항 7

비직교 다중 접속 시스템(Non-Orthogonal Multiple Access)의 다중 접속 제어 방법에 있어서,

다수의 사용자 단말이 다수의 자원 블록을 공유하여 무승인 SCMA(sparse code multiple access) 업링크 전송을 수행할 수 있도록 할당하는 단계;

적어도 하나의 사용자 단말로부터 대응하는 적어도 하나의 자원 블록을 이용하여 수신 신호가 수신되면, 각 사용자 단말에 대해 부호화된 비트의 LLR을 획득하기 위한 MPA(message passing algorithm)를 이용하여 각 자원 블록으로 전송된 수신 신호 각각에서 각 사용자 단말에 대한 다수의 재구성된 변조 심볼과 재구성된 변조 심볼의 확률을 추정하는 단계;

각 자원 블록으로 전송된 수신 신호에서 상기 다수의 재구성된 변조 심볼에 의한 간섭 신호를 반복 제거하여 다수의 잔류 신호를 획득하는 단계;

획득된 상기 다수의 잔류 신호 각각에서 I/Q 신호 성분 중 하나인 순 잔류 신호가 기지정된 비활성 상태 범위에 존재할 확률 및 활성 상태 범위 상태 범위에 존재할 확률을 각각 계산하여 상기 다수의 사용자 단말 각각의 상태를 판별하는 단계; 및

판별된 상기 다수의 사용자 단말 각각의 상태에 따라 SIC(Successive Interference Cancellation)를 수행하는 단계; 를 포함하는 다중 접속 제어 방법.

청구항 8

제7 항에 있어서, 상기 추정하는 단계는

각 자원 블록으로 전송된 수신 신호 각각에서, 사용자 단말이 SCMA의 기지정된 M-포인트 코드북의 맵핑 기능에 따라 변조 맵핑하여 전송한 데이터 스트림에 대한 부호화된 비트의 LLR(log-likelihood ratio)을 상기 수신 신호에 대한 조건부 확률로 획득하는 단계; 및

획득된 상기 LLR로부터 각 사용자 단말에 대한 다수의 재구성된 변조 심볼과 재구성된 변조 심볼의 확률을 추정하는 단계; 를 포함하는 다중 접속 제어 방법.

청구항 9

제7 항에 있어서, 상기 잔류 신호를 획득하는 단계는

각 자원 블록으로 전송된 수신 신호에서 상태를 판별하고자 하는 사용자 단말을 제외한 나머지 사용자 단말에 대한 상기 다수의 재구성된 변조 심볼에 의한 간섭 신호를 제거하여, 상기 다수의 잔류 신호를 획득하는 다중 접속 제어 방법.

청구항 10

제9 항에 있어서, 상기 상태를 판별하는 단계는

상기 다수의 잔류 신호 각각으로부터 획득되는 다수의 순 잔류 신호 각각에 대한 활성 상태 확률과 비활성 상태 확률 계산하는 단계; 및

사용자 단말의 상태를 상기 활성 상태 확률과 상기 비활성 상태 확률을 각각 누적하여 판별하는 단계; 를 포함하는 다중 접속 제어 방법.

청구항 11

제10 항에 있어서, 상기 상태 확률 계산하는 단계는

사용자 단말이 활성 상태로 할당된 상기 적어도 하나의 자원 블록 중 하나의 자원 블록으로 업링크 전송을 수행한 경우의 순 잔류 신호의 크기와,

사용자 단말이 비활성 상태로 업링크 전송을 수행하지 않는 경우의 순 잔류 신호의 크기를 기반으로,

상기 사용자 단말의 상태가 기지정된 비활성 상태 범위에 존재할 확률 및 활성 상태 범위 상태 범위에 존재할 확률을 각각 계산하는 다중 접속 제어 방법.

청구항 12

제11 항에 있어서, 상기 SIC를 수행하는 단계는

관별된 사용자 단말의 상태가 활성 상태이면, 다른 사용자 단말로부터의 수신 신호 수신시 SIC를 수행하여 활성 상태의 사용자 단말에 의한 간섭 신호를 제거하고,

관별된 사용자 단말의 상태가 비활성 상태이면, 다른 사용자 단말로부터의 수신 신호 수신시 비활성 상태의 사용자 단말에 대한 SIC를 수행하지 않는 다중 접속 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다중 접속 제어 장치 및 방법에 관한 것으로, 무승인 비직교 다중 접속 시스템에서 사용자 단말의 상태를 식별하여 통신을 수행할 수 있는 다중 접속 제어 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 5G 무선 통신 시스템에서는 eMBB(enhance mobile broadband), URLLC(Ultra-Reliable and Low Latency Communication) 및 mMTC(massive Machine Type Communication)에 중점을 두고 연구가 수행되고 있다.

[0003] 이 중에서 접속 가능한 사용자 단말(UE)의 수를 최대로 향상시키는 mMTC를 지원하기 위한 방안으로 다수의 사용자 단말(UE)이 시간/주파수/코드 도메인을 포함하는 비직교 자원을 공유하여 사용할 수 있도록 하는 비직교 다중 접속(Non-Orthogonal Multiple Access: 이하 NOMA) 시스템이 제안되었다.

[0004] 도1 은 NOMA 시스템의 개념을 설명하기 위한 도면이고, 도2 는 NOMA 시스템 모델을 나타낸다.

[0005] 도1 에서는 NOMA 시스템에서는 다수의 사용자 단말(UE1 ~ UE4)이 시간/주파수 자원을 공유하여 사용하는 경우를 도시하였으며, 도1 에 도시된 바와 같이, NOMA 시스템에서는 다수의 사용자 단말(UE1 ~ UE4)이 자원을 공유하여 사용할 수 있다.

[0006] 그리고 NOMA 시스템에서 업 링크 환경에서 지원 사용자의 수를 증가시키기 위한 방식 중 하나로 SCMA(sparse code multiple access)가 제안되었다. SCMA는 시간 및 주파수 자원이 블록 단위로 구분된 다수의 자원 블록(Resource Block) 중 적어도 하나의 자원 블록을 다수의 사용자 단말(UE)이 공유하여 사용할 수 있다. 따라서 자원 블록의 개수보다 많은 수의 사용자 단말이 기지국과 통신할 수 있도록 지원한다.

[0007] 다수의 사용자 단말(UE)이 자원 블록을 공유하여 사용함에 따라, 기지국(BS)에는 공통의 자원 블록을 이용하는 다수의 사용자 단말(UE)에서 전송된 신호에 의한 간섭이 발생할 수 있다.

[0008] 도2 에서 기지국(BS)이 제1 사용자 단말(UE1)에서 전송된 신호(DS)를 수신하고자 하는 경우, 제2 사용자 단말(UE2)에서 전송된 신호는 간섭 신호(Interference Signal)로서 작용한다. 따라서 기지국(BS)은 간섭 신호(IS)를 제거해야 하며, 이에 NOMA 시스템에서 자원 블록을 공유하는 사용자 단말(UE2)로부터 전송된 신호를 제거하기 위한 기법으로 SIC(Successive Interference Cancellation)가 제안되었다. 즉 NOMA 시스템은 SIC 를 이용하여 자원 블록을 공유하는 사용자 단말로부터의 간섭 신호를 제거하여 수신하고자 하는 신호(DS)를 검출할 수 있다.

[0009] 또한 SCMA는 업 링크 무승인(Grant-free) 전송을 지원하기 위해 제안되었다.

- [0010] 도3 은 업링크 무승인 전송의 개념을 설명하기 위한 도면이다.
- [0011] 도3 에서 (a)는 승인 업링크 전송 방식을 나타내고, (b)는 무승인 업링크 전송 방식을 나타낸다.
- [0012] (a)를 참조하면, 승인 업링크 전송 방식에서는 사용자 단말(UE)에 기지국(BS)으로 전송할 데이터가 존재하면, 즉 트래픽이 발생되면, 사용자 단말(UE)은 기지국(BS)으로 자원 이용을 승인 받기 위한 스케줄 요청(Scheduling request: 이하 SR) 신호를 전송한다. 그리고 사용자 단말(UE)은 기지국(BS)으로부터 자원 이용을 승인하는 업링크 승인 신호가 수신되면, 승인된 자원을 이용하여 데이터를 전송한다.
- [0013] 그에 비해 (b)에서는 기지국(BS)이 사용자 단말(UE)로부터 SR이 전송되기 이전에 미리 이용할 수 있는 자원을 정의한 사전 구성 신호(Pre-configuration signal)를 전송한다. 사전 구성 신호에 의해 이용할 수 있는 자원이 미리 지정되어 있으므로, 무승인 업링크 전송 방식에서 사용자 단말(UE)은 트래픽이 발생하면, 즉시 데이터를 기지국(BS)로 전송할 수 있다.
- [0014] (a)의 승인 업링크 전송 방식과 (b)의 무승인 업링크 전송 방식을 비교하면, 무승인 업링크 전송 방식에서는 트래픽 발생 시에 SR 전송 및 업링크 승인 절차를 필요로 하지 않는다. 즉 스케줄링을 위한 제어 신호의 오버헤드를 감소시킬 수 있다. 또한 트래픽 발생 시에 즉시 데이터를 전송할 수 있으므로, 대기 시간(latency)을 크게 줄일 수 있다는 장점이 있다.
- [0015] 다만 무승인 업링크 전송 방식에서는 사용자 단말(UE)이 SR을 전송하지 않으므로 기지국(BS)은 각 사용자 단말(UE)들의 상태를 확인할 수 없다. 그리고 SCMA를 포함한 NOMA 시스템에서 기지국(BS)은 다수의 사용자 단말(UE) 각각의 상태를 인지하고 있어야 SIC를 정확하게 수행할 수 있다.
- [0016] 이는 NOMA 시스템에 무승인 업링크 전송 방식을 적용하지 못하게 하는 장애로 작용한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0017] (특허문헌 0001) 한국 공개 특허 제 10-2018-0012706호 (2018.02.06 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0018] 본 발명의 목적은 무승인 전송 방식에서 추가적인 제어 신호 및 파일럿 신호 없이 활성 사용자 단말과 비활성 사용자 단말을 식별할 수 있는 비직교 다중 접속 시스템의 다중 접속 제어 장치 및 방법을 제공하는데 있다.
- [0019] 본 발명의 다른 목적은 식별된 사용자 단말들의 상태에 따라 SIC를 정확하게 수행할 수 있는 비직교 다중 접속 시스템의 다중 접속 제어 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0020] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 비직교 다중 접속 시스템의 다중 접속 제어 장치는 다수의 사용자 단말이 다수의 자원 블록을 공유하여 무승인 SCMA(sparse code multiple access) 업링크 전송을 수행할 수 있도록 할당하고, 적어도 하나의 사용자 단말로부터 대응하는 적어도 하나의 자원 블록을 이용하여 수신 신호가 수신되면, MPA(message passing algorithm)를 이용하여 각 자원 블록으로 전송된 수신 신호 각각에서 각 사용자 단말에 대한 다수의 재구성된 변조 심볼과 재구성된 변조 심볼의 확률을 추정하며, 각 자원 블록으로 전송된 수신 신호에서 상기 다수의 재구성된 변조 심볼에 의한 간섭 신호를 반복 제거하여 다수의 잔류 신호를 획득하고, 획득된 상기 다수의 잔류 신호 각각에서 I/Q 신호 성분 중 하나인 순 잔류 신호가 기지정된 비활성 상태 범위에 존재할 확률 및 활성 상태 범위 상태 범위에 존재할 확률을 각각 계산하여 상기 다수의 사용자 단말 각각의 상태를 판별하며, 판별된 상기 다수의 사용자 단말 각각의 상태에 따라 SIC(Successive Interference Cancellation)를 수행한다.
- [0021] 상기 다중 접속 제어 장치는 각 자원 블록으로 전송된 수신 신호 각각에서, 사용자 단말이 SCMA의 기지정된 M-포인트 코드북의 맵핑 기능에 따라 변조 맵핑하여 전송한 데이터 스트림에 대한 부호화된 비트의 LLR(log-likelihood ratio)을 상기 수신 신호에 대한 조건부 확률로 획득하고, 획득된 LLR로부터 각 사용자 단말에 대한

다수의 재구성된 변조 심볼과 재구성된 변조 심볼의 확률을 추정할 수 있다.

- [0022] 상기 다중 접속 제어 장치는 각 자원 블록으로 전송된 수신 신호에서 상태를 판별하고자 하는 사용자 단말을 제외한 나머지 사용자 단말에 대한 상기 다수의 재구성된 변조 심볼에 의한 간섭 신호를 제거하여, 상기 다수의 잔류 신호를 획득할 수 있다.
- [0023] 상기 다중 접속 제어 장치는 상기 다수의 잔류 신호 각각으로부터 획득되는 다수의 순 잔류 신호 각각에 대한 활성 상태 확률과 비활성 상태 확률을 누적하여 사용자 단말의 상태를 판별할 수 있다.
- [0024] 상기 다중 접속 제어 장치는 사용자 단말이 활성 상태로 할당된 상기 적어도 하나의 자원 블록 중 하나의 자원 블록으로 업링크 전송을 수행한 경우의 순 잔류 신호의 크기와, 사용자 단말이 비활성 상태로 업링크 전송을 수행하지 않는 경우의 순 잔류 신호의 크기를 기반으로 상기 사용자 단말의 상태가 기지정된 비활성 상태 범위에 존재할 확률 및 활성 상태 범위 상태 범위에 존재할 확률을 각각 계산할 수 있다.
- [0025] 상기 다중 접속 제어 장치는 판별된 사용자 단말의 상태가 활성 상태이면, 다른 사용자 단말로부터의 수신 신호 수신시 SIC를 수행하여 활성 상태의 사용자 단말에 의한 간섭 신호를 제거하며, 판별된 사용자 단말의 상태가 비활성 상태이면, 다른 사용자 단말로부터의 수신 신호 수신시 비활성 상태의 사용자 단말에 대한 SIC를 수행하지 않을 수 있다.
- [0026] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 비직교 다중 접속 시스템의 다중 접속 제어 방법은 다수의 사용자 단말이 다수의 자원 블록을 공유하여 무승인 SCMA(sparse code multiple access) 업링크 전송을 수행할 수 있도록 할당하는 단계; 적어도 하나의 사용자 단말로부터 대응하는 적어도 하나의 자원 블록을 이용하여 수신 신호가 수신되면, MPA(message passing algorithm)를 이용하여 각 자원 블록으로 전송된 수신 신호 각각에서 각 사용자 단말에 대한 다수의 재구성된 변조 심볼과 재구성된 변조 심볼의 확률을 추정하는 단계; 각 자원 블록으로 전송된 수신 신호에서 상기 다수의 재구성된 변조 심볼에 의한 간섭 신호를 반복 제거하여 다수의 잔류 신호를 획득하는 단계; 획득된 상기 다수의 잔류 신호 각각에서 I/Q 신호 성분 중 하나인 순 잔류 신호가 기지정된 비활성 상태 범위에 존재할 확률 및 활성 상태 범위 상태 범위에 존재할 확률을 각각 계산하여 상기 다수의 사용자 단말 각각의 상태를 판별하는 단계; 및 판별된 상기 다수의 사용자 단말 각각의 상태에 따라 SIC(Successive Interference Cancellation)를 수행하는 단계; 를 포함한다.

발명의 효과

- [0027] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 비직교 다중 접속 시스템의 다중 접속 제어 장치 및 방법은 다수의 사용자 단말 각각의 활성 또는 비활성 상태를 용이하게 판별할 수 있으며, 판별된 사용자 단말 각각의 상태에 따라 SIC 수행 시에 각 사용자 단말로부터의 간섭 신호에 대한 제거 여부를 결정할 수 있다. 그러므로, 활성 사용자 단말의 신호를 수신하지 않는 미검출 오류를 줄일 수 있으며, 비활성 사용자 단말에 대해 간섭 신호를 제거하는 오동작을 수행하지 않도록 하여 통신 성능을 크게 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도1 은 NOMA 시스템의 개념을 설명하기 위한 도면이다.
- 도2 는 NOMA 시스템 모델을 나타낸다.
- 도3 은 업링크 무승인 전송의 개념을 설명하기 위한 도면이다.
- 도4 는 NOMA 시스템에서 발생할 수 있는 SIC 오류를 설명하기 위한 도면이다.
- 도5 는 SCMA 시스템의 팩터 그래프의 일예를 나타낸다.
- 도6 은 본 발명에 따른 NOMA 시스템의 활성 사용자 단말 검출 방법의 개념을 설명하기 위한 도면이다.
- 도7 은 본 발명의 일 실시예에 따른 NOMA 시스템의 활성 사용자 단말 검출 방법을 나타낸다.
- 도8 은 본 발명의 일 실시예에 따른 NOMA 시스템의 다중 접속 제어 장치를 나타낸다.
- 도9 및 도10 은 본 발명의 실시예에 따른 NOMA 시스템의 다중 접속 제어 방법의 성능을 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.
- [0030] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.
- [0031] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0032] 도4 는 NOMA 시스템에서 발생할 수 있는 SIC 오류를 설명하기 위한 도면이다.
- [0033] 상기한 바와 같이 무승인 NOMA 시스템에서 기지국(BS)이 사용자 단말(UE)의 상태를 확인할 수 없는 경우에 발생할 수 있는 SIC 오류는 도4 에 도시된 바와 같이, 크게 2가지 경우가 있다. 도4 에서 (a)는 기지국(BS)이 데이터를 전송하는 사용자 단말(UE)을 비활성 사용자 단말(Inactive UE: IUE)로 판단하여, 활성 사용자 단말(Active UE: AUE)에서 전송된 신호(DS)를 폐기하는 경우를 나타낸다. 이 경우, 전체 데이터가 손실되며, 사용자 단말(UE)은 통신을 수행할 수 없게 되는 심각한 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제를 방지하기 위해, 기지국(BS)은 모든 사용자 단말(UE)이 활성화 상태인 것으로 가정하여 신호를 수신할 수 있다.
- [0034] (b)는 NOMA 시스템의 기지국(BS)이 다수의 사용자 단말(UE)이 활성 사용자 단말(AUE)인 것으로 가정하여 신호를 수신하는 경우에 발생하는 SIC 오류를 나타낸다.
- [0035] 상기한 바와 같이, NOMA 시스템에서는 다수의 사용자 단말(UE)이 자원을 공유하여 신호를 전송할 수 있으며, 이에 기지국(BS)은 SIC를 이용하여 다수의 사용자 단말(UE)에서 전송되는 신호 중 수신되어야 하는 신호를 추출한다. 따라서 다수의 사용자 단말(UE) 모두가 활성 사용자 단말(AUE)인 것으로 가정하는 경우, 기지국(BS)은 (b)에 도시된 바와 같이, 데이터를 전송하지 않는 비활성 사용자 단말(IUE)에서도 간섭 신호(IS)가 전송되고 있는 것으로 판단하게 되며, 이로 인해 SIC를 수행하게 된다.
- [0036] 즉 기지국(BS)은 불필요한 SIC를 수행하며, SIC를 수행함에 의해 오히려 의도하지 않은 오류 신호가 발생할 수 있다. 또한 오류 신호가 발생되지 않더라도, 활성 사용자 단말(AUE)로부터 전송된 신호(DS)를 감쇄시키는 효과를 유발하여 자원을 낭비하게 되는 결과를 초래하게 된다.
- [0037] 그러므로, NOMA 시스템의 SCMA에 무승인 업링크 기법을 적용하기 위해서는 기지국(BS)이 다수의 사용자 단말(UE) 중 활성 사용자 단말(AUE)을 정확히 식별할 수 있어야 한다.
- [0038] 도5 는 SCMA 시스템의 팩터 그래프의 일예를 나타낸다.
- [0039] 도5 에서는 활성 사용자 단말을 식별하기 위하여, SCMA 시스템의 팩터 그래프(factor graph)를 도시하였다. 도5 에서 변수 노드(variable node)는 각 사용자 단말(UE1 ~ UE6)에 대한 데이터 스트림을 나타내고, 기능 노드(function node)는 경쟁 기반 SCMA를 지원하는 자원 블록(RB1 ~ RB4)을 나타낸다.
- [0040] 그리고 변수 노드와 기능 노드 사이의 연결선은 연관 맵핑(association mapping)을 나타낸다. 즉 연관 맵핑은 다수의 자원 블록(RB1 ~ RB4) 각각과 다수의 자원 블록(RB1 ~ RB4) 각각을 이용할 수 있는 사용자 단말(UE1 ~ UE6) 사이의 연관 관계를 나타낸다.
- [0041] 도5 를 참조하면, SCMA 시스템에서 각각의 사용자 단말(UE1 ~ UE6) 각각은 모든 자원 블록(RB1 ~ RB4)을 공유하여 이용하지 않고, 다수의 자원 블록(RB1 ~ RB4) 중 연관 맵핑에 의해 지정되는 일부 자원 블록을 이용하도록 미리 지정될 수 있다. 즉 다수의 사용자 단말(UE1 ~ UE6)은 도3 의 (b)에 도시된 바와 같이, 기지국(BS)로부터 이용 가능한 자원 블록을 지정하는 사전 구성 신호를 미리 수신하여, 자신이 이용할 수 있는 자원 블록을 확인할 수 있다.
- [0042] 도5 에서는 일예로 각각의 사용자 단말(UE1 ~ UE6)이 4개의 자원 블록(RB1 ~ RB4) 중 2개의 자원 블록을 이용할 수 있도록 지정된 경우를 도시하였으며, 이에 4개의 자원 블록(RB1 ~ RB4) 각각은 6개의 사용자 단말(UE1 ~ UE6) 중 3개의 사용자 단말에서 이용될 수 있다.
- [0043] 도5 를 참조하면, 제1 사용자 단말(UE1)은 제1 및 제3 자원 블록(RB1, RB3)을 이용할 수 있으며, 제3 사용자 단

말(UE3)은 제1 및 제2 자원 블록(RB1, RB3)을 이용할 수 있다.

[0044] 도5에서는 일례로 SCMA 시스템이 4개의 자원 블록(resource block)(RB1 ~ RB4)을 6개의 사용자 단말(UE1 ~ UE6)이 공유하여 이용하는 경우를 가정하여 도시하였으나, 사용자 단말(UE)의 개수와 자원 블록(RB)의 개수는 이에 한정되지 않는다. 또한 다수의 자원 블록(RB), 즉 다수의 기동 노드 각각에 연관 맵핑되는 변수 노드(사용자 단말(UE))의 개수는 다양하게 조절될 수 있으며, 각 기동 노드에는 서로 다른 개수의 변수 노드가 연관 맵핑될 수 있다. 또한 다수의 변수 노드 각각에도 서로 다른 개수의 기동 노드가 연관 맵핑될 수 있다.

[0045] 이하에서는 다수의 사용자 단말(UE)이 다수의 자원 블록(RB)을 이용하는 SCMA 시스템을 가정하여 설명한다.

[0046] 다수의 사용자 단말 중 k번째 사용자 단말(UE)이 다수의 자원 블록 중 n번째 자원 블록(RB)을 이용하는 SCMA 시스템에서 i번째 기동 노드에 대한 연관 맵핑($A_i(n, k)$)은 수학적 식 1과 같이 나타난다.

수학적 식 1

$$A_i(n, k) = \begin{cases} 0 & (n, k) \notin \Phi_i \\ 1 & (n, k) \in \Phi_i \end{cases}$$

[0048] (여기서, Φ_i 는 서로 연결된 n번째 자원 블록(RBn)과 k번째 사용자 단말(UEk)의 집합을 나타낸다.)

[0049] 수학적 식 1에 따르면, 연관 맵핑은 k번째 사용자 단말(UEk)이 n번째 자원 블록(RBn)을 이용하도록 지정된 경우에 1의 값을 가지며, n번째 자원 블록(RBn)을 이용하지 않도록 지정된 경우에 0의 값을 갖는다.

[0050] SCMA에서 송신하고자 하는 데이터에 대한 변조 맵핑은 M-포인트 코드북의 맵핑 기능을 따른다. 그리고 여기서는 모든 사용자 단말(UE)들이 하나의 데이터 스트림을 기지국(BS)로 전송한다고 가정한다.

[0051] 도5를 참조하면, 사용자 단말(UE)들 각각은 2개의 자원 블록(RB)을 이용하며, 이에 k번째 사용자 단말(UEk)에서 변조된 심볼들은 2개의 기동 노드(도5를 참조하면, RB1, RB3)에서 $x_{1,k}$, $x_{2,k}$ 로 표현될 수 있다. 그리고 2개의 변조 심볼($x_{1,k}$, $x_{2,k}$)로부터 n번째 자원 블록(RBn)에서 k번째 사용자 단말(UEk)의 송신 신호는 수학적 식 2와 같이 계산될 수 있다.

수학적 식 2

$$s_{n,k}(t) = A_1(n, k) x_{1,k}(t) + A_2(n, k) x_{2,k}(t)$$

[0053] (여기서, t는 시간 슬롯의 인덱스를 나타낸다.)

[0054] 한편 활성 사용자 단말(AUE)은 기지국(BS)으로 전송할 데이터가 존재하므로, 업링크 전송 트래픽을 갖는다. 반면, 비활성 사용자 단말(IUE)은 업링크 전송 트래픽을 갖지 않는다. k번째 사용자 단말(UEk)의 업링크 트래픽을 S_k 로 표시할 때, k번째 사용자 단말(UEk)에 업링크 트래픽(S_k)이 존재하면, $S_k = 1$ 이고, 업링크 트래픽(S_k)이 존재하지 않으면, $S_k = 0$ 으로 표현될 수 있다.

[0055] 여기서 각 사용자 단말(UE)의 업링크 트래픽(S_k)의 존재는 시변적이며, 독립적인 것으로 가정할 수 있다.

[0056] 이에 스케줄링이 없는 경쟁 기반 전송을 사용하는 SCMA 시스템에서 기지국(BS)이 다수의 사용자 단말(UE)로부터 n번째 자원 블록(RBn)을 이용하여 수신하는 수신 신호($y_n(t)$)는 수학적 식 3과 같이 나타난다.

수학식 3

$$y_n(t) = \sum_{k=1}^K \varsigma_k h_{n,k} s_{n,k}(t) + \eta_n(t)$$

[0057]

[0058] (여기서, η_n 은 분산(σ^2)의 복합 가우시안 잡음(complex Gaussian noise)을 나타내고, $h_{n,k}$ 는 n번째 자원 블록(RBn)을 갖는 k번째 사용자 단말(UEk)과 기지국(BS) 사이의 채널 이득을 나타낸다.)

[0059] 도6 은 본 발명에 따른 NOMA 시스템의 활성 사용자 단말 검출 방법의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

[0060] 도6 의 활성 사용자 단말 검출 방법을 설명하면, 우선 기지국(BS)의 수신부에서 SCMA 디코더는 다수의 자원 블록(RB) 각각을 이용하여 수신된 수신 신호($y_n(t)$)를 구분한다. (a)에서는 제1 자원 블록(RB1)을 이용하여 수신된 수신 신호($y_1(t)$)를 도시하였다.

[0061] 도5 를 참조하면, 제1 자원 블록(RB1)은 제1 사용자 단말(UE1), 제3 사용자 단말(UE3) 및 제5 사용자 단말(UE5)이 공유하여 이용할 수 있다.

[0062] 이하에서는 제1 사용자 단말(UE1)의 활성 및 비활성 상태를 판별하는 것으로 가정하며, 제1 사용자 단말(UE1)이 제1 자원 블록(RB1) 및 제3 자원 블록(RB3)을 이용하므로, 제1 사용자 단말(UE1)의 관점에서 제1 자원 블록(RB1) 및 제3 자원 블록(RB3)을 각각 제1 기능 노드 및 제2 기능 노드라고 한다.

[0063] 제1 기능 노드(RB1)에서의 잡음(η_1)을 무시하면, (a)의 수신 신호($y_1(t)$)는 (b)에서와 같이 제1, 제3 및 제5 사용자 단말(UE1, UE3, UE5) 각각으로부터 제1 자원 블록(RB1)을 이용하여 기지국(BS)에 수신된 3개의 수신 신호($y_{1,1}(t)$, $y_{1,3}(t)$, $y_{1,5}(t)$)들의 조합($y_1(t) \approx y_{1,1}(t) + y_{1,3}(t) + y_{1,5}(t)$)인 것으로 볼 수 있다.

[0064] k번째 사용자 단말(UEk)의 변조 심볼($x_{1,k}$, $x_{2,k}$)은 기지국(BS)이 시간 영역($1 \leq t \leq n_p$ (단일 패킷 전송에 대한 변조 수))에서 각 사용자 단말(k)에 대한 변조 심볼($x_{1,k}$, $x_{2,k}$)을 재구성한 이후, SCMA 디코더에 의해 추정될 수 있다.

[0065] 기지국(BS)에서 수신부의 SCMA 디코더는 메시지 패싱 알고리즘(message passing algorithm: 이하 MPA)을 이용하여 수신 신호($y_n(t)$, 여기서는 $y_1(t)$)에 대응하는 각 사용자 단말(여기서는 UE1, UE3, UE5) 각각에 대해 부호화된 비트의 log-likelihood ratio(이하 LLR)을 획득한다.

[0066] SCMA 디코더는 병렬로 방식으로 각 사용자 단말(UEk)의 데이터 스트림에 대한 부호화된 비트의 연판정(soft decision) 값을 획득하며, i번째 외부 반복(outer iteration)에서 SCMA 디코더의 연판정값의 n_b 번째 포스테리오리 LLR(posteriori LLR)($\Lambda_{\alpha,k}^i$)은 수학식 4에 따라 획득될 수 있다.

수학식 4

$$\Lambda_{\alpha,k}^i(n_b) = \log \frac{P\{y|c_k(n_b)=1\}}{P\{y|c_k(n_b)=0\}} + \log \frac{P\{c_k(n_b)=1\}}{P\{c_k(n_b)=0\}}$$

[0067]

[0068] (여기서 $c_k(n_b)$ 는 k번째 사용자 단말(UEk)에 대한 n_b 번째 부호화 비트를 나타낸다.)

[0069] 그리고 MPA는 수학식 4의 포스테리오리 LLR($\Lambda_{\alpha,k}^i$)을 이용하여, 조합 가능한 변조 심볼($\hat{\mathbf{x}}_{1,k,m}(t)$, $\hat{\mathbf{x}}_{2,k,m}(t)$)을 재구성할 수 있다.

[0070] 수학식 4의 포스테리오리 LLR($\Lambda_{\alpha,k}^i$)가 확률을 나타내기 때문에, 각 사용자 단말(UEk)에 대해 제1 기능 노드 및

제2 기능 노드에서 확률에 따라 다수의 변조 심볼($\hat{\mathbf{x}}_{1,k,m}(t)$, $\hat{\mathbf{x}}_{2,k,m}(t)$)이 재구성되어, 수학식 5와 같이 재구성된 변조 심볼 집합의 벡터($\hat{\mathbf{X}}_{1,k}$, $\hat{\mathbf{X}}_{2,k}$)의 형태로 획득될 수 있다.

수학식 5

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{X}}_{1,k}(t) &= [\hat{\mathbf{x}}_{1,k,1}(t), \hat{\mathbf{x}}_{1,k,2}(t), \dots, \hat{\mathbf{x}}_{1,k,M}(t)]^T \\ \hat{\mathbf{X}}_{2,k}(t) &= [\hat{\mathbf{x}}_{2,k,1}(t), \hat{\mathbf{x}}_{2,k,2}(t), \dots, \hat{\mathbf{x}}_{2,k,M}(t)]^T\end{aligned}$$

(여기서 M은 SCMA 디코딩 알고리즘에 의해 결정되는 변조 후보의 총 개수를 나타낸다.)

또한 재구성된 변조 심볼 집합 벡터($\hat{\mathbf{X}}_{1,k}$, $\hat{\mathbf{X}}_{2,k}$)의 원소인 다수의 변조 심볼($\hat{\mathbf{x}}_{1,k,m}(t)$, $\hat{\mathbf{x}}_{2,k,m}(t)$)은 LLR에 의해 유도될 수 있는 개별 확률을 갖는다. 즉 수학식 5의 변조 심볼 집합 벡터($\hat{\mathbf{X}}_{1,k}$, $\hat{\mathbf{X}}_{2,k}$)에서 각 변조 심볼($\hat{\mathbf{x}}_{1,k,m}(t)$, $\hat{\mathbf{x}}_{2,k,m}(t)$)의 확률 집합(\hat{P})은 수학식 6과 같이 나타난다.

수학식 6

$$\hat{P} = [\hat{\rho}_1(t), \hat{\rho}_2(t), \dots, \hat{\rho}_M(t)]$$

(여기서, $\hat{\rho}_m$ 는 변조 심볼 벡터에서 m번째 변조 심볼($\hat{\mathbf{x}}_{1,k,m}(t)$, $\hat{\mathbf{x}}_{2,k,m}(t)$)의 확률을 나타낸다.)

즉 MPA는 LLR로부터 변조 심볼 집합 벡터($\hat{\mathbf{X}}_{1,k}$, $\hat{\mathbf{X}}_{2,k}$)과 대응하는 확률 집합(\hat{P})을 획득한다.

MPA가 변조 심볼 집합 벡터($\hat{\mathbf{X}}_{1,k}$, $\hat{\mathbf{X}}_{2,k}$)과 대응하는 확률 집합(\hat{P})을 획득하면, SCMA 디코더는 각 기능 노드의 잔류 신호($h_{1,1}\chi_{1,1,m}(t)$, $h_{2,1}\chi_{1,1,m}(t)$)를 획득한다. 여기서 잔류 신호($h_{1,1}\chi_{1,1,m}(t)$, $h_{2,1}\chi_{1,1,m}(t)$)는 기능 노드별 수신 신호에서 재구성된 신호에 의한 간섭을 제거한 이후의 나머지 신호를 의미한다.

도6에서 (b)를 참조하면, SCMA 디코더는 제1 기능 노드에 대한 수신 신호($y_1(t)$)로부터 재구성된 변조 심볼($\hat{\mathbf{x}}_{1,3,m}(t)$, $\hat{\mathbf{x}}_{1,5,m}(t)$)의 간섭 신호($h_{1,3}\hat{\mathbf{x}}_{1,3,m}(t)$, $h_{1,5}\hat{\mathbf{x}}_{1,5,m}(t)$)를 제거하여, 잔류 신호($h_{1,1}\chi_{1,1,m}(t)$)를 획득할 수 있다. 마찬가지로 제2 기능 노드에 대해서도 잔류 신호($h_{2,1}\chi_{1,1,m}(t)$)를 획득할 수 있다.

이때, SCMA 디코더는 확률 집합(\hat{P})에서 m번째 확률($\hat{\rho}_m$)에 대응하는 변조 심볼($\hat{\mathbf{x}}_{1,k,m}(t)$, $\hat{\mathbf{x}}_{2,k,m}(t)$)의 간섭 신호를 제거하여, 잔류 신호($h_{1,1}\chi_{1,1,m}(t)$, $h_{2,1}\chi_{1,1,m}(t)$)를 획득하고, 이후 다른 변조 심볼의 간섭 신호를 제거하여 반복적으로 잔류 신호($h_{1,1}\chi_{1,1,m}(t)$, $h_{2,1}\chi_{1,1,m}(t)$)를 획득할 수 있다. 각각의 잔류 신호는 확률($\hat{\rho}_m$)에 가중치를 둔 중요도를 갖는다.

그리고 (c)에 도시된 바와 같이, 채널 이득($h_{1,1}$, $h_{2,1}$)과 직교하는 성분을 노이즈로서 제거함으로써, 제1 및 제2 기능 노드 각각에서 k번째 사용자 단말(UE_k)에 대한 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$, $\alpha_{k,m}^2(t)$)를 획득할 수 있다. 여기서 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$, $\alpha_{k,m}^2(t)$)는 잔류 신호($h_{1,1}\chi_{1,1,m}(t)$, $h_{2,1}\chi_{1,1,m}(t)$)의 I(In-phase) 신호 성분과

Q(quadrature) 신호 성분 중 하나로 볼 수 있다.

[0081] k번째 사용자 단말(UEk)이 활성인 상태에서, SCMA 디코더가 완벽하게 동작하고, 노이즈가 무시할 수 있는 수준이며, 제1 기능 노드로만 수신 신호가 수신되는 경우, 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$)는 $\propto a|h_{f1,k}|$ 이어야 하며, 제2 기능 노드로만 수신되는 경우, 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^2(t)$)는 $\propto a|h_{f2,k}|$ 이어야 한다.

[0082] 반면, k번째 사용자 단말(UEk)이 비활성인 상태라면, 제1 및 제2 기능 노드에서 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$, $\alpha_{k,m}^2(t)$)는 모두 0이 되어야 한다.

[0083] 이를 수학식으로 표현하면, 수학식 7과 같이 나타난다.

수학식 7

$$(\alpha_{k,m}^1(t), \alpha_{k,m}^2(t)) = \begin{cases} (\pm a|h_{f1,k}|, 0) \text{ or } (0, \pm a|h_{f2,k}|) & \zeta_k = 1 \\ (0, 0) & \zeta_k = 0 \end{cases}$$

[0084]

[0085] (여기서, a는 변조 심볼의 크기이고, $h_{f1,k}$ 와 $h_{f2,k}$ 는 각각 k번째 사용자 단말(UEk)에서의 첫번째 및 두번째 채널 크기이며, ζ_k 는 k번째 사용자 단말(UEk) 상태로서, ζ_k 가 1이면 활성 상태를 나타내고, ζ_k 가 0이면 비활성 상태를 나타낸다.)

[0086] 수학식 7은 이상적인 경우에 대한 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$, $\alpha_{k,m}^2(t)$)를 나타낸 것으로, 실제 통신 환경에서는 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$, $\alpha_{k,m}^2(t)$)가 수학식 7과 같은 특정 값의 형태로 도출되지 않는다.

[0087] 도6에서 (d)는 제1 및 제2 기능 노드에서 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$, $\alpha_{k,m}^2(t)$)에 따른 활성 상태와 비활성 상태를 판별하는 방법을 도식적으로 나타내었다.

[0088] (d)에서 x축은 제1 기능 노드의 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$) 세기를 나타내고, y축은 제2 기능 노드의 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^2(t)$) 세기를 나타낸다.

[0089] 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$, $\alpha_{k,m}^2(t)$)에 따른 활성 상태와 비활성 상태의 판별 기준은 제1 기능 노드와 제2 기능 노드 방향에서 각각 독립적으로 지정될 수 있으며, (d)에 도시된 바와 같이, 이에 비활성 상태의 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$, $\alpha_{k,m}^2(t)$) = (0, 0)를 중심으로 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$, $\alpha_{k,m}^2(t)$)가 기지정된 범위 이내의 값인 경우를 비활성 상태로 판단하고, 기지정된 범위를 초과하는 경우를 활성 상태로 판단할 수 있다.

[0090] (d)를 참조하면, 수학식 7로부터 기지국(BS)은 k번째 사용자 단말(UEk)의 활성 및 비활성 상태를 수학식 8의 조건부 확률로 도출할 수 있다.

수학식 8

$$\zeta_k^{act} = \sum_{t=1}^{n_p} \sum_{m=1}^M P\{Z_k = 1 | \hat{\rho}_m(t)\} \hat{\rho}_m(t)$$

$$\zeta_k^{inact} = \sum_{t=1}^{n_p} \sum_{m=1}^M P\{Z_k = 0 | \hat{\rho}_m(t)\} \hat{\rho}_m(t)$$

[0091]

[0092] (여기서, Z_k 는 추정된 k번째 사용자 단말(UEk) 상태를 나타내고, ς_k^{act} , ς_k^{inact} 는 각각 본 실시예의 활성 사용자 단말 검출 방법에 따라 추정된 k번째 사용자 단말(UEk)의 활성 및 비활성 확률을 나타낸다.)

[0093] 즉 수학적식 5 및 6과 같이 MPA가 추정한 변조 심볼 집합 벡터($\hat{\mathbf{X}}_{1,k}$, $\hat{\mathbf{X}}_{2,k}$)과 대응하는 확률 집합(\hat{P})을 이용하여 획득되는 모든 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$, $\alpha_{k,m}^2(t)$)에 대한 활성 및 비활성 확률을 수학적식 8에 따라 계산한다.

[0094] 도6 의 (d)를 참조하면, 수학적식 8 에서 $P\{Z_k = 1|\hat{\rho}_m(t)\}$ 는 수학적식 9에 따라 계산될 수 있으며, $P\{Z_k = 0|\hat{\rho}_m(t)\}$ 는 수학적식 10에 따라 계산될 수 있다.

수학적식 9

$$\frac{1}{4\sqrt{2\pi\sigma^2}} \left(e^{-\frac{(D_1)^2}{2\sigma^2}} + e^{-\frac{(D_2)^2}{2\sigma^2}} + e^{-\frac{(D_3)^2}{2\sigma^2}} + e^{-\frac{(D_4)^2}{2\sigma^2}} \right)$$

[0095]

수학적식 10

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \left(e^{-\frac{(D_{inactive})^2}{2\sigma^2}} \right)$$

[0096]

[0097] SCMA 디코더가 MPA를 이용하여, 다수의 사용자 단말(UE) 각각의 상태를 판별하면, 수신부는 판별된 다수의 사용자 단말(UE)의 상태에 따라 SIC를 기지국(BS)에 의해 지정된 방식으로 수행한다. 즉 다수의 사용자 단말(UE) 중 활성 사용자 단말(AUE)과 비활성 사용자 단말(IUE)을 식별할 수 있으므로, 비활성 사용자 단말(IUE)에 대해서는 불필요하게 간섭 신호를 제거하는 동작을 수행하지 않는다. 따라서 비활성 사용자 단말(IUE)에 대해 SIC를 수행하여 발생할 수 있는 통신 오류를 줄일 수 있다.

[0098] 도7 은 본 발명의 일 실시예에 따른 NOMA 시스템의 다중 접속 제어 방법을 나타낸다.

[0099] 도6 을 참조하여, 도7 의 활성 사용자 단말 검출 방법을 설명하면, 기지국(BS)은 다수의 사용자 단말(UE)에 대해 다수의 자원 블록을 미리 할당한다(S10). 본 실시예에서 기지국(BS)과 다수의 사용자 단말(UE)은 NOMA 시스템의 구성 요소로서, SCMA 무승인 업링크 전송을 수행한다. 이에 기지국(BS)은 다수의 사용자 단말(UE)로부터 SR(Scheduling request)이 전송되지 않더라도, 다수의 사용자 단말(UE) 각각이 이용할 수 있는 자원을 지정할 사전 구성 신호(Pre-configuration signal)를 전송하여, 다수의 사용자 단말(UE)에 대해 다수의 자원 블록을 미리 할당한다.

[0100] 그리고 기지국(BS)의 수신부는 다수의 사용자 단말(UE) 각각에서 할당된 적어도 하나의 자원 블록을 통해 전송되는 수신 신호($y_n(t)$)를 각 자원 블록(RBn)에 대한 구분한다(S20).

[0101] 기지국(BS)은 다수의 사용자 단말(UE) 중 수신 신호($y_n(t)$)가 수신된 자원 블록(RBn)이 할당된 사용자 단말(UE)을 판별한다(S30).

[0102] 사용자 단말(UE)이 판별되면, 판별된 각 사용자 단말(UEk)의 데이터 스트림에 대한 부호화된 비트의 LLR(log-likelihood ratio)을 수신 신호($y_n(t)$)의 조건부 확률로 획득한다. 그리고 LLR로부터 PMA(message passing algorithm)를 이용하여 각 자원 블록에서 사용자 단말(UE)의 변조 심볼을 확률에 기반하여 재구성하여, 수학적식 5 와 같은 재구성된 변조 심볼 집합 벡터($\hat{\mathbf{X}}_{1,k}$, $\hat{\mathbf{X}}_{2,k}$)을 추정한다. 이때 기지국(BS)은 재구성된 변조 심볼 집합 벡터($\hat{\mathbf{X}}_{1,k}$, $\hat{\mathbf{X}}_{2,k}$)에 대응하는 확률 집합(\hat{P})도 함께 획득한다(S40).

[0103] 다수의 자원 블록(RBn) 각각에 대한 재구성된 변조 심볼 집합 벡터($\hat{\mathbf{X}}_{1,k}$, $\hat{\mathbf{X}}_{2,k}$)와 확률 집합(\hat{P})이 획득되면,

각 자원 블록(RBn)을 통해 전송된 수신 신호($y_n(t)$)에서 재구성된 변조 심볼($\hat{\mathbf{x}}_{1,3,m}(t)$, $\hat{\mathbf{x}}_{1,5,m}(t)$)의 간섭 신호($h_{1,3}\hat{\mathbf{x}}_{1,3,m}(t)$, $h_{1,5}\hat{\mathbf{x}}_{1,5,m}(t)$)를 제거하여, 잔류 신호($h_{1,1}\mathbf{x}_{1,1,m}(t)$)를 획득한다(S40).

[0104] 이때, 기지국(BS)은 재구성된 변조 심볼 집합 벡터($\hat{\mathbf{X}}_{1,k}$, $\hat{\mathbf{X}}_{2,k}$)의 변조 심볼($\hat{\mathbf{x}}_{1,k,m}(t)$, $\hat{\mathbf{x}}_{2,k,m}(t)$)들을 이용하여 다수의 잔류 신호($h_{1,1}\mathbf{x}_{1,1,m}(t)$)를 획득한다(S50).

[0105] 그리고 획득된 다수의 잔류 신호($h_{1,1}\mathbf{x}_{1,1,m}(t)$)에서 노이즈를 제거하여, I(In-phase) 신호 성분과 Q(quadrature) 신호 성분 중 하나인 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$, $\alpha_{k,m}^2(t)$)를 획득한다(S60).

[0106] 여기서 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$, $\alpha_{k,m}^2(t)$)는 다수의 잔류 신호($h_{1,1}\mathbf{x}_{1,1,m}(t)$)에 대응하는 개수로 획득된다.

[0107] 그리고 기지국(BS)은 다수의 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t)$, $\alpha_{k,m}^2(t)$)로부터 수학적 식 8을 이용하여 다수의 사용자 단말(UE) 각각의 활성 상태 확률과 비활성 상태 확률을 조건부로 계산한다(S70). 조건부 확률 계산 결과에 따라 기지국(BS)은 다수의 사용자 단말(UE) 각각의 상태를 판별한다(S80).

[0108] 다수의 사용자 단말(UE) 각각의 상태가 판별되면, 기지국(BS)의 수신기는 SIC를 수행한다(S90). 이때, 기지국(BS)은 판별된 사용자 단말(UE)의 상태에 따라 각 사용자 단말에 대한 SIC 수행 여부를 정확히 제어할 수 있으므로, 활성 사용자 단말(AUE)로부터 전송된 신호를 누락하거나, 비활성 사용자 단말(IUE)에 대해 불필요하게 SIC를 수행하지 않도록 할 수 있다. 따라서 통신 성능을 크게 향상시킬 수 있다.

[0109] 도8 은 본 발명의 일 실시예에 따른 NOMA 시스템의 다중 접속 제어 장치를 나타낸다.

[0110] 도8 을 참조하면, 본 실시예에 따른 다중 접속 제어 장치(100)는 프로세서(110), 수신부(120) 및 송신부(130)를 포함한다. 여기서 다중 접속 제어 장치(100)는 NOMA 시스템에서 기지국(BS)일 수 있다.

[0111] 셀 영역 이내의 다수의 사용자 단말(UE) 각각이 랜덤 액세스를 수행하여 접속하면, 다중 접속 제어 장치(100)는 프로세서(110)는 다수의 사용자 단말(UE)을 식별하고, 식별된 다수의 사용자 단말(UE) 각각에 이용할 수 있는 적어도 하나의 자원 블록을 지정하는 사전 구성 신호(Pre-configuration signal)를 송신부(130)를 통해 전송한다. 이때 다중 접속 제어 장치(100)는 다수의 사용자 단말(UE)이 적어도 하나의 자원 블록을 공유하여 사용하도록 지정하여 전송할 수 있다.

[0112] 다중 접속 제어 장치(100)가 사용자 단말(UE)로부터 SR 신호를 수신하지 않고 사전 구성 신호를 전송하므로, 다수의 사용자 단말(UE)은 다중 접속 제어 장치(100)로 무승인 업링크 전송을 수행할 수 있다. 또한 다수의 사용자 단말(UE)은 자원 블록을 공유하여 사용하므로 SCMA 업링크 전송을 수행할 수 있다. 즉 다수의 사용자 단말은 다중 접속 제어 장치(100)로 무승인 SCMA 업링크 전송을 수행할 수 있다.

[0113] 다중 접속 제어 장치(100)로부터 사전 구성 신호를 수신한 다수의 사용자 단말(UE) 각각은 다중 접속 제어 장치(100)로 전송하고자 하는 데이터가 존재하는 경우, 즉 트래픽이 발생하면, 지정된 적어도 하나의 자원 블록을 이용하여 전송하고, 다중 접속 제어 장치(100)의 수신부(120)는 수신 신호($y(t)$)를 수신한다. 이때 사용자 단말(UE)은 데이터를 SCMA의 기지정된 M-포인트 코드북의 맵핑 기능에 따라 변조 맵핑하여 데이터 스트림으로 전송한다.

[0114] 도시하지 않았으나, 수신부(120)는 SCMA 디코더와 SIC 처리부를 포함하며, SCMA 디코더는 각각의 자원 블록을 이용하여 전송된 수신 신호($y_n(t)$)를 구분하고, 구분된 수신 신호($y_n(t)$)에서 각 사용자 단말(UE_k)의 데이터 스트림에 대한 부호화된 비트의 LLR(log-likelihood ratio)을 수학적 식 4 에 따라 수신 신호($y_n(t)$)의 조건부 확률로 획득한다.

[0115] 그리고 SCMA 디코더는 MPA를 이용하여, 사용자 단말(UE)의 변조 심볼을 확률에 기반하여 재구성한다. 즉 SCMA 디코더는 수학적 식 5 와 같은 재구성된 변조 심볼 집합 벡터($\hat{\mathbf{X}}_{1,k}$, $\hat{\mathbf{X}}_{2,k}$)을 추정하며, 대응하는 확률 집합(\hat{P})을 함께 획득한다.

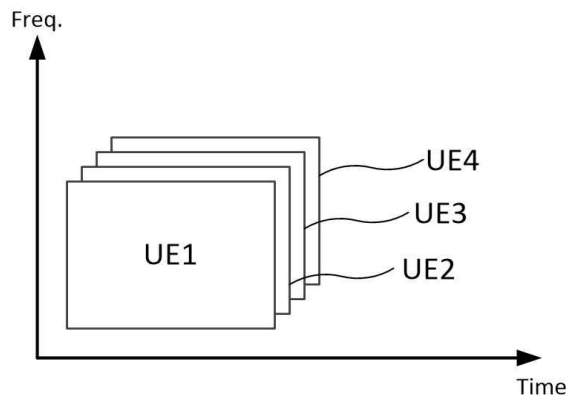
[0116] SCMA 디코더는 각 자원 블록(RBn)을 통해 전송된 수신 신호($y_n(t)$)에서 재구성된 변조 심볼

$(\hat{\mathbf{x}}_{1,3,m}(t), \hat{\mathbf{x}}_{1,5,m}(t))$ 의 간섭 신호($h_{1,3}\hat{\mathbf{x}}_{1,3,m}(t), h_{1,5}\hat{\mathbf{x}}_{1,5,m}(t)$)를 제거하여, 잔류 신호($h_{1,1}\mathbf{x}_{1,1,m}(t)$)를 획득하고, 획득된 다수의 잔류 신호($h_{1,1}\mathbf{x}_{1,1,m}(t)$)에서 노이즈를 제거하여, I(In-phase) 신호 성분과 Q(quadrature) 신호 성분 중 하나인 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t), \alpha_{k,m}^2(t)$)를 획득한다.

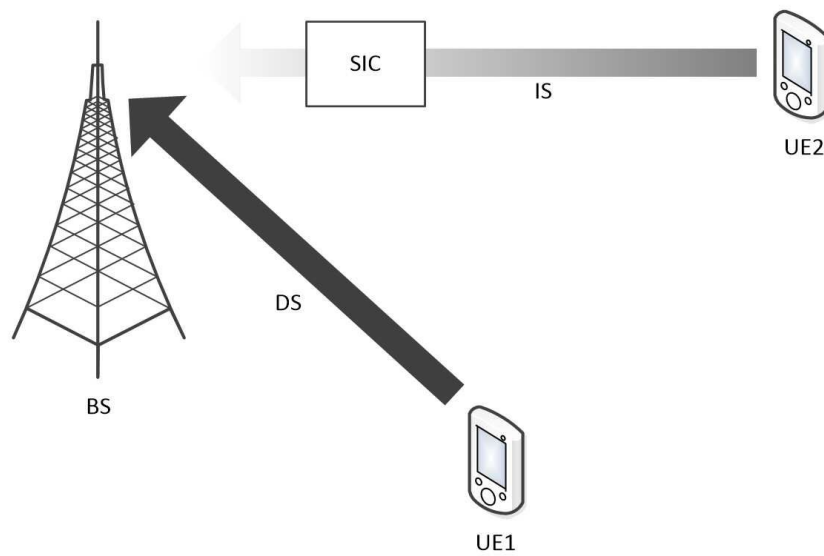
- [0117] 이후 SCMA 디코더는 순 잔류신호($\alpha_{k,m}^1(t), \alpha_{k,m}^2(t)$)로부터 수학적 8을 이용하여 다수의 사용자 단말(UE) 각각의 활성 상태 확률과 비활성 상태 확률을 조건부로 계산하여 다수의 사용자 단말(UE) 각각의 상태를 판별한다.
- [0118] SIC 처리부는 SCMA 디코더에서 판별된 다수의 사용자 단말(UE) 각각의 상태에 따라 각 자원 블록을 통해 전송된 수신 신호($y_n(t)$)에서 다른 사용자 단말(UE)에서 전송된 간섭 신호가 포함되어 있는지 여부를 판별할 수 있다. 그리고 판별 결과에 딸 신호의 간섭을 제거할지 여부를 결정하며, 간섭 신호가 포함되어 있는 것으로 판별되면, 간섭 신호를 제거한다. 그러므로 간섭 신호가 포함되지 않은 경우에는 불필요한 SIC 동작을 수행하지 않으므로, 자원의 낭비를 줄일 수 있다.
- [0119] 도9 및 도10 은 본 발명의 실시예에 따른 NOMA 시스템의 다중 접속 제어 방법의 성능을 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.
- [0120] 시뮬레이션은 도5 에 도시된 바와 같이, 6개의 사용자 단말(UE1 ~ UE6)이 4개의 자원 블록(RB1 ~ RB4)을 이용하여 업링크 전송을 수행하고, 4-포인트 SCMA 코드북 맵핑 기능을 이용하는 조건에서 수행되었다. 또한 SCMA 반복 횟수, 외부 반복 횟수 및 최대 LDPC(low density parity check code) 반복 횟수는 각각 3, 3 및 50회이다. 그리고 데이터 블록의 길이는 240 비트이고 부호화율(code rate)은 1/2이고, 모든 사용자 단말(UE1 ~ UE6)이 동일한 평균 신호대 잡음비(SNR)를 갖는 것으로 가정하였다.
- [0121] 도9 는 기지국(BS)이 활성 사용자 단말(AUE)을 비활성 사용자 단말(IUE)로 판별하여, 수신 신호를 누락하는 오경보 확률(false alarm probability)을 나타내고, 도10 은 기지국(BS)이 비활성 사용자 단말(IUE)을 활성 사용자 단말(AUE)로 판별하여, 실제로 수신되지 않은 신호를 검출하는 오류 검출(miss detection)로 인한 BLER(block error rate)을 나타낸다.
- [0122] 도9 및 도10 에서는 본 실시예에 따른 다중 접속 제어 방법과 사용자 단말의 상태를 판별하는 다른 방법인 에너지 검출 방법(Energy Detection Method)을 비교하여 도시한다. 본 실시예에 따른 다중 접속 제어 방법은 MPA와 SIC를 함께 수행하므로, 여기서는 Joint MPA with SIC로 표현하였다.
- [0123] 도9 를 참조하면, 본 실시예에 따른 다중 접속 제어 방법은 에너지 검출 방법에 비해 오경보 확률을 크게 낮출 수 있음을 확인 할 수 있다. 이는 본 실시예에 따른 다중 접속 제어 방법이 SNR이 낮은 경우에도 신뢰할 수 있는 MPA를 사용하기 때문이다.
- [0124] 도10 을 참조하면, 본 실시예에 따른 다중 접속 제어 방법이 에너지 검출 방법에 비해 낮은 BLER을 달성할 수 있음을 보여준다. 도10 에서 동일한 BLER에 대해 본 실시예에 따른 다중 접속 제어 방법은 에너지 검출 방법에 비해 SNR에서 2.23dB 더 개선됨을 알 수 있다.
- [0125] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행 시키기 위한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 여기서 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스 될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 또한 컴퓨터 저장 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함하며, ROM(판독 전용 메모리), RAM(랜덤 액세스 메모리), CD(컴팩트 디스크)-ROM, DVD(디지털 비디오 디스크)-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등을 포함할 수 있다.
- [0126] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.
- [0127] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면

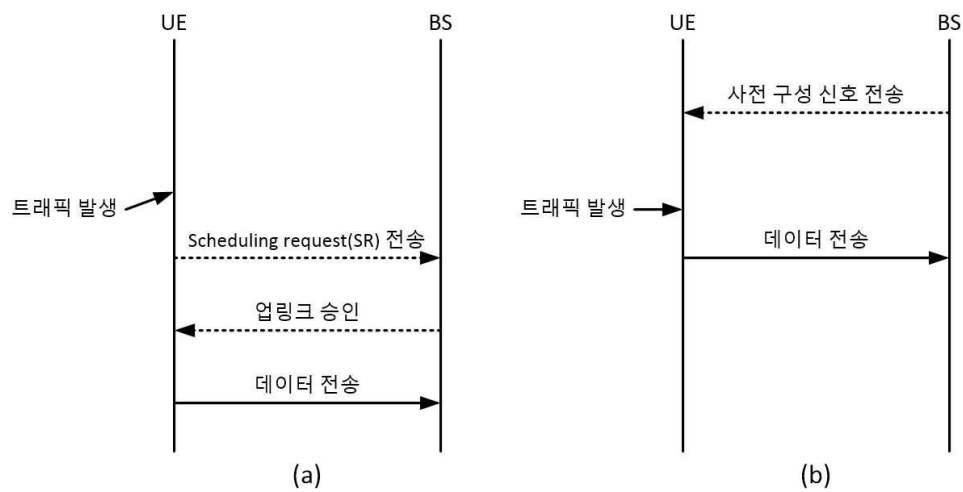
도면1



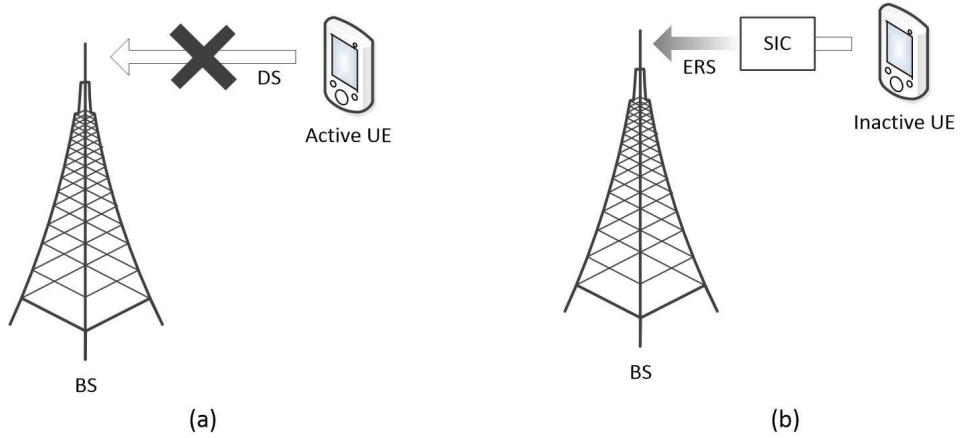
도면2



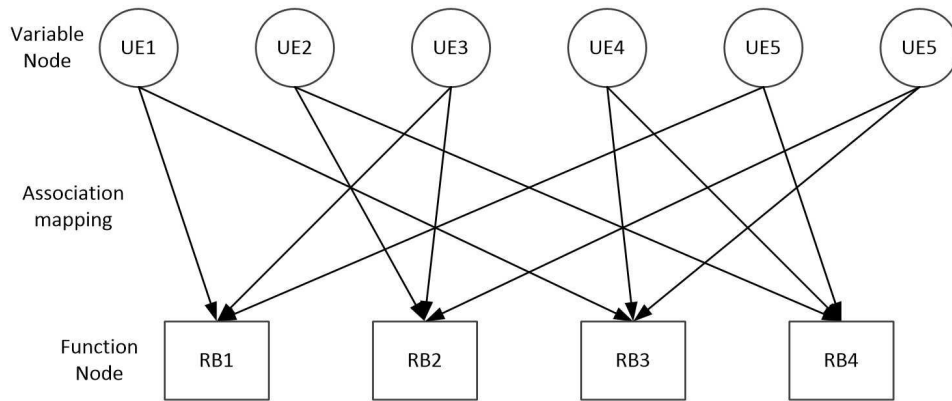
도면3



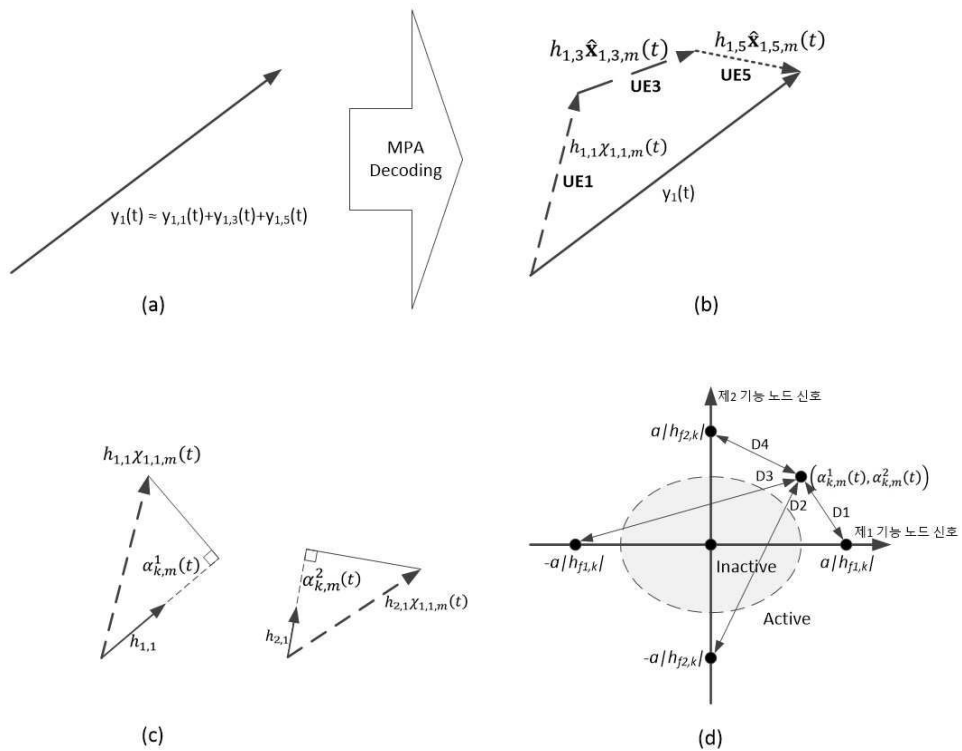
도면4



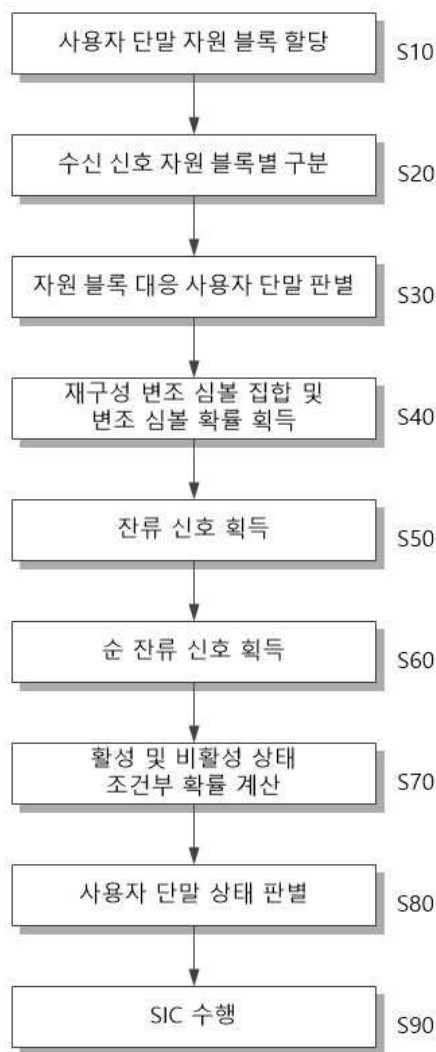
도면5



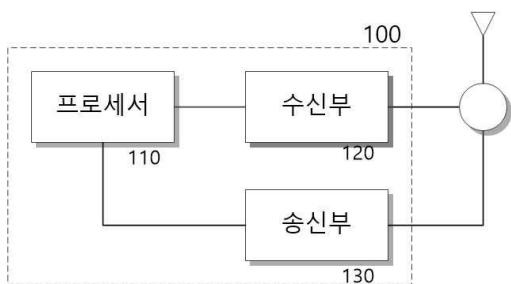
도면6



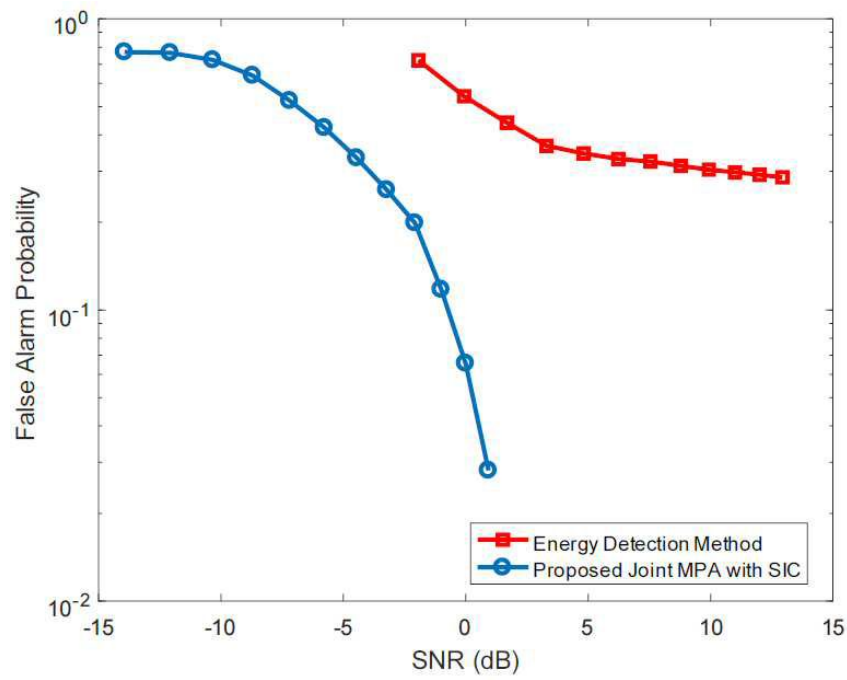
도면7



도면8



도면9



도면10

