

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0076722

(43) 공개일자 2021년06월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 28/14 (2009.01) H04L 29/08 (2006.01)

H04W 28/02 (2009.01) H04W 76/14 (2018.01)

H04W 88/18 (2019.01)

(52) CPC특허분류

H04W 28/14 (2013.01)

H04L 67/2842 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0168197

(22) 출원일자 2019년12월16일

심사청구일자 2020년08월25일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

강충구

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

이준만

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

이상현

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(74) 대리인

권혁록, 이정순

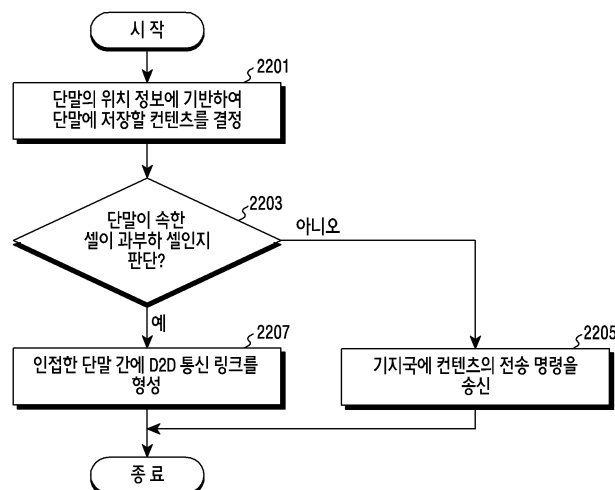
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서 단말 저장 장치를 이용한 콘텐츠 전달 방법 및 장치

(57) 요약

본 개시는 LTE(Long Term Evolution)와 같은 4G(4th generation) 통신 시스템 이후 보다 높은 데이터 전송률을 지원하기 위한 5G(5th generation) 또는 pre-5G 통신 시스템에 관련된 것이다. 본 개시에 따른 무선 통신 시스템에서 코어 네트워크를 동작하기 위한 방법은, 단말의 위치 정보에 기반하여 상기 단말에 저장할 콘텐츠를 결정하는 과정과, 상기 결정에 대응하여 상기 단말에 상기 콘텐츠를 전송하도록 기지국에 상기 콘텐츠의 전송 명령을 송신하는 과정과, 상기 단말이 과부하 셀에 진입하였는지 확인하는 과정과, 상기 단말이 과부하 셀에 진입한 것으로 확인되는 경우, 상기 단말과 인접한 다른 단말 간에 D2D 통신 링크를 형성하는 과정을 포함한다.

대표도 - 도22



(52) CPC특허분류

H04W 28/0226 (2013.01)

H04W 28/0284 (2013.01)

H04W 76/14 (2018.02)

H04W 88/18 (2019.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R1725372

부처명 없음

과제관리(전문)기관명 없음

연구사업명 삼성미래기술육성사업

연구과제명 대역폭 제한을 극복하기 위한 사용자 중심의 모바일 캐싱 액세스 네트워크 기술

기 여 율 1/1

과제수행기관명 삼성전자 주식회사

연구기간 2019.01.01 ~ 2019.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

무선 통신 시스템에서 코어 네트워크를 동작하기 위한 방법에 있어서,
단말의 위치 정보에 기반하여 상기 단말에 저장할 콘텐츠를 결정하는 과정과,
상기 결정에 대응하여 상기 단말에 상기 콘텐츠를 전송하도록 기지국에 상기 콘텐츠의 전송 명령을 송신하는 과정과,
상기 단말이 속한 셀이 과부하 셀인지 확인하는 과정과,
상기 단말이 속한 셀이 과부하 셀로 확인되는 경우, 상기 단말과 인접한 다른 단말 간에 D2D 통신 링크를 형성하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
상기 단말이 속한 셀이 과부하 셀이 아닌 것으로 확인되는 것에 대응하여, 상기 단말에 상기 콘텐츠를 전송하도록 상기 기지국에 상기 콘텐츠의 전송 명령을 송신하는 과정을 더 포함하는 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,
상기 단말로부터 단말 신원정보 및 요청 콘텐츠 정보를 수신하는 과정과,
수신한 상기 단말 신원정보와 상기 요청 콘텐츠 정보를 기반으로, 콘텐츠 저장 상태를 결정하는 과정과,
상기 결정된 콘텐츠 저장 상태에 관한 정보를 상기 기지국으로 송신하는 과정을 포함하며,
상기 단말 신원정보는,
상기 단말과 상기 단말에 인접한 적어도 하나 이상의 다른 단말의 신원정보를 포함하며,
상기 요청 콘텐츠 정보는,
상기 단말이 요청하는 콘텐츠 정보를 포함하는 방법.

청구항 4

무선 통신 시스템에서 기지국을 동작하기 위한 방법에 있어서,
단말의 위치 정보를 수신하는 과정과,
상기 단말의 위치 정보를 코어 네트워크로 전송하는 과정과,
상기 단말에 저장할 콘텐츠 정보를 상기 코어 네트워크로부터 수신하는 과정과,
상기 콘텐츠 정보에 따라 상기 단말에 상기 콘텐츠를 전송하는 과정과,
상기 단말이 상기 기지국의 셀에 진입하였는지 확인하는 과정과,

상기 단말의 셀 진입 정보를 상기 코어 네트워크로 전송하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 단말로부터 단말 신원정보와 요청 콘텐츠 정보를 수신하는 과정과,

상기 코어 네트워크로부터 콘텐츠 저장 상태 정보를 수신하는 과정과,

상기 콘텐츠 저장 상태 정보에 기반하여 상기 단말에 무선 자원을 스케줄링하는 과정을 포함하며,

상기 단말 신원정보는,

상기 단말과 상기 단말에 인접한 적어도 하나 이상의 다른 단말의 신원정보를 포함하며,

상기 요청 콘텐츠 정보는,

상기 단말이 요청하는 콘텐츠 정보를 포함하는 방법.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 단말로부터 단말의 콘텐츠 저장 현황 정보를 수신하는 과정과,

콘텐츠 저장 불일치 여부를 분석하는 과정과,

상기 분석에 대응하여 상기 콘텐츠를 스케줄링하는 과정과,

상기 스케줄링에 따라 상기 단말에 상기 콘텐츠를 전송하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 7

무선 통신 시스템에서 단말을 동작하기 위한 방법에 있어서,

상기 단말의 위치 정보를 기지국으로 송신하는 과정과,

상기 기지국으로부터 콘텐츠를 수신하는 과정과,

상기 수신된 콘텐츠를 저장하는 과정과,

상기 단말이 과부하 셀로 진입하였는지 여부를 확인하는 과정과,

상기 단말이 과부하 셀로 진입한 경우에 대응하여, 상기 셀 내의 다른 단말과 D2D 통신 링크를 형성하는 과정과,

상기 D2D 통신 링크를 통해 상기 단말과 상기 다른 단말 간에 콘텐츠를 전송하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 D2D 통신 링크를 통해 전송되는 콘텐츠의 저장 현황 정보를 주기적으로 기지국에 송신하는 과정과,

상기 기지국으로부터 저장할 콘텐츠에 관한 스케줄링 신호를 수신하는 과정을 포함하는 방법.

상기 스케줄링 결과에 따라 상기 다른 단말에 콘텐츠를 전송하는 방법.

청구항 9

청구항 7에 있어서,
 기지국으로부터 상기 기지국에서 목표로 하는 콘텐츠 저장 상태에 관한 정보를 수신하는 과정과,
 상기 콘텐츠 저장 상태의 목표에 따라 저장할 콘텐츠를 결정하는 과정과,
 상기 결정된 콘텐츠를 저장하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 10

청구항 7에 있어서,
 단말 신원정보 및 요청 콘텐츠 정보를 상기 코어 네트워크로 송신하는 과정과,
 상기 기지국으로부터 스케줄링 신호를 수신하는 과정과,
 상기 스케줄링 신호에 따라 상기 다른 단말에 콘텐츠를 전송하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 11

무선 통신 시스템에서 코어 네트워크를 포함하는 장치에 있어서,
 송수신부; 및
 상기 송수신부와 연결된 적어도 하나의 프로세서를 포함하며,
 상기 적어도 하나의 프로세서는,
 단말의 위치 정보에 기반하여 상기 단말에 저장할 콘텐츠를 결정하고,
 상기 결정에 대응하여 상기 단말에 상기 콘텐츠를 전송하도록 기지국에 상기 콘텐츠의 전송 명령을 송신하고,
 상기 단말이 속한 셀이 과부하 셀인지 확인하고,
 상기 단말이 속한 셀이 과부하 셀로 확인되는 경우, 상기 단말과 인접한 다른 단말 간에 D2D 통신 링크를 형성하는 장치.

청구항 12

청구항 11에 있어서,
 상기 적어도 하나의 프로세서는,
 상기 단말이 속한 셀이 과부하 셀이 아닌 것으로 확인되는 것에 대응하여, 상기 단말에 콘텐츠를 전송하는 장치.

청구항 13

청구항 11에 있어서,
 상기 적어도 하나의 프로세서는,
 상기 단말로부터 단말 신원정보 및 요청 콘텐츠 정보를 수신하고,
 수신한 상기 단말 신원정보와 상기 요청 콘텐츠 정보를 기반으로, 콘텐츠 저장 상태를 결정하고,
 상기 결정된 콘텐츠 저장 상태에 관한 정보를 상기 기지국으로 송신하며,

상기 단말 신원정보는,
 상기 단말과 상기 단말에 인접한 적어도 하나 이상의 다른 단말의 신원정보를 포함하며,
 상기 요청 콘텐츠 정보는,
 상기 단말이 요청하는 콘텐츠 정보를 포함하는 장치.

청구항 14

무선 통신 시스템에서 기지국을 포함하는 장치에 있어서,
 송수신부; 및
 상기 송수신부와 연결된 적어도 하나의 프로세서를 포함하며,
 상기 적어도 하나의 프로세서는,
 단말의 위치 정보를 수신하고,
 상기 단말의 위치 정보를 코어 네트워크로 전송하고,
 상기 단말에 저장할 콘텐츠 정보를 상기 코어 네트워크로부터 수신하고,
 상기 콘텐츠 정보에 따라 상기 단말에 상기 콘텐츠를 전송하고,
 상기 단말이 상기 기지국의 셀에 진입하였는지 확인하고,,
 상기 단말의 셀 진입 정보를 상기 코어 네트워크로 전송하는 장치.

청구항 15

청구항 14에 있어서,
 상기 적어도 하나의 프로세서는,
 상기 단말로부터 단말 신원정보와 요청 콘텐츠 정보를 수신하고,
 상기 코어 네트워크로부터 콘텐츠 저장 상태 정보를 수신하고,
 상기 콘텐츠 저장 상태 정보에 기반하여 상기 단말에 무선 자원을 스케줄링하고,
 상기 단말 신원정보는,
 상기 단말과 상기 단말에 인접한 적어도 하나 이상의 다른 단말의 신원정보를 포함하며,
 상기 요청 콘텐츠 정보는,
 상기 단말이 요청하는 콘텐츠 정보를 포함하는 장치.

청구항 16

청구항 14에 있어서,
 상기 적어도 하나의 프로세서는,
 상기 단말로부터 단말의 콘텐츠 저장 현황 정보를 수신하고,
 콘텐츠 저장 불일치 여부를 분석하고,
 상기 분석에 대응하여 상기 콘텐츠를 스케줄링하고,

상기 스케줄링에 따라 상기 단말에 상기 콘텐츠를 전송하는 장치.

청구항 17

무선 통신 시스템에서 단말을 동작하기 위한 방법에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
상기 단말의 위치 정보를 기지국으로 송신하고,
상기 기지국으로부터 콘텐츠를 수신하고,
상기 수신된 콘텐츠를 저장하고,
상기 단말이 과부하 셀로 진입하였는지 여부를 확인하고,
상기 단말이 과부하 셀로 진입한 경우에 대응하여, 상기 셀 내의 다른 단말과 D2D 통신 링크를 형성하고,
상기 D2D 통신 링크를 통해 상기 단말과 상기 다른 단말 간에 콘텐츠를 전송하는 장치.

청구항 18

청구항 17에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
상기 D2D 통신 링크를 통해 전송되는 콘텐츠의 저장 현황 정보를 주기적으로 기지국에 송신하고,
상기 기지국으로부터 저장할 콘텐츠에 관한 스케줄링 신호를 수신하고,
상기 스케줄링 결과에 따라 상기 다른 단말에 콘텐츠를 전송하는 장치.

청구항 19

청구항 7에 있어서,
상기 적어도 하나의 프로세서는,
기지국으로부터 상기 기지국에서 목표로 하는 콘텐츠 저장 상태에 관한 정보를 수신하고,
상기 콘텐츠 저장 상태의 목표에 따라 저장할 콘텐츠를 결정하고,
상기 결정된 콘텐츠를 저장하는 장치.

청구항 20

청구항 17에 있어서,
단말 신원정보 및 요청 콘텐츠 정보를 상기 코어 네트워크로 송신하고,
상기 기지국으로부터 스케줄링 신호를 수신하고,
상기 스케줄링 신호에 따라 상기 다른 단말에 콘텐츠를 전송하는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시(disclosure)는 무선 통신 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 단말 저장 장치를 이용한 콘텐츠 전달 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 4G(4th generation) 통신 시스템 상용화 이후 증가 추세에 있는 무선 데이터 트래픽 수요를 충족시키기 위해, 개선된 5G(5th generation) 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템을 개발하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 이러한 이유로, 5G 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템은 4G 네트워크 이후(beyond 4th network) 통신 시스템 또는 LTE(long term evolution) 시스템 이후(Post LTE) 시스템이라 불리어지고 있다.

[0003] 높은 데이터 전송률을 달성하기 위해, 5G 통신 시스템은 초고주파(mmWave) 대역(예를 들어, 60기가(60GHz) 대역과 같은)에서의 구현이 고려되고 있다. 초고주파 대역에서의 전파의 경로손실 완화 및 전파의 전달 거리를 증가시키기 위해, 5G 통신 시스템에서는 빔포밍(beamforming), 거대 배열 다중 입출력(massive MIMO), 전차원 다중 입출력(full dimensional mimo, FD-MIMO), 어레이 안테나(array antenna), 아날로그 빔형성(analog beamforming), 및 대규모 안테나(large scale antenna) 기술들이 논의되고 있다.

[0004] 또한 시스템의 네트워크 개선을 위해, 5G 통신 시스템에서는 진화된 소형 셀, 개선된 소형 셀(advanced small cell), 클라우드 무선 액세스 네트워크(cloud radio access network, cloud RAN), 초고밀도 네트워크(ultra-dense network), 기기 간 통신(device to device communication, D2D), 무선 백홀(wireless backhaul), 이동 네트워크(moving network), 협력 통신(cooperative communication), CoMP(coordinated multi-points), 및 수신 간섭제거(interference cancellation) 등의 기술 개발이 이루어지고 있다.

[0005] 이 밖에도, 5G 시스템에서는 진보된 코딩 변조(advanced coding modulation, ACM) 방식인 FQAM(hybrid frequency shift keying and quadrature amplitude modulation) 및 SWSC(sliding window superposition coding)과, 진보된 접속 기술인 FBMC(filter bank multi carrier), NOMA(non orthogonal multiple access), 및 SCMA(sparse code multiple access) 등이 개발되고 있다.

[0006] 동영상 등의 대규모 멀티미디어 콘텐츠의 전달에 소요되는 유선 네트워크의 대역폭을 감당하기 위해 망의 종단에 서버를 가지고 오거나 또는 종단의 저장 장치에서 콘텐츠를 캐싱(caching)하는 기법이 사용되고 있다. 본 발명의 배경이 되는 기술은 이와 같이 네트워크의 종단에 저장 장치를 이용하여 미리 주요한 콘텐츠들을 캐싱해두고, 필요할 때 종단에서 직접 콘텐츠를 제공하는 방식이다. 일반적으로 글로벌 CDN 사업자에 의해 구축된 서버를 통해 콘텐츠 전달 지연시간을 획기적으로 줄일 수 있다. 별도의 글로벌 캐시 서버를 통신 사업자의 IP 망에 직접 설치하고, 이를 통해 고객들이 빈번하게 요청하는 콘텐츠들을 직접 제공할 수 있다. 이와 같은 네트워크 캐시는 고객들의 콘텐츠 선호도에 따라 캐싱되는 파일이 주기적으로 업데이트되고, 이 서버를 통해 고객의 요청에 의해 필요한 콘텐츠가 직접 전달되므로 사업자 네트워크에 부하를 야기하지 않도록 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상술한 바와 같은 논의를 바탕으로, 본 개시(disclosure)는, 무선 통신 시스템에서 콘텐츠 전달의 효율성을 향상시키는 장치 및 방법을 제공한다.

[0008] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 코어 네트워크를 동작하기 위한 방법은, 단말의 위치 정보에 기반하여 상기 단말에 저장할 콘텐츠를 결정하는 과정과, 상기 결정에 대응하여 상기 단말에 상기 콘텐츠를 전송하도록 기지국에 상기 콘텐츠의 전송 명령을 송신하는 과정과, 상기 단말이 과부하 셀에 진입하였는지 확인하는 과정과, 상기 단말이 과부하 셀에 진입한 것으로 확인되는 경우, 상기 단말과 인접한 다른 단말 간에 D2D 통신 링크를 형성하는 과정을 포함한다.

[0010] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 기지국을 동작하기 위한 방법은, 단말의 위치 정

보를 수신하는 과정과, 상기 단말의 위치 정보를 코어 네트워크로 전송하는 과정과, 상기 단말에 저장할 콘텐츠 정보를 상기 코어 네트워크로부터 수신하는 과정과, 상기 콘텐츠 정보에 따라 상기 단말에 상기 콘텐츠를 전송하는 과정과, 상기 단말이 상기 기지국의 셀에 진입하였는지 확인하는 과정과, 상기 단말의 셀 진입 정보를 상기 코어 네트워크로 전송하는 과정을 포함한다.

[0011] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 단말을 동작하기 위한 방법은, 상기 단말의 위치 정보를 기지국으로 송신하는 과정과, 상기 기지국으로부터 콘텐츠를 수신하는 과정과, 상기 수신된 콘텐츠를 저장하는 과정과, 상기 단말이 과부하 셀로 진입하였는지 여부를 확인하는 과정과, 상기 단말이 과부하 셀로 진입한 경우에 대응하여, 상기 셀 내의 다른 단말과 D2D 통신 링크를 형성하는 과정과, 상기 D2D 통신 링크를 통해 상기 단말과 상기 다른 단말 간에 콘텐츠를 전송하는 과정을 포함한다.

[0012] 본 개시의 다른 양태에 의할 때, 무선 통신 시스템에서 코어 네트워크를 포함하는 장치는, 송수신부; 및 상기 송수신부와 연결된 적어도 하나의 프로세서를 포함하며, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 단말의 위치 정보에 기반하여 상기 단말에 저장할 콘텐츠를 결정하고, 상기 결정에 대응하여 상기 단말에 상기 콘텐츠를 전송하도록 기지국에 상기 콘텐츠의 전송 명령을 송신하고, 상기 단말이 과부하 셀에 진입하였는지 확인하고, 상기 단말이 과부하 셀에 진입한 것으로 확인되는 경우, 상기 단말과 인접한 다른 단말 간에 D2D 통신 링크를 형성한다.

[0013] 본 개시의 다른 양태에 의할 때, 무선 통신 시스템에서 기지국을 포함하는 장치는, 송수신부; 및 상기 송수신기와 연결된 적어도 하나의 프로세서를 포함하며, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 단말의 위치 정보를 수신하고, 상기 단말의 위치 정보를 코어 네트워크로 전송하고, 상기 단말에 저장할 콘텐츠 정보를 상기 코어 네트워크로부터 수신하고, 상기 콘텐츠 정보에 따라 상기 단말에 상기 콘텐츠를 전송하고, 상기 단말이 상기 기지국의 셀에 진입하였는지 확인하고, 상기 단말의 셀 진입 정보를 상기 코어 네트워크로 전송한다.

[0014] 본 개시의 다른 양태에 의할 때, 무선 통신 시스템에서 단말을 포함하는 장치는, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 단말의 위치 정보를 기지국으로 송신하고, 상기 기지국으로부터 콘텐츠를 수신하고, 상기 수신된 콘텐츠를 저장하고, 상기 단말이 과부하 셀로 진입하였는지 여부를 확인하고, 상기 단말이 과부하 셀로 진입한 경우에 대응하여, 상기 셀 내의 다른 단말과 D2D 통신 링크를 형성하고, 상기 D2D 통신 링크를 통해 상기 단말과 상기 다른 단말 간에 콘텐츠를 전송한다.

발명의 효과

[0015] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 장치 및 방법은, 과부하 셀 내에서 콘텐츠의 전달 효율을 향상시키는 효과를 제공한다.

[0016] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템을 도시한다.

도 2는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 기지국의 구성을 도시한다.

도 3은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 구성을 도시한다.

도 4은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서, 이동 캐싱을 위한 통합 구조를 도시한다.

도 5는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 캐싱을 위한 기지국 구성을 도시한다.

도 6은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 캐싱을 위한 단말 구성을 도시한다.

도 7은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 캐싱을 위한 단말의 동작을 도시한다.

도 8은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 특정 셀 내에 속한 각각의 단말들 사이의 관계를 도시한다.

도 9는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 셀 별 개별 콘텐츠 선호도 그래프를 도시한다.

도 10은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 과부하 셀과 비 과부하 셀을 분류하여 도시한

다.

도 11은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 D2D 링크를 형성하는 각각의 단말들의 셀 별 이동성 모델을 도시한다.

도 12는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 D2D 링크를 형성하는 각각의 단말들의 셀 별 집계 흐름 모델을 도시한다.

도 13은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 단말의 셀간 이동에 따른 세그먼트의 수 변화를 도시한다.

도 14는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 캐싱을 수행하는 단말에 콘텐츠를 저장하기 위한 방식을 도시한다.

도 15는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 캐싱을 수행하는 단말에 콘텐츠를 저장하기 위한 또 다른 방식을 도시한다.

도 16은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 캐싱이 이루어지는 과정을 도시한다.

도 17은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 캐싱이 이루어지는 과정을 도시한 흐름도이다.

도 18은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서, 트레이서를 활용한 콘텐츠 발견 절차를 도시한 흐름도이다.

도 19는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서, 수신자를 기준으로 한 콘텐츠 발견 절차를 도시한 흐름도이다.

도 20는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서, 발신자를 기준으로 한 콘텐츠 발견 절차를 도시한 흐름도이다.

도 21은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 전달 조정 절차의 동작을 도시한다.

도 22는, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 코어 네트워크의 동작을 도시한 흐름도이다.

도 23은, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 기지국의 동작을 도시한 흐름도이다.

도 24는, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 단말의 동작을 도시한 흐름도이다.

도 25는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 캐싱에 의한 시공간적인 트래픽 부하의 분산 효과를 도시한다.

도 26은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 저장 장치의 크기에 따른 액세스 링크 부하 사용 비율을 도시한다.

도 27는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 사용자 수에 따른 액세스 링크 부하 사용 비율을 도시한다.

도 28는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 단말의 이동성 예측 변이도에 따른 액세스 링크 부하 사용 비율을 도시한다.

도 29 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 단말들의 콘텐츠 선호도가 상이한 정도에 따른 액세스 링크 부하 사용 비율을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018]

본 개시에서 사용되는 용어들은 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 다른 실시 예의 범위를 한정하려는 의도가 아닐 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 용어들은 본 개시에 기재된 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가질 수 있다. 본 개시에 사용된 용어들 중 일반적인 사전에 정의된 용어들은, 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 동일 또는 유사한 의미로 해석될 수 있으며, 본 개시에서 명백하게 정의되지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

경우에 따라서, 본 개시에서 정의된 용어일지라도 본 개시의 실시 예들을 배제하도록 해석될 수 없다.

- [0019] 이하에서 설명되는 본 개시의 다양한 실시 예들에서는 하드웨어적인 접근 방법을 예시로서 설명한다. 하지만, 본 개시의 다양한 실시 예들에서는 하드웨어와 소프트웨어를 모두 사용하는 기술을 포함하고 있으므로, 본 개시의 다양한 실시 예들이 소프트웨어 기반의 접근 방법을 제외하는 것은 아니다.
- [0021] 이하 본 개시는 무선 통신 시스템에서 단말 저장 장치를 이용하여 콘텐츠를 전달하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 구체적으로, 본 개시는 무선 통신 시스템에서 이동 캐싱을 수행하는 단말의 저장 장치를 이용하여 콘텐츠를 인접한 단말과 공유함으로써 과부하 셀에서 데이터 전달의 효율성을 향상시키기 위한 기술을 설명한다.
- [0022] 이하 설명에서 사용되는 신호를 지칭하는 용어, 채널을 지칭하는 용어, 제어 정보를 지칭하는 용어, 네트워크 객체(network entity)들을 지칭하는 용어, 장치의 구성 요소를 지칭하는 용어 등은 설명의 편의를 위해 예시된 것이다. 따라서, 본 개시가 후술되는 용어들에 한정되는 것은 아니며, 동등한 기술적 의미를 가지는 다른 용어가 사용될 수 있다.
- [0023] 또한, 본 개시에서, 특정 조건의 만족(satisfied), 충족(fulfilled) 여부를 판단하기 위해, 초과 또는 미만의 표현이 사용되었으나, 이는 일 예를 표현하기 위한 기재일 뿐 이상 또는 이하의 기재를 배제하는 것이 아니다. '이상'으로 기재된 조건은 '초과', '이하'로 기재된 조건은 '미만', '이상 및 미만'으로 기재된 조건은 '초과 및 이하'로 대체될 수 있다. `/** 불필요 시 삭제 */`
- [0024] 또한, 본 개시는, 일부 통신 규격(예: 3GPP(3rd Generation Partnership Project))에서 사용되는 용어들을 이용하여 다양한 실시 예들을 설명하지만, 이는 설명을 위한 예시일 뿐이다. 본 개시의 다양한 실시 예들은, 다른 통신 시스템에서도, 용이하게 변형되어 적용될 수 있다.
- [0026] 도 1은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템을 도시한다.
- [0027] 도 1은 무선 통신 시스템에서 무선 채널을 이용하는 노드(node)들의 일부로서, 기지국(110), 단말(120), 단말(130)을 예시한다. 도 1은 하나의 기지국만을 도시하나, 기지국(110)과 동일 또는 유사한 다른 기지국이 더 포함될 수 있다.
- [0028] 기지국(110)은 단말들(120, 130)에게 무선 접속을 제공하는 네트워크 인프라스트럭처(infrastructure)이다. 기지국(110)은 신호를 송신할 수 있는 거리에 기초하여 일정한 지리적 영역으로 정의되는 커버리지(coverage)를 가진다. 기지국(110)은 기지국(base station) 외에 '액세스 포인트(access point, AP)', '이노드비(eNodeB, eNB)', '5G 노드(5th generation node)', '지노드비(next generation nodeB, gNB)', '무선 포인트(wireless point)', '송수신 포인트(transmission/reception point, TRP)' 또는 이와 동등한 기술적 의미를 가지는 다른 용어로 지칭될 수 있다.
- [0029] 단말(120) 및 단말(130) 각각은 사용자에게 의해 사용되는 장치로서, 기지국(110)과 무선 채널을 통해 통신을 수행한다. 경우에 따라, 단말(120) 및 단말(130) 중 적어도 하나는 사용자의 관여 없이 운영될 수 있다. 즉, 단말(120) 및 단말(130) 중 적어도 하나는 기계 타입 통신(machine type communication, MTC)을 수행하는 장치로서, 사용자에게 의해 휴대되지 아니할 수 있다. 단말(120) 및 단말(130) 각각은 단말(terminal) 외 '사용자 장비(user equipment, UE)', '이동국(mobile station)', '가입자국(subscriber station)', '원격 단말(remote terminal)', '무선 단말(wireless terminal)', 또는 '사용자 장치(user device)' 또는 이와 동등한 기술적 의미를 가지는 다른 용어로 지칭될 수 있다.
- [0030] 기지국(110), 단말(120), 단말(130)은 밀리미터 파(mmWave) 대역(예: 28GHz, 30GHz, 38GHz, 60GHz)에서 무선 신호를 송신 및 수신할 수 있다. 이때, 채널 이득의 향상을 위해, 기지국(110), 단말(120), 단말(130)은 빔포밍(beamforming)을 수행할 수 있다. 여기서, 빔포밍은 송신 빔포밍 및 수신 빔포밍을 포함할 수 있다. 즉, 기지국(110), 단말(120), 단말(130)은 송신 신호 또는 수신 신호에 방향성(directionality)을 부여할 수 있다. 이를 위해, 기지국(110) 및 단말들(120, 130)은 빔 탐색(beam search) 또는 빔 관리(beam management) 절차를 통해 서빙(serving) 빔들(112, 113, 121, 131)을 선택할 수 있다. 서빙 빔들(112, 113, 121, 131)이 선택된 후, 이후 통신은 서빙 빔들(112, 113, 121, 131)을 송신한 자원과 QCL(quasi co-located) 관계에 있는 자원을 통해 수행될 수 있다.

- [0031] 제1 안테나 포트 상의 심볼을 전달한 채널의 광범위한(large-scale) 특성들이 제2 안테나 포트 상의 심볼을 전달한 채널로부터 추정될(inferred) 수 있다면, 제1 안테나 포트 및 제2 안테나 포트는 QCL 관계에 있다고 평가될 수 있다. 예를 들어, 광범위한 특성들은 지연 스프레드(delay spread), 도플러 스프레드(doppler spread), 도플러 쉬프트(doppler shift), 평균 이득(average gain), 평균 지연(average delay), 공간적 수신 파라미터(spatial receiver parameter) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0033] 도 2는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 기지국의 구성을 도시한다.
- [0034] 도 2에 예시된 구성은 기지국(110)의 구성으로서 이해될 수 있다. 이하 사용되는 '편부', '편기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0035] 도 2를 참고하면, 기지국은 무선통신부(210), 백홀통신부(220), 저장부(230), 제어부(240)를 포함한다.
- [0036] 무선통신부(210)는 무선 채널을 통해 신호를 송수신하기 위한 기능들을 수행한다. 예를 들어, 무선통신부(210)는 시스템의 물리 계층 규격에 따라 기저대역 신호 및 비트열 간 변환 기능을 수행한다. 예를 들어, 데이터 송신 시, 무선통신부(210)는 송신 비트열을 부호화 및 변조함으로써 복소 심벌들을 생성한다. 또한, 데이터 수신 시, 무선통신부(210)는 기저대역 신호를 복조 및 복호화를 통해 수신 비트열을 복원한다.
- [0037] 또한, 무선통신부(210)는 기저대역 신호를 RF(radio frequency) 대역 신호로 상향변환한 후 안테나를 통해 송신하고, 안테나를 통해 수신되는 RF 대역 신호를 기저대역 신호로 하향변환한다. 이를 위해, 무선통신부(210)는 송신 필터, 수신 필터, 증폭기, 믹서(mixer), 오실레이터(oscillator), DAC(digital to analog convertor), ADC(analog to digital convertor) 등을 포함할 수 있다. 또한, 무선통신부(210)는 다수의 송수신 경로(path)들을 포함할 수 있다. 나아가, 무선통신부(210)는 다수의 안테나 요소들(antenna elements)로 구성된 적어도 하나의 안테나 어레이(antenna array)를 포함할 수 있다.
- [0038] 하드웨어의 측면에서, 무선통신부(210)는 디지털 유닛(digital unit) 및 아날로그 유닛(analog unit)으로 구성될 수 있으며, 아날로그 유닛은 동작 전력, 동작 주파수 등에 따라 다수의 서브 유닛(sub-unit)들로 구성될 수 있다. 디지털 유닛은 적어도 하나의 프로세서(예: DSP(digital signal processor))로 구현될 수 있다.
- [0039] 무선통신부(210)는 상술한 바와 같이 신호를 송신 및 수신한다. 이에 따라, 무선통신부(210)의 전부 또는 일부는 '송신부(transmitter)', '수신부(receiver)' 또는 '송수신부(transceiver)'로 지칭될 수 있다. 또한, 이하 설명에서, 무선 채널을 통해 수행되는 송신 및 수신은 무선통신부(210)에 의해 상술한 바와 같은 처리가 수행되는 것을 포함하는 의미로 사용된다.
- [0040] 백홀통신부(220)는 네트워크 내 다른 노드들과 통신을 수행하기 위한 인터페이스를 제공한다. 즉, 백홀통신부(220)는 기지국에서 다른 노드, 예를 들어, 다른 접속 노드, 다른 기지국, 상위 노드, 코어망 등으로 송신되는 비트열을 물리적 신호로 변환하고, 다른 노드로부터 수신되는 물리적 신호를 비트열로 변환한다.
- [0041] 저장부(230)는 기지국의 동작을 위한 기본 프로그램, 응용 프로그램, 설정 정보 등의 데이터를 저장한다. 저장부(230)는 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리 또는 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리의 조합으로 구성될 수 있다. 그리고, 저장부(230)는 제어부(240)의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공한다.
- [0042] 제어부(240)는 기지국의 전반적인 동작들을 제어한다. 예를 들어, 제어부(240)는 무선통신부(210)를 통해 또는 백홀통신부(220)를 통해 신호를 송신 및 수신한다. 또한, 제어부(240)는 저장부(230)에 데이터를 기록하고, 읽는다. 그리고, 제어부(240)는 통신 규격에서 요구하는 프로토콜 스택(protocol stack)의 기능들을 수행할 수 있다. 다른 구현 예에 따라, 프로토콜 스택은 무선통신부(210)에 포함될 수 있다. 이를 위해, 제어부(240)는 적어도 하나의 프로세서(processor)를 포함할 수 있다. 다양한 실시 예들에 따라, 제어부(240)는 단말에 콘텐츠에 관한 명령을 송신할 수 있다. 여기서 콘텐츠에 관한 명령은, 단말이 사전에 저장할 콘텐츠의 종류, 용량, 저장 시각 등에 관한 정보를 포함한다. 또한 기지국이 과부하 상태인 경우, 기지국의 셀 범위에 진입한 단말에게 D2D 링크를 형성하도록 요청하는 메시지를 송신할 수 있다. 형성된 D2D 링크를 통해 인접한 단말 간에 데이터 전송이 이루어지도록 제어하는 신호를 송신할 수 있다. 예를 들어, 제어부(240)는 기지국이 후술하는 다양한 실시 예들에 따른 동작들을 수행하도록 제어할 수 있다.

- [0044] 도 3은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 구성을 도시한다.
- [0045] 도 3에 예시된 구성은 단말(120)의 구성으로서 이해될 수 있다. 이하 사용되는 '편부', '편기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0046] 도 3을 참고하면, 단말은 통신부(310), 저장부(320), 제어부(330)를 포함한다.
- [0047] 통신부(310)는 무선 채널을 통해 신호를 송수신하기 위한 기능들을 수행한다. 예를 들어, 통신부(310)는 시스템의 물리 계층 규격에 따라 기저대역 신호 및 비트열 간 변환 기능을 수행한다. 예를 들어, 데이터 송신 시, 통신부(310)는 송신 비트열을 부호화 및 변조함으로써 복소 심벌들을 생성한다. 또한, 데이터 수신 시, 통신부(310)는 기저대역 신호를 복조 및 복호화를 통해 수신 비트열을 복원한다. 또한, 통신부(310)는 기저대역 신호를 RF 대역 신호로 상향변환한 후 안테나를 통해 송신하고, 안테나를 통해 수신되는 RF 대역 신호를 기저대역 신호로 하향변환한다. 예를 들어, 통신부(310)는 송신 필터, 수신 필터, 증폭기, 믹서, 오실레이터, DAC, ADC 등을 포함할 수 있다.
- [0048] 또한, 통신부(310)는 다수의 송수신 경로(path)들을 포함할 수 있다. 나아가, 통신부(310)는 다수의 안테나 요소들로 구성된 적어도 하나의 안테나 어레이를 포함할 수 있다. 하드웨어의 측면에서, 통신부(310)는 디지털 회로 및 아날로그 회로(예: RFIC(radio frequency integrated circuit))로 구성될 수 있다. 여기서, 디지털 회로 및 아날로그 회로는 하나의 패키지로 구현될 수 있다. 또한, 통신부(310)는 다수의 RF 체인들을 포함할 수 있다. 나아가, 통신부(310)는 빔포밍을 수행할 수 있다.
- [0049] 또한, 통신부(310)는 서로 다른 주파수 대역의 신호들을 처리하기 위해서 서로 다른 통신 모듈들을 포함할 수 있다. 나아가, 통신부(310)는 서로 다른 다수의 무선 접속 기술들을 지원하기 위해 다수의 통신 모듈들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 서로 다른 무선 접속 기술들은 블루투스 저 에너지(bluetooth low energy, BLE), Wi-Fi(Wireless Fidelity), WiGig(WiFi Gigabyte), 셀룰러 망(예: LTE(Long Term Evolution) 등을 포함할 수 있다. 또한, 서로 다른 주파수 대역들은 극고단파(SHF:super high frequency)(예: 2.5GHz, 5GHz) 대역, mm파(millimeter wave)(예: 60GHz) 대역을 포함할 수 있다.
- [0050] 통신부(310)는 상술한 바와 같이 신호를 송신 및 수신한다. 이에 따라, 통신부(310)의 전부 또는 일부는 '송신부', '수신부' 또는 '송수신부'로 지칭될 수 있다. 또한, 이하 설명에서 무선 채널을 통해 수행되는 송신 및 수신은 통신부(310)에 의해 상술한 바와 같은 처리가 수행되는 것을 포함하는 의미로 사용된다.
- [0051] 저장부(320)는 단말의 동작을 위한 기본 프로그램, 응용 프로그램, 설정 정보, 콘텐츠 등의 데이터를 저장한다. 저장부(320)는 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리 또는 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리의 조합으로 구성될 수 있다. 그리고, 저장부(320)는 제어부(330)의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공한다.
- [0052] 제어부(330)는 단말의 전반적인 동작들을 제어한다. 예를 들어, 제어부(330)는 통신부(310)를 통해 신호를 송신 및 수신한다. 또한, 제어부(330)는 저장부(320)에 데이터를 기록하고, 읽는다. 그리고, 제어부(330)는 통신 규격에서 요구하는 프로토콜 스택의 기능들을 수행할 수 있다. 이를 위해, 제어부(330)는 적어도 하나의 프로세서 또는 마이크로(micro) 프로세서를 포함하거나, 또는, 프로세서의 일부일 수 있다. 또한, 통신부(310)의 일부 및 제어부(330)는 CP(communication processor)라 지칭될 수 있다. 다양한 실시 예들에 따라, 제어부(330)는 기지국으로부터 요청 메시지를 수신하고, 수신한 요청 메시지에 대응하여, 특정 콘텐츠를 저장할 수 있다. 콘텐츠의 저장은 과부하 셀이 아닌 곳에서 이루어질 수 있고, 콘텐츠 데이터는 기지국으로부터 전송받을 수 있다. 또한 과부하 셀에 진입한 후, 기지국의 요청 메시지에 따라 D2D 링크를 인접한 단말간에 형성하고, 인접한 다른 단말의 요청을 직, 간접적으로 수신하여 다른 단말의 요청 콘텐츠를 상호 공유할 수 있다. 예를 들어, 제어부(330)는 단말이 후술하는 다양한 실시 예들에 따른 동작들을 수행하도록 제어할 수 있다.
- [0054] 도 4은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서, 이동 개성을 위한 통합 구조를 도시한다.
- [0055] 본 발명을 실현하기 위해 기지국과 단말에서 각각 개별적인 기능들이 수행된다. 또한 이를 지원하기 위해 필요한 여러 가지 정보들이 네트워크에 의해 제공될 수 있다. 네트워크는 중앙 네트워크(core network, CN)를 포함하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0056] 네트워크는 콘텐츠 소스부와 정보 서버부를 포함할 수 있다.

- [0057] 콘텐츠 소스부는 원본 콘텐츠를 외부로부터 수신하여 전달하거나, 생성할 수 있다. 콘텐츠 소스부는 파일 서버와 파운틴 코드 부호화기(fountain coding encoder)를 포함할 수 있다.
- [0058] 파운틴 코드 부호화기는, 원본 콘텐츠를 세그먼트(segment)로 분할하여 부호화 할 수 있다. 추가적으로 부호화된 출력값을 저장하는 장치를 더 포함할 수 있다. 파일서버는 파운틴 코드 부호화기로 원본 콘텐츠를 제공한다.
- [0059] 정보 서버부는, 콘텐츠 서버부를 포함할 수 있다. D2D 통신 단말의 시공간적 콘텐츠 저장을 위해 필요한 외부 정보들을 제공하기 위해 사용자들의 트래픽 부하에 대한 기록, 이동성 정보(이동 패턴), 콘텐츠별 선호도 분포 등이 관리되고, 이들을 분석하는 장치가 별도의 서버로 제공될 수 있고, 이는 콘텐츠 서버부로 지칭될 수 있다. 콘텐츠 서버는 정보 서버부에 포함된 구성이거나, 정보 서버부와 전기적으로 연결되어 데이터를 교환하는 별도의 구성일 수 있다.
- [0060] 또한 정보 서버부는 사용자 및 서비스 정보를 관리한다. 도 1을 참조할 때, 콘텐츠 소스부와 정보 서버부는 각 기지국과 연동되고, 각 기지국은 단말과 연동되어 콘텐츠 사전 저장과 전달 기능을 수행한다.
- [0061] 각 기지국은 과부하 여부에 따라 콘텐츠 사전 저장단계 또는 전달 단계의 기능을 선택하여 수행하고, 이때 과부하 여부를 결정하고 어떤 기능을 수행할지 결정하는 캐쉬 관리 기능(cache management function)이 구현된다. 그리고, 과부하가 아닌 기지국에서는 콘텐츠 저장 기능(content placement function)에 의해 각 단말에 어떤 콘텐츠를 저장할지에 대한 결정이 이루어진다. 그 결과에 따라 해당 콘텐츠를 단말에 저장시키기 위해 필요한 처리 및 전송 과정이 페이로드 처리 및 전달 제어 기능(payload processing & delivery control function)에 의해 수행된다. 또한, 과부하 기지국의 경우에는 각 단말에서의 저장 상태 불일치를 해소하기 위한 콘텐츠 조정 기능(content steering function)이 수행된다.
- [0063] 단말은 필요한 콘텐츠를 사전 저장하거나 또는 사전 저장된 콘텐츠를 탐색하여 페이로드(payload)를 처리하는 페이로드 처리 기능(payload processing function)을 구현한다. 그리고, 이를 위해 처리된 콘텐츠를 저장 장치에 저장을 수행하는 콘텐츠 배치 기능(content placement function)과 저장 장치에서 필요한 콘텐츠를 탐색하여 전송에 필요한 처리를 수행하는 전달 제어 기능(delivery control function)이 구현된다.
- [0065] 도 5는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 캐싱을 위한 기지국 구성을 도시한다. (도5 에 '콘텐츠 전달 제어 유닛' 오타가 있음)
- [0066] 본 개시에서 이동 캐싱을 구현하기 위한 기지국은, 도 2에 개시된 기지국의 구성에 더하여 다양한 구성들이 더 포함된 것으로 이해될 수 있다. 보다 구체적으로, 이동 캐싱 기능을 수행하거나 기지국의 셀 내에 속한 단말들이 이동 캐싱 기능을 수행하도록 하기 위해 아래와 같은 처리 장치들을 구동할 수 있다.
- [0067] 인터페이스 모듈(interface module), 페이로드 처리 유닛(payload processing unit), 트래픽 부하 관리 유닛(traffic load management unit), 캐시 관리 유닛(cache management unit), 로컬 캐싱 최적화 유닛(local caching optimization unit), 콘텐츠 검색 유닛(content retrieval unit), 콘텐츠 전달 제어 유닛(Content delivery control unit), 조정 최적화 유닛(steering optimization unit), 미스매치 분석 유닛(mismatch analysis unit), 피드백 처리 유닛(feedback processing unit), 멀티캐스트 처리 유닛(multicast processing unit), 채널 역 다중화 유닛(channel de-multiplexing unit)을 포함할 수 있다.
- [0069] 도 6은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 캐싱을 위한 단말 구성을 도시한다.
- [0070] 본 개시에서 이동 캐싱을 구현하기 위한 단말은, 도 2에 개시된 기지국의 구성에 더하여 다양한 구성들이 더 포함된 것으로 이해될 수 있다. 보다 구체적으로, 독자적으로 이동 캐싱 기능을 수행하거나, 기지국으로부터 신호를 수신하여 이동 캐싱 기능을 수행하기 위해 아래와 같은 처리 장치들을 구동할 수 있다.
- [0071] 페이로드 처리 유닛(payload processing unit), 콘텐츠 전달 유닛(content delivery unit), 콘텐츠 검색 유닛(content retrieval unit), 피드백 유닛(feedback unit), 캐싱 상태 처리 유닛(caching status processing unit), 콘텐츠 배치 유닛(content placement unit), 콘텐츠 처리 유닛(content processing unit), 로컬 콘텐츠 배치 유닛(local content placement unit)을 포함할 수 있다.

- [0072] 도 7은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 캐싱을 위한 단말의 동작을 도시한다.
- [0073] 본 발명의 일 실시 예에 따른 이동 단말이 과부하 상태가 아닌 셀에 있을 때는(off-peak hour) 각각의 단말들이 자신의 상태 정보를 중앙 네트워크와 공유하는 절차를 주기적으로 수행할 수 있다. 또는 각각의 단말 단위로 필요에 따라 요청하여 상태 정보를 공유할 수 있다. 여기서 상태 정보라 함은, 각각의 단말의 저장 공간, 저장 상태, 신호도, 배터리, D2D 통신 관련 정보 등을 포함하는 의미로 이해되어야 한다.
- [0074] 네트워크는 상태 정보들의 수신에 따라, 각각의 단말이 어떤 콘텐츠를 얼마나 저장할 것인지 결정하는 절차를 수행할 수 있다. 이 때, 해당 절차는 중앙 네트워크에서 모든 정보를 토대로 독단적으로 결정(centralized placement decision)할 수 있다. 또는 기지국들 간에 분산적으로 결정(distributed placement decision)할 수 있다. 결정된 저장 방법을 사용하여 단말들이 소유한 저장 공간에 콘텐츠를 저장할 수 있다.
- [0075] 셀이 과부하 상태가 되었을 때(peak hour), 각각의 단말에 사전에 저장한 콘텐츠를 D2D 링크를 통해 주변 단말 간에 필요한 정보를 공유함으로써 기지국으로부터 액세스하는 부하를 줄일 수 있다.
- [0076] 각각의 단말이 특정 콘텐츠를 요청할 때, 먼저 콘텐츠를 요청하는 해당 단말의 저장 장치에 해당 콘텐츠가 저장되어 있는지 확인하고, 이때 해당 콘텐츠에 관하여 부족한 데이터가 확인되면 D2D 통신을 통해 주변 단말들로부터 부족한 데이터를 요청하고 전달받을 수 있다.
- [0077] D2D 통신을 통해서 해당 콘텐츠를 전달받기 위해서는 주변에 위치한 단말들이 어떤 콘텐츠를 얼마나 가지고 있는지에 대한 정보를 획득하는 콘텐츠 발견(contents discovery) 절차를 수행할 수 있다. 이 절차를 수행한 후에는 D2D 자원을 활용하여 콘텐츠를 전달 절차가 수행될 수 있다.
- [0078] 위 과정을 각 단계별로 설명하면 아래와 같다.
- [0079] 셀이 비 과부하 상태인 시간대에서, 710단계에서, 각각의 단말들은 자신의 상태 정보를 주기적으로 업데이트 한다. 업데이트된 상태 정보는 중앙 네트워크로 전달될 수 있고, 이는 기지국이나 다른 단말들과 공유될 수 있다.
- [0080] 730단계에서, 단말에 포함된 저장 장치에 저장할 콘텐츠를 결정하는 절차가 수행된다. 이 절차는 중앙 네트워크에서 독립적으로 수행되거나, 복수의 기지국들에 의해 분산적으로 수행될 수 있다. 저장할 콘텐츠에 관한 정보는, 콘텐츠 종류, 콘텐츠 저장 용량, 콘텐츠의 크기, 콘텐츠 저장 시간 등에 관한 정보를 포함하는 개념으로 이해되어야 한다.
- [0081] 750단계에서, 결정된 저장 방법에 따라, 셀 특정 콘텐츠 저장을 수행한다. 콘텐츠 저장 명령은 중앙네트워크에 의해 기지국들로 전달될 수 있다.
- [0083] 셀이 과부하 상태인 시간대에서,
- [0084] 770단계에서, 기지국은 셀 내부에 속한 각각의 기지국들로부터 요청받은 콘텐츠 전송요청에 응답하여 콘텐츠를 전송할 수 있다. 하지만 과부하 상태에서 콘텐츠를 재생하기에 충분한 데이터를 송신받지 못하는 경우가 생길 수 있다.
- [0085] 790단계에서, 과부하 셀 내부에 속한 복수의 단말들 간에 D2D링크가 형성됨으로서 주변 단말간에 필요한 정보가 공유될 수 있다. 이때 공유되는 정보는, 셀의 과부하로 인해 기지국으로부터 전송받지 못하는 콘텐츠의 부족분을 의미하는 것으로 이해될 수 있다. 따라서 콘텐츠를 요청하는 각각의 단말들은 자신의 저장 장치에 해당 콘텐츠가 이미 저장되어 있는지를 확인하고, 저장되어 있는 경우, 콘텐츠를 재생하기에 충분한 양의 데이터를 포함하고 있는지 확인한 후, 부족한 양의 데이터에 대하여 형성된 D2D 통신 링크를 통해 주변 단말들로 콘텐츠 전송 요청신호를 송신할 수 있다. 이후에 콘텐츠 전달 절차가 수행된다.
- [0086] 이에 더하여, 791단계에서, 콘텐츠 발견(contents discovery) 절차가 수행될 수 있다. D2D 통신을 통해 콘텐츠를 전달받기 위해서는 주변에 위치한 단말들이 어떤 콘텐츠를 얼마나 가지고 있는지에 대한 정보를 획득하는 절차가 필요한데, 콘텐츠 발견 절차를 통하여 해당 정보를 수신할 수 있다. 793단계에서, 콘텐츠를 요청한 각각의 단말들은 D2D 자원을 활용하여 해당 콘텐츠를 전달받을 수 있다.
- [0088] 도 8는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 특정 셀 내에 속한 각각의 단말들 사이의 관계를 도시한다.

[0089] 도 8를 참조하면, 사용자 단말(801)들의 집합은 $\mathcal{D} = \{1, 2, 3, \dots, n\}$, 단말 i 의 저장 크기는 $M_i, i \in \mathcal{D}$, 사용자 단말 i 의 정규화 된 상대적 트래픽 강도는 $s_i \Rightarrow \sum_{i \in \mathcal{D}} s_i = 1$, 파일 f 에 대한 사용자 단말 i 의 콘텐츠 선호 지수는 $w_{i,f} \Rightarrow \sum_{f \in \mathcal{F}} w_{i,f} = 1$, D2D 장치 i 의 캐시 메모리 크기는 M_i , t 시간에 D2D 장치 i 가 기지국 b 에 위치할 확률은 $h_i^{(b)}(t)$, 기지국 b 에서 기지국 b' 로의 전이에 따른 총 캐시 크기는 $Q_{b,b'}(t)$, 기지국 b 의 총 캐시 크기는 $M^{(b)}(t)$ 로 정의할 수 있다.

[0090] 또한 D2D 링크가 형성될 수 있는 단말 간의 최대 거리(803)는 $R_{D2D}^{(b)}$, 특정 셀의 반경(830)은 $R_{cell}^{(b)}$ 으로 정의할 수 있다.

[0091] 여기서 단말은 D2D 통신 기능을 갖는 것으로, D2D 단말 또는 D2D 장치로도 지칭될 수 있다.

[0093] 단말들은 각각의 저장 공간, 콘텐츠 선호도, 트래픽 강도를 가지고 있으며, 중앙 네트워크는 해당 정보들을 사전 절차를 통하여 획득할 수 있다.

$$q_f^{(b)}(t) = \sum_{i \in \mathcal{D}} s_i w_{i,f} h_i^{(b)}(t)$$

[0094]

[0095] [수학식 1]

[0096] 도 9는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 셀 별 개별 콘텐츠 선호도 그래프를 도시한다.

[0097] 도 10은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 과부하 셀과 비 과부하 셀을 분류하여 도시한다.

[0098] 도 9과 [수학식 1]을 참조하면, 특정 시간의 특정 기지국에서 각 콘텐츠에 대한 통합 선호도를 해당 콘텐츠의 선호도에 해당 기지국으로 이동하는 각 사용자의 트래픽 강도를 가중치로 곱해서 평균을 내어 결정하는 집계된 콘텐츠 선호 모델(aggregated content preference model)을 적용할 수 있다.

[0100] MoCaNet의 이동성 모델은 long-term STO(spatio-temporal offloading)를 위한 셀 간 이동 패턴을 반영하는 수준과 과부하 셀 내에서 각 D2D 단말의 이동 속도에 따른 캐싱 방식을 고려하는 short-term STO 수준으로 구분되며, 이들의 계층적 수준에 따라 각기 다른 모델이 적용된다.

[0102] Long-term STO의 경우에는 개별 단말의 셀간 이동성을 반영하며, 이들의 이동 패턴에 의해 셀 부하가 결정될 수 있고, 특정 시간에 사용자가 요청하는 콘텐츠 부하가 임계값을 넘는 셀을 과부하 셀이라고 정의할 수 있다. 시스템 내에는 총 B 개의 기지국이 존재한다고 가정할 때, 각 기지국의 인덱스 집합을 $\mathcal{B} = \{1, 2, 3, \dots, B\}$ 로 나타낼 수 있다. 도 10의 예시에서 나타난 바와 같이, 각 과부하 셀에 해당하는 기지국의 인덱스 집합은 $\mathcal{B}_o$ 로 표현될 수 있다. ($\mathcal{B}_o \subset \mathcal{B}$).

[0104] 도 11은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 D2D 링크를 형성하는 각각의 단말들의 셀 이동성 모델을 도시한다.

[0105] 각 D2D 단말의 이동성은 도 11에 나타난 바와 같이 시간에 따른 기지국간의 천이 확률로 주어지며, 이를 통해 각 단말이 특정 시간에 특정 기지국에 도달할 확률을 계산할 수 있다. 도 11은 2명의 사용자에게 대해서 3개의 기지국에 걸쳐 이동하는 상황을 예시한 것이며, 이와 같은 단말 단위의 이동성 모델에 따른 STO 최적화는 실시간 연산

이 불가능한 수준의 복잡도가 요구될 수 있다.

[0107] 도 12은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 D2D 링크를 형성하는 각각의 단말들의 셀 별 집계 흐름 모델을 도시한다.

[0108] 도 12의 예시에 따르면 이를 현실적으로 처리할 수 있는 새로운 구조가 제시된다. 구체적으로는, 동일한 경로로 이동하는 단말의 흐름을 통합하여 그룹 단위로 이동성을 정의한 시공간적 통합 모델로서 셀별 집계 흐름 모델 (cell-by-cell aggregated flow model)이 제시된다. 이 모델을 이용하여 시스템 전체에 걸친 과부하 셀의 평균 오프로딩 이득을 극대화할 수 있도록 각 기지국에서 D2D 단말 별로 콘텐츠의 저장 확률을 결정할 수 있다.

[0109] 기지국 b 의 셀 내에 있는 단말들의 캐시 메모리의 통합 크기는 $M^{(b)}(t) = \sum_{i \in D} M_i h_i^{(b)}(t) = \sum_{b' \in \mathcal{L}(b)} Q_{b,b'}(t)$ 으로 주어지고, 이때 파일 f 에 해당하는 세그먼트의 수 $N_f^{(b)}(t)$ 는 $M^{(b)}(t)$ 보다 작을 것을 만족해야 한다. ($N_f^{(b)}(t) \leq M^{(b)}(t)$)

[0110] 이 조건에 의할 때, 단말의 셀간 이동에 따라 다음의 세그먼트 보존법칙(segment conservation law)이 성립하게 된다.

[0111] -
$$N_f^{(b')}(t+1) = \sum_{b \in \mathcal{B}} Q_{b,b'}(t) \left\{ p_f^{(b)}(t) + \frac{N_f^{(b)}(t)}{M^{(b)}(t)} \right\}, \quad b' \in \mathcal{L}(b)$$

[0112] [수학식 2]

[0113] 도 13는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 단말의 셀간 이동에 따른 세그먼트의 수 변화를 도시한다.

[0114] 도 13와 [수학식 2]를 참조할 때, 목적 함수는, 특정 시간에 시스템 전체의 모든 과부하 셀에서 무선접속 링크를 통해서 전송되어야 할 모든 콘텐츠의 평균 세그먼트 수로 정의된다.

[0115]
$$S(p_f^{(b)}(t)) = \sum_{b' \in \bar{\mathcal{B}}_o(t)} \sum_{f \in F} q_f^{(b')}(t+1) \left[K_f - N_f^{(b')}(t+1) \bar{D}_{D2D}^{(b')} \right]^+, \quad b \in \bar{\mathcal{B}}_o(t)$$

$$= \sum_{b' \in \bar{\mathcal{B}}_o(t)} \sum_{f \in F} q_f^{(b')}(t+1) \left[K_f - \bar{D}_{D2D}^{(b')} \sum_{b \in \mathcal{B}} Q_{b,b'}(t) \left\{ p_f^{(b)}(t) + \frac{N_f^{(b)}(t)}{M^{(b)}(t)} \right\} \right]^+$$

[0116] - 특정 시간에 시스템 전체의 모든 과부하 셀에서 무선접속 링크를 통해서 전송되어야 할 모든 콘텐츠의 평균 세그먼트 수를 무선접속 링크의 부하라고 하고, 셀 전체의 모든 과부하 셀에서 무선 액세스 링크의 평균 부하를

최소화시킬 수 있도록 모든 D2D 단말에서의 콘텐츠 별 저장 확률 $p_f^{(b)}(t) \in [0,1]$ 을 결정하는 최적화 문제를 수립할 수 있고 이는 하기와 같이 표현된다.

[0117]
$$\min_{p_f^{(b)}(t)} S(p_f^{(b)}(t)) \text{ such that } \sum_{f \in F} p_f^{(b)}(t) \leq 1, \quad b \in \bar{\mathcal{B}}_o(t)$$

[0119] 도 14는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 캐싱을 수행하는 단말에 콘텐츠를 저장하기 위한 방식을 도시한다.

[0120] 단말에 포함된 저장 장치에 저장할 콘텐츠를 결정하는 절차가 수행될 때, 이 절차는 중앙 네트워크에서 독립적으로 수행되거나, 복수의 기지국들에 의해 분산적으로 수행될 수 있다. 저장할 콘텐츠에 관한 정보는, 콘텐츠 종류, 콘텐츠 저장 용량, 콘텐츠의 크기, 콘텐츠 저장 시간 등에 관한 정보를 포함하는 개념으로 이해되어야 한다.

[0122] 중앙 네트워크에서 독립적으로 수행되는 저장 콘텐츠 결정 방식을, 중앙집중 방식(centralized placement decision)이라 지칭한다.

[0123] $\min_{p_f^{(b)}(t)} S(p_f^{(b)}(t))$ such that $\sum_{f \in F} p_f^{(b)}(t) \leq 1, b \in \bar{\mathcal{B}}_o(t)$ 의 최적화 문제는 convex가 아니므로, 목적함수를 다음과 같이 근사화하여 convex 문제로 변환할 수 있다.

[0124]
$$S(p_f^{(b)}(t)) \approx \sum_{b' \in \bar{\mathcal{B}}_o(t)} \sum_{f \in F} \frac{q_f^{(b')}(t)}{g} \log \left(\exp \left(g - g \frac{\phi_f^{(b')}(t)}{K_f} \bar{D}_{D2D}^{(b')} \right) + 1 \right)$$

[0125] 해당 문제는 constraint 가 포함된 convex optimization 이기 때문에 projected gradient method 로 최적의 해를 구할 수 있고, $S(p_f^{(b)}(t))$ 에 대한 gradient는 다음과 같음

[0126]
$$\frac{\partial S}{\partial p_f^{(b)}(t)} = - \sum_{b' \in \bar{\mathcal{B}}_o(t)} \frac{q_f^{(b')}(t) \bar{D}_{D2D}^{(b')} e^g \phi_f^{(b')}(t)}{K_f \exp \left(\frac{\bar{D}_{D2D}^{(b')}}{K_f} \phi_f^{(b')}(t) \right) + e^g}$$

[0127] Constraint 집합을 $\mathcal{C} = \left\{ p_f^{(b)}(t) \left| \sum_{f \in F} p_f^{(b)}(t) \leq 1, b \in \bar{\mathcal{B}}_o(t) \right. \right\}$ 라 했을 때 알고리즘은 다음과 같이 주어지며, 여기서 $\mathcal{P}_C[\cdot]$ 는 $\mathcal{C}$ 에 대한 projection 연산을 의미함

Algorithm 1 Centralized STO Algorithm

1: Initialize $k = 1, \left(p_f^{(b)}(t) \right)^{(0)} = 0$ for $\forall b \in \bar{\mathcal{B}}_o(t)$
 2: **repeat**
 3: **for** $\forall b \in \bar{\mathcal{B}}_o(t)$ **do**
 4: Compute $\left(\tilde{p}_f^{(b')}(t) \right)^{(k)} = \left(p_f^{(b')}(t) \right)^{(k-1)} +$
 $t_k \sum_{b' \in \bar{\mathcal{B}}_o(t)} \frac{q_f^{(b')}(t) \bar{D}_{D2D}^{(b')} \phi_f^{(b')}(t)}{K_f \exp \left(\frac{\bar{D}_{D2D}^{(b')}}{K_f} \phi_f^{(b')}(t) - g \right) + 1}$
 5: **end for**
 6: Projection onto $\mathcal{C}$ as $\left(p_f^{(b')}(t) \right)^{(k)} = \mathcal{P}_C \left[\left(\tilde{p}_f^{(b')}(t) \right)^{(k)} \right]$
 7: $k \rightarrow k + 1$
 8: **until** convergence criterion is met.

[0129]

[0131] 복수의 기지국들에 의해 분산적으로 수행되는 저장 콘텐츠 결정 방식을, 분산 방식이라 지칭한다.

[0133] 중앙 집중방식은 중앙 네트워크에서 모든 정보를 수집한 후에 한번에 해를 구해서 모든 기지국에게 전달하는 방식으로서, 시스템이 커질수록 구현 복잡도가 높아질 수 있다. 따라서 시스템 내에 존재하는 기지국이 단순히 메시지 전달을 통해서 ADMM (alternating direction method of multipliers)에 기반하여 분산적으로 해를 구할 수 있게 하는 분산 방식이 제시된다. 시스템 모델은 중앙 집중 방식과 모두 동일하며, 해를 구하는 주체와 알고리즘에 있어 차이가 존재한다.

[0134] 먼저 기지국 b 가 자신의 상황에 관한 정보만을 반영하여 구하는 해를 $\mathbf{p}_b \in [0,1]^{F|\bar{\mathcal{B}}^{(n)}|+1}$ 라고 정의할 수 있다. 여기

서 $\mathbf{p}_b = \left[\left(\mathbf{p}_b(1) \right)^T \left(\mathbf{p}_b(2) \right)^T \dots \left(\mathbf{p}_b(F) \right)^T \right]^T$ 이고, $\mathbf{p}_b(f) = \left[p_{b,f}^{(1)} p_{b,f}^{(2)} \dots p_{b,f}^{(|\bar{\mathcal{B}}^{(n)}|)} \right]^T$ 이다.

[0135] 또한 동의 변수 (Consensus variable) $\mathbf{z}$ 를 정의한다. 이 변수는 각자가 구한 결과 값들이 같은 값으로 수렴할 수 있도록 하는 역할을 수행할 수 있다.

$F^{(b)}(\mathbf{p}_b) = \sum_{f \in \mathbb{F}} \frac{w_f^{(b)}}{K_f} \left[K_f - D_{\text{off}}^{(b)} \sum_{b \in \tilde{\mathcal{B}}^{(n)}} G_{b,f} P_{b,f}^{(b)} \right]^+$ 이라고 정의할 때, 문제는 아래와 같이 변형될 수 있다.

$$\min_{\mathbf{z}, \{\mathbf{p}_b\}} \sum_{b \in \tilde{\mathcal{B}}^{(n)}} F^{(b)}(\mathbf{p}_b) + g(\mathbf{z})$$

$\mathbf{p}_b - \mathbf{z} = \mathbf{0}$ for $\forall b \in \tilde{\mathcal{B}}^{(n)}$ 여기서 $g(\mathbf{z})$ 는 패널티 함수(Penalty function) 이며, 아래와 같이 표현될 수 있다.

$$g(\mathbf{z}) = \begin{cases} 0 & \text{if } \mathbf{z} \in \mathcal{C} \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}, \quad \mathcal{C} = \left\{ \mathbf{z} \in \mathbb{R}_+^{F|\tilde{\mathcal{B}}^{(n)}|} \mid \sum_{f \in \mathbb{F}} z_f^{(b)} \leq 1 \text{ for all } b \in \tilde{\mathcal{B}}^{(n)} \right\}, \quad \mathcal{C} = \left\{ \mathbf{z} \in \mathbb{R}_+^{F|\tilde{\mathcal{B}}^{(n)}|} \mid \sum_{f \in \mathbb{F}} z_f^{(b)} \leq 1 \text{ for all } b \in \tilde{\mathcal{B}}^{(n)} \right\}$$

도 14 및 [수학식 3]을 참조하면, 분산해 $\mathbf{p}_b^k$ 는 다음과 같이 계산되고, 모든 기지국들은 자신들이 구한 $\mathbf{p}_b^{k+1}$ 와 $\mathbf{y}_b^{k+1}$ 를 주변 기지국들에게 전달하고 수집한 정보들을 토대로 $\mathbf{z}^{k+1}$ 를 계산할 수 있다. $\mathbf{z}^{k+1}$ 를 계산하면 $\mathbf{p}_b^{k+2}$ 와 $\mathbf{y}_b^{k+2}$ 를 다시 계산할 수 있으며, 값이 수렴할 때까지 이를 반복한다.

Contents placement by BS b	Objective function	Augmented Lagrangian
$\mathbf{p}_b^{k+1} = \arg \min_{\mathbf{p}_b}$	$F^{(b)}(\mathbf{p}_b) + y_b^k (\mathbf{p}_b - \mathbf{z}^k) + (\rho/2) \ \mathbf{p}_b - \mathbf{z}^k\ _2^2$	
	$\mathbf{z}^{k+1} = \Pi_{\mathcal{C}}(\bar{\mathbf{p}}^{k+1} + (1/\rho)\bar{\mathbf{y}}^{k+1})$	
	Dual variable for consensus among BSs	
	$y_b^{k+1} = y_b^k + \rho(\mathbf{p}_b^{k+1} - \mathbf{z}^{k+1})$	

[수학식 3]

Algorithm 2 Proposed ADMM Algorithm

- 1: Initialize $\mathbf{z}^0 = \mathbf{0}$, $\mathbf{y}_b^0 = \mathbf{0}$, $\mathbf{p}_b^0 = \mathbf{0}$ for $\forall b \in \tilde{\mathcal{B}}^{(n)}$
 - 2: **repeat**
 - 3: **for** $b=1:|\tilde{\mathcal{B}}^{(n)}|$ **do**
 - 4: Compute $\mathbf{y}_b^{k+1}$ using (20) and $\mathbf{p}_b^{k+1}$ using (21)
 - 5: Each BS broadcast $\mathbf{y}_b^{k+1}$ and $\mathbf{p}_b^{k+1}$
 - 6: **end for**
 - 7: Individually updates $\mathbf{z}^{k+1}$ for $\forall b \in \tilde{\mathcal{B}}^{(n)}$
 - 8: **until** convergence criterion is met.
-

도 15는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 캐싱을 수행하는 단말에 콘텐츠를 저장하기 위한 또 다른 방식을 도시한다.

Algorithm 2를 통해 분산적으로 최적의 해를 구할 수 있으나, 시스템의 규모가 방대하여 현실적으로 풀이가 가능하지 않을 경우에는 또 다른 형태의 휴리스틱(heuristic)한 방법으로도 접근할 수 있다.

보다 구체적으로는, 시간대별로 기지국 단위의 이동성을 정의하고, 기지국간의 단말들의 이동 패턴을 기반으로 과부하 셀의 평균 오프로딩 이득을 극대화할 수 있도록 부하가 낮은 시간대의 기지국으로 초과 부하량을 분배하는 방식으로 정의할 수 있다.

$$c_j^{(n)} = \max \left(\underbrace{d_j^{(n)}}_{\text{Demand}} + \underbrace{\sum_k x_{jk}^{(n+1)}}_{\text{Demand carried over}} - \underbrace{s_j^{(n)}}_{\text{Supply}}, 0 \right)$$

Extra Demand (to be served by the previous BS)

$$x_{ij}^{(n)} = \underbrace{c_j^{(n)} t_{ij}^{(n)}}_{\text{Absolute offload}} + \underbrace{\min \left(f_i(c_j^{(n)}) + \delta \left(\sum_j c_j^{(n)} \right) \cdot \left(\gamma s_j^{(n)} - f_i(c_j^{(n)}) \right), \gamma s_j^{(n)} \right)}_{\text{Extra offload by spare capacity}}$$

where $f_i(c_j^{(n)}) = \max \left(s_i^{(n-1)} - \left(d_i^{(n-1)} + \sum_j c_j^{(n)} t_{ij}^{(n)} \right), 0 \right) \times \frac{c_j^{(n)} t_{ij}^{(n)}}{\sum_j c_j^{(n)} t_{ij}^{(n)}}$

[0147]

[0148] [수학식 4]

[0149] 도 15 및 [수학식 4]를 참조하면, 기지국별 수요량(demand)과 공급량(supply)를 정의하고, 관찰하고자 하는 시간의 기준 (예를 들어, 1시간)에 따라 수요량이 공급량을 초과하지 않도록 시간간격으로 각 기지국에서 저장해야 할 부하를 결정하는 것이 목표가 될 수 있다. n번째 시간에 기지국 j의 초과 수요량을 $c_j^{(n)}$ 이라고 하고, 천이 확률 행렬에 따라 이 초과 수요량이 기지국 i에 분배되는 부하량 $x_{ij}^{(n)}$ 은 수학식 4에 의해 분산적으로 구현될 수 있다.

[0150] 도 16은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 캐싱이 이루어지는 과정을 도시한다.

[0151] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 단말은, D2D 통신 기능을 갖고, 콘텐츠 캐싱이 가능한 저장장치를 포함한다.

[0152] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 기지국은, 단말이 네트워크에 접속하기 위해 필요한 무선 접속 기능과 이동성 관리 기능을 수행하고, 단말과 함께 셀룰러 이동 통신 시스템을 형성한다.

[0154] 기지국은 네트워크와 연결되어, 네트워크로부터 신호를 수신할 수 있고, 네트워크는 중앙 네트워크라 지칭될 수 있다. 단말과 기지국간에, 단말과 단말 상호간에 콘텐츠 전송이 이루어질 수 있고, 콘텐츠 전송에 관한 명령들은 네트워크를 통해 전달될 수 있다. 콘텐츠는 네트워크에 포함되는 콘텐츠 서버를 통해 공급될 수 있고, 이 때 공급되는 콘텐츠는 사전에 파운틴 코드(fountain code)로 부호화되어 콘텐츠 서버에 저장되었다가, 요청에 따라 기지국 또는 단말로 전송될 수 있다.

[0155] 중앙 네트워크는 콘텐츠 서버에 저장된 콘텐츠 중 빈번하게 요청되는 주요 콘텐츠에 대해 파일 라이브러리(file library)를 생성하여 각 기지국에 별도로 저장할 수 있다.

[0156] 빈번하게 요청되는 주요 콘텐츠는 단말의 선호 콘텐츠로 지칭될 수 있고, 단말의 선호 콘텐츠인지 여부는 미리 설정된 콘텐츠 선호도 값에 따라 결정될 수 있다. 콘텐츠 선호도에 관한 정보는 단말의 상태 정보에 포함되며, 이러한 상태정보는 각 단말로부터 기지국에 주기적으로 업데이트 될 수 있고, 기지국은 해당 상태정보를, 다른 단말이나, 다른 기지국 또는 네트워크로 공유할 수 있다.

[0157] 단말로부터의 콘텐츠 요청신호에 관한 정보들은 파일 라이브러리에 저장되어 콘텐츠 선호도 값을 업데이트하는 데 이용될 수 있다. 파일 라이브러리는 필요에 따라 시스템 전체에 걸쳐 갱신될 수 있다. 이 경우, 특정 셀에 속한 모든 단말의 콘텐츠 선호도 값이 갱신된다. 그 외에 특정 콘텐츠에 대한 요청 시간이나 시각, 콘텐츠의 용량 등에 관한 콘텐츠 정보 또한 함께 갱신될 수 있다.

[0159] 한편, 무선접속 용량의 여유가 있을 때 각 기지국을 통해 해당 셀 내에 머무는 이동 단말들에 대해서 향후 이동 상황을 고려하여 필요한 콘텐츠를 사전에 저장해 둘 수 있다.

[0160] 무선 접속 용량의 여유가 있을 때라 함은, 셀의 과부하로 인하여 기지국과 단말의 데이터 송수신이 원활하지 않은 '최번시'가 아닌 때를 포괄적으로 지칭하는 것으로 이해되어야 한다.

[0161] 보다 구체적으로, 사용자 단말들이 특정 셀에 혼잡하게 밀집되는 특정 시간대가 아닌 경우를 모두 포함할 수 있다. 따라서 콘텐츠의 사전 저장은, 최번시에 기지국으로부터 원활한 데이터 전송이 이루어지지 않을 경우를 대

비하여, 미리 단말에 '최번시'에 전송을 요청할 것이 예상되는 특정 콘텐츠를 미리 저장해 두기 위한 과정일 수 있다.

- [0163] 이 단말들이 향후에 무선 접속 용량이 부족한 셀로 진입했을 때 주변의 요청에 따라 저장된 콘텐츠를 D2D 통신 링크를 통해 제공함으로써 셀의 과부하 상황을 대비 할 수 있다.
- [0164] 이 때, 무선 접속 용량이 부족한 셀이라 함은, 전술한 바와 같이, 특정 셀에서 기지국과 단말의 데이터 전송이 원활하지 않은 시기에 도달하였을 때, 그 특정 셀을 지칭하는 것으로 이해되어야 한다. 즉 '최번시'와 동일한 개념일 수 있다.
- [0166] 이 경우, 단말이 특정 콘텐츠를 요청하는 경우에도 과부하로 인해 원하는 시간대에 원하는 콘텐츠를 공급받기 어려워지므로, 미리 해당 콘텐츠를 저장하고 있는 단말이 주변에 존재하는 경우, D2D 통신 링크를 형성하여, 단말과 단말 간에 특정한 콘텐츠를 송수신할 수 있다.
- [0168] 이를 위해서는, 단말이 사전에 특정 콘텐츠를 일시적으로 저장할 수 있는 캐싱 능력이 존재하여야 하고, 이 캐싱 능력을 극대화하여 이동 통신망의 무선 접속 부하를 낮춤으로써 보다 원활한 무선 데이터 전송이 시간대와 관계없이 이루어질 수 있다.
- [0169] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 이동통신 시스템에서 네트워크의 동작 방법은, 단말이 과부하 셀에 진입하기 전에 미리 콘텐츠를 해당 단말에 저장하는 사전 저장 과정과, 단말이 과부하 셀에 진입한 후 콘텐츠 전송 요청에 따라 콘텐츠를 제공하는 콘텐츠 전달 과정으로 구분할 수 있다.
- [0170] 사전 저장 과정을 수행하기 위해서는, 먼저 단말의 이동성을 고려하여, 특정 시간에 과부하 상태가 될 기지국을 예측하는 과정이 필요하다. 즉, 단말의 이동성 또는 이동 패턴을 파악하여, 과부하 셀 정보를 추정할 수 있다. 여기서 과부하 셀 정보는, 단말의 이동에 따라 과부하 셀이 언제 어디서 발생하는지에 관한 정보를 포함한다.
- [0171] 또한, 단말의 이동성 또는 이동패턴 뿐만 아니라, 각 단말이 가지고 있는 저장 장치의 크기, 시스템 내에서 각 단말 별로 미리 정해진 콘텐츠에 대한 선호도 분포 등을 추가적으로 고려할 수 있다.
- [0172] 이 때, 단말의 이동성 또는 이동패턴은 개인의 이동 경로에 대한 통계를 직접 또는 간접적으로 유추하여 활용할 수 있다. 예를 들어 각각의 단말이 특정 셀에 머무는 시간에 대한 정보를 수집하여 관리함으로써 언제 어떤 셀에 얼마나 오랫동안 머무는지를 파악하고, 이를 기반으로 각 셀 간의 이동 경로를 유추할 수 있다. 간접적인 유추 방법으로는 SNS의 정보를 분석하거나 또는 사용자의 입력 정보들을 활용하는 것을 포함할 수 있다. 한편 시스템 내에서 각 콘텐츠 별로 요청 빈도를 측정하여 콘텐츠 별 선호도 분포를 생성할 수 있다. 예를 들어 Zipf 분포를 가정하고 모델링할 수 있다.
- [0173] 즉, 단말의 이동성 정보를 통해, 과부하 셀의 위치, 발생시각, 단말이 과부하 셀 내에 머무는 시간에 관한 정보를 획득할 수 있고, 단말 사용자의 SNS 정보, 단말의 저장 장치 용량, 또는 각 콘텐츠 별 요청 빈도 등을 통하여 어떤 콘텐츠를 어느 단말에 얼마나 저장해야 하는지에 관한 콘텐츠 정보를 획득할 수 있다.
- [0174] 이와 같은 사전 저장 과정은 과부하가 발생하지 않은 모든 기지국에서 수행될 수 있다. 전술한 콘텐츠 정보와 단말의 이동성 정보에 기반하여, 사전 저장 과정이 수행되고, 이를 통해 콘텐츠를 저장한 단말들은 추정된 이동 패턴에 의해 특정 위치에 있게 된다. 만약 단말이 과부하 셀에 진입하게 되면, 콘텐츠 전달 과정이 수행된다.
- [0175] 콘텐츠 전달 과정에서는, 사전 저장 과정을 거친 단말에 저장된 콘텐츠를 이용하는 것이나, 사전 저장은 주어진 이동성 모델(예측한 이동 패턴)을 근거로 수행되는 것이므로 단말의 이동성이 갖는 불확실성에 따라 실제 접근 가능한 단말에서의 사전 저장 상황은 목표치에서 벗어나 있을 수 있다. 이와 같이 사전 저장의 불일치 상황에 대응하기 위해 추가적인 절차로서 캐싱에 저장 상태를 조정하는 콘텐츠 조정(content steering) 과정을 전달 과정에서 동시에 수행할 수 있다. 이와 같이 콘텐츠 전달 과정에서는 실제 상황에서 발생한 불일치에 즉각적으로 대응하여 저장된 콘텐츠의 불일치(mismatching)를 조정하는 마지막 단계의 저장 기능(placement)을 수행된다.
- [0176] 콘텐츠 전달 과정은, 단말이 과부하 셀에 진입할 경우에 수행될 수 있다.
- [0177] 단말이 과부하 셀에 위치해 있을 때, 필요한 콘텐츠를 요청하게 되면, 해당 콘텐츠 요청신호를 기지국을 통해

수신한 중앙 네트워크는 콘텐츠 전달(Content delivery) 절차를 개시한다.

- [0178] 본 개시의 일 실시 예에 의할 때, 단말은 먼저 자신의 저장 장치에 원하는 콘텐츠를 이미 저장하고 있는지 확인하는 과정을 수행한다. 만약 콘텐츠 전체 파일이 자신의 저장 장치에 이미 저장되어 있는 경우에는, 단말은 저장된 콘텐츠를 사용한다. 반면, 원하는 콘텐츠를 저장하지 않고 있거나 또는 전체 콘텐츠의 일부 데이터만 저장하고 있음이 확인된 경우에는, D2D 통신 링크를 통해서 주변 단말로부터 콘텐츠의 부족분에 해당하는 데이터를 전송 받을 수 있다. 그럼에도 불구하고 필요한 콘텐츠를 모두 확보할 수 없을 경우에는 기지국의 무선접속 링크를 통해 나머지를 전송 받을 수 있다.
- [0179] 이 때, 단말이 자신이 원하는 콘텐츠를 판단하고, 필요한 콘텐츠의 종류, 콘텐츠의 전체 용량, 필요한 콘텐츠의 용량, 단말의 전체 저장용량, 단말이 현재 수신 가능한 용량 등에 관한 정보는 기지국으로 전송될 수 있고, 이미 D2D 통신 링크가 형성된 경우, 주변 단말들로 전송될 수 있다. 또는, 기지국을 통해 중앙 네트워크나 다른 기지국 또는 해당 기지국 내에 속한 다른 단말들에게 공유될 수 있다. 중앙 네트워크는 단말로부터 수신한 정보에 기반하여, 기지국이나 셀에 속한 단말들에게 콘텐츠 전송 명령을 부여할 수 있고, D2D 통신 링크를 형성하도록 명령을 부여할 수 있다.
- [0180] 본 개시의 일 실시 예에 따른 때, 콘텐츠 전달 과정에서 단말은 주변에 어떤 단말들이 있는지, 그 단말들이 어떤 콘텐츠들을 저장하고 있는 지에 대한 정보를 획득할 수 있다. 이를 주변 단말 정보라 지칭할 수 있고, 주변 단말 정보에는, 주변 단말들의 전송 가능 용량, 콘텐츠 요청단말 자신과 주변 단말들의 상대적인 위치, 주변 단말들의 전송 성능에 관한 정보를 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 주변 단말 정보를 획득하기 위해서는 별도의 콘텐츠 발견(content discovery) 절차가 추가적으로 수행될 수 있다. 콘텐츠 발견 절차에 관한 실시예로서, 네트워크에서 단말들이 어떤 콘텐츠를 저장하고 있는지에 대한 정보를 추적하는 장치인 트래커(Tracker)가 존재하는 경우와 트래커와 같은 장치가 존재하지 않는 경우로 구분할 수 있다. 이 때 트래커는 네트워크에서 단말들이 저장하고 있는 콘텐츠의 종류 뿐 아니라, 전송한 주변 단말 정보 또는 콘텐츠에 관한 모든 정보를 포함하는 것으로 포괄적으로 이해되어야 한다.
- [0182] 도 17는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 이동 개성이 이루어지는 과정을 도시한 흐름도이다.
- [0183] 도 17은 본 발명에서 필요한 메시지 송수신 절차에 대한 실시 예로서, 콘텐츠 저장 과정에서는 먼저 단말의의 상태에 대한 정보를 획득하는 절차(UE status update)가 단말과 중앙 네트워크 간에 수행될 수 있다.
- [0184] 이 과정에서 획득할 수 있는 정보들은 단말의 저장 용량, 현재 저장 상태, 콘텐츠 선호도, 배터리 상태, D2D 통신 기능, 단말의 이동성 등의 정보들을 포함한다. 네트워크에서는 해당 정보들 중 필요한 정보들만 요청할 수도 있고, 특정 단말들에게만 정보 전달을 요청할 수 있다. 중앙 네트워크는 해당 정보들을 기반으로 단말들에게 어떤 콘텐츠를 저장할 지 결정하고, 콘텐츠 저장을 위한 콘텐츠 전달을 수행할 수 있다. 이때, 어떤 콘텐츠를 저장할 지 결정하는 주체는 네트워크일 수 있고, 또는 분산적으로 기지국들이 정할 수 있다.
- [0186] 도 18은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서, 트래커를 활용한 콘텐츠 발견 절차를 도시한 흐름도이다.
- [0187] 먼저 트래커가 존재하는 경우는 도 18의 절차를 따를 수 있으며, 단말들은 주기적으로 기존의 D2D 발견(discovery) 절차를 통해서 주변에 어떤 단말들이 존재하는지에 대한 정보들을 획득할 수 있다. 즉 단말들은 UE 신원정보(ID)를 포함하는 정보를 획득할 수 있다. 단말(UE1)이 특정 콘텐츠를 요청하면 해당 단말은 기지국 및 중앙 네트워크에 자신의 주변에 있는 단말들에 대한 정보(UE ID)와 자신이 원하는 콘텐츠 정보(Contents ID)를 전달할 수 있다. 이 때 트래커는 중앙 네트워크에 포함된 구성일 수 있다. 트래커는 해당 정보를 대조한 후 어떤 단말들이 해당 콘텐츠를 얼마나 저장하고 있는지를 기지국에게 전달할 수 있다. 그리고 기지국은 전달받은 정보에 기반하여 단말에게 무선 자원을 스케줄링하고, 단말은 D2D 통신을 통해서 스케줄링된 콘텐츠를 전달 받을 수 있다.
- [0189] 도 19는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서, 수신자를 기준으로 한 콘텐츠 발견 절차를

도시한 흐름도이다.

- [0190] 도 20는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서, 발신자를 기준으로 한 콘텐츠 발견 절차를 도시한 흐름도이다.
- [0191] 트래커가 존재하지 않는 경우에는 단말들이 스스로 주변에 있는 단말 정보와 해당 단말들이 어떤 콘텐츠를 저장하고 있는지에 대한 정보를 분산적으로 획득해야 한다.
- [0192] 이는 다시 수신자 기준 콘텐츠 발견 방법(receiver-initiated content discovery)와 발신자 기준 콘텐츠 발견 방법(transmitter-initiated contents discovery)으로 두 가지로 구분할 수 있다.
- [0193] 도 19를 참조하면, 수신자 기준 콘텐츠 발견은, 콘텐츠를 원하는 단말이 기지국에게 스케줄링을 요청하는 콘텐츠 발견 방법으로 이해될 수 있다.
- [0194] 단말들이 어떤 콘텐츠를 가지고 있는지에 관한 콘텐츠 저장 상태 정보를 발견 메시지(discovery message)에 포함하여 전달하는 D2D 발견 절차를 주기적으로 수행함으로써 이루어진다. 따라서 단말들은 자신의 주변에 어떤 단말들이 존재하고 또한 어떤 콘텐츠들을 저장하고 있는지 추적할 수 있게 되며, 만약 단말이 특정 콘텐츠를 원하는 경우에는 D2D 발견 절차를 통해 해당 정보를 알 수 있기 때문에 바로 기지국으로 스케줄링을 요청할 수 있게 된다.
- [0196] 도 20을 참조하면, 발신자 기준 콘텐츠 발견은 콘텐츠를 전달해주는 단말이 기지국에게 스케줄링을 요청하는 콘텐츠 발견 방법으로 이해될 수 있다.
- [0197] 단말이 발견 메시지를 전달할 때, 단말은 자신이 원하는 콘텐츠에 대한 정보를 발견 메시지에 포함시켜 D2D 발견 절차를 수행할 수 있다. 이는 요청에 따른 발견(on-demand discovery) 방식으로서, 콘텐츠를 원하지 않는 단말들은 D2D 발견 절차를 수행할 필요가 없게 된다. 발견 메시지를 수신한 단말들은 자신의 저장 장치에 메시지에 포함된 콘텐츠를 저장하고 있는지 확인한다. 해당 콘텐츠를 저장하고 있는 단말들은 자신이 타겟 단말이 원하는 콘텐츠를 저장하고 있다고 기지국에게 보고하며, 기지국은 타겟 단말이 D2D 통신을 통해서 오프로딩을 수행할 수 있도록 D2D 자원을 스케줄링을 할 수 있다.
- [0199] 도 21은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 전달 조정 절차의 동작을 도시한다.
- [0200] 콘텐츠 조정(content steering)을 위해서 각 단말은 자신이 저장하고 있는 콘텐츠에 대한 상황(저장된 양)을 주기적으로 기지국에 보고하도록 한다. 한편 기지국에서는 현재 기지국에 있는 단말들이 저장하고 있어야 하는 목표 상황을 사전에 결정한 후에, 단말로부터 보고 받은 상황과 비교하여 어떤 단말이 어떤 콘텐츠에 대해서 어느 정도의 불일치 정보를 갖고 있는지를 분석한다. 이때 각 단말이 저장하고 있기를 희망하는 수준의 목표값을 결정할 때는 사전 저장 단계에서와 유사한 형태의 최적화가 수행될 수도 있다. 이 과정에서 단말의 보고에 따른 불일치 분석은 주로 file library에 속한 콘텐츠를 대상으로 할 것이다. 이 분석 결과와 각 콘텐츠에 대한 요구 분포를 동시에 고려하여 어떤 단말에 어떤 콘텐츠를 더 채워나갈 것인지를 결정하는 스케줄링을 수행하고, 그 결과에 따라 해당 단말에 해당 콘텐츠를 전송하는 절차가 진행된다. 상태 정보의 보고, 그리고 불일치 분석을 통한 Content Steering 과정을 예시하면 그림 4와 같다. 과부하설의 콘텐츠 조정 과정에서 추가적인 무선 접속 용량이 발생하지 않도록 하기 위해 두 가지 형태의 전송 방식을 기반으로 조정이 수행된다.
- [0201] 유니캐스트 기반의 조정(unicast-based steering)은, 특정 단말의 콘텐츠 요청에 대응하여 기지국이 해당 콘텐츠를 전송할 때, 필요한 다른 단말들도 이를 수신할 수 있도록 하는 방식이다. 이를 위해 어떤 단말이 해당 콘텐츠를 수신해야 하고 저장 공간에서 어떤 콘텐츠를 지우고 수신한 콘텐츠를 저장해야 할지를 통보해야 하고, 이를 위한 수신자 그룹 정보를 제어 채널로 전송한다.
- [0202] 멀티캐스트 기반의 조정(Multicast-based steering)은, 별도의 멀티캐스트 채널을 통해 단말이 저장할 콘텐츠들을 전송하고, 이때 어떤 단말이 어떤 콘텐츠를 저장해야 할지를 결정하고 이를 제어 채널로 전송한다.
- [0203] 한편, 단말이 저장 상태를 주기적으로 보고하지 않고, 기지국에서 목표 저장 상태값을 방송하여 단말에 전달하도록 하고, 단말을 이 값을 기준으로 필요한 콘텐츠를 저장해두는 방식도 고려한다. 이를 위해 기지국에서 상태값을 전체 단말 또는 개별 단말에게 전달하는 방법이 필요하고, 또한 이 단말들에게 저장할 콘텐츠를 전달하는 방법도 함께 고려된다. 이때 각 저장할 콘텐츠를 전달하는 방법은 앞서와 같이 유니캐스트 기반 조정과 멀티

캐스트 기반 조정을 모두 고려할 수 있다.

[0204] 본 개시의 일 실시 예에 따라 유니캐스트 기반 조정을 구현할 수 있다. 단말들은 저장 장치에 콘텐츠를 저장한 상태로 과부하 셀에 진입하고, 이때 단말들의 이동성의 불확실성 및 무작위성에 의해서 생기는 성능 저하를 최대한 방지하기 위해 과부하 기지국에서 조정 절차가 진행될 수 있다.

[0205] 먼저 단말의 콘텐츠 요구 모델은 Poisson 분포를 따르며, 이때 평균 도달률(arrival rate)은 단말마다 서로 다르다고 가정한다. 보다 구체적으로 단말 i 의 도착률은 λ_i 라고 가정할 수 있다. 이를 통해 단말마다 콘텐츠를 원하는 정도가 다를 수 있음을 반영할 수 있다.

[0206] 임의의 단말 i 가 시간 t 에 기지국에 진입하였을 때 평균적으로 해당 기지국에 머무는 시간 (mean sojourn time)은 $s_i(t)$ 로 정의하고, 해당 정보는 해당 단말 i 의 진입 이전에 미리 네트워크 또는 기지국에 수신된 상태일 수 있다. 또한 $x_{i,f}$ 를 단말 i 가 자신의 저장 장치에 콘텐츠 f 의 세그먼트를 몇 개 가지고 있는지 나타내는 값으로 정의할 수 있다. 단말 i 는 자신의 콘텐츠 저장 상태 $x_{i,f}$ 를 기지국의 지시에 따라서 $c_{i,f}$ 로 조정을 하며, 여기서 $c_{i,f}$ 는 기지국이 결정한 단말 i 를 위한, 현재 상태에서의 최적의 캐싱 저장 방법으로 정의될 수 있다.

[0207] 현재 단말들에게 콘텐츠를 전달하기 위해서 스케줄링된 콘텐츠 f 의 세그먼트의 개수를 s_f 라 정의하며, 유니캐스트 기반 조정은 콘텐츠 f 에 대해서 최대 s_f 개의 세그먼트를 조정할 수 있다. 따라서 유니캐스트 조정 문제는 다음과 같이 공식화할 수 있다.

$$\min_{c_{i,f}} \sum_f \sum_i (1 - e^{-\lambda_i T}) q_{i,f}(t) \frac{s_i(t)}{T} \max \left(k_f - c_{i,f} - D_{D2D} \frac{s_f(t)}{T} \sum_{j \neq i} c_{j,f}, 0 \right)$$

$$\text{subject to } c_f = \max_{\forall i} (c_{i,f} - x_{i,f})$$

$$c_f \leq s_f$$

$$\sum_f c_{i,f} \leq M_i$$

$$c_{i,f} \leq k_f$$

[0208]

[0209] 위의 문제는 Mixed Integer Non-linear Programming로서, greedy algorithm을 통해서 준최적 해를 구할 수 있다.

[0211] 도 22는, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 코어 네트워크의 동작을 도시한 흐름도이다.

[0212] 2201단계에서, 코어 네트워크는 단말의 위치 정보를 수신하고, 수신한 단말의 위치정보에 기반하여 단말에 저장할 콘텐츠를 결정한다. 단말의 위치정보는 단말의 이동성 또는 이동 패턴에 관한 정보를 포함한다. 이를 통해 향후 단말의 위치를 예측할 수 있고, 이에 기반하여 과부하 셀이 언제, 어디에서 발생하는지 추정할 수 있다. 과부하 셀에 관한 추정 값과 특정 콘텐츠의 선호도, 단말 사용자의 재생기록 등을 기반으로 저장할 콘텐츠의 종류, 저장시간 등을 결정할 수 있다.

[0213] 2203단계에서, 코어 네트워크는 현재 단말이 속한 셀이 과부하 셀인지 여부를 판단한다. 단말이 속한 셀의 트래픽 상황, 현재 콘텐츠 전송 속도, 현재 전송이 이루어지는 단말의 개수 등이 고려될 수 있다.

[0214] 2205단계에서, 단말이 현재 속한 셀이 과부하 셀이 아닌 경우, 콘텐츠의 저장 절차가 수행된다. 2201 단계에서 결정된 콘텐츠의 정보에 따라서, 코어 네트워크는 기지국에 콘텐츠 전송 명령을 부여할 수 있다. 기지국은 콘텐츠 전송 명령의 수신에 대응하여 해당 콘텐츠를 단말에 전송할 수 있다. 해당 콘텐츠를 수신한 단말은 단말의 저장 장치에 콘텐츠를 저장할 수 있고, 이는 과부하 셀에 진입하기 전에 이루어지므로, 사전 저장 단계라고 표현할 수 있다.

- [0215] 2207단계에서, 단말이 속한 셀이 과부하 셀로 확인되는 경우, 단말은 인접하는 다른 단말들과 콘텐츠 전달 절차를 수행할 수 있다. 이를 위해 코어 네트워크는 단말과 인접한 다른 단말 사이에 D2D 통신 링크를 형성할 수 있다. D2D 통신 링크는 단말이나 기지국으로부터 수신한 정보에 따라 코어 네트워크가 독자적으로 결정하여 형성할 수도 있고, 단말이나 기지국의 요청 신호를 수신하여 그에 따른 허여 메시지를 전송함으로써 이루어질 수 있다. 또는 단말이나 단말과 기지국의 스스로의 결정에 의하여 D2D 통신 링크가 형성될 수도 있다. D2D 통신 링크가 형성되면, 특정 단말의 요청에 따라 인접한 단말과 콘텐츠 전달 절차가 이루어진다. 이 때 사전에 저장된 콘텐츠가 송수신될 수 있다.
- [0216] 도 23은, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 기지국의 동작을 도시한 흐름도이다.
- [0217] 2301단계에서, 기지국은 단말의 위치 정보를 수신한다. 단말의 위치정보는 단말의 이동성 또는 이동 패턴에 관한 정보를 포함한다. 이를 통해 향후 단말의 위치를 예측할 수 있고, 이에 기반하여 과부하 셀이 언제, 어디에서 발생하는지 추정할 수 있다. 과부하 셀에 관한 추정 값과 특정 콘텐츠의 선호도, 단말 사용자의 재생기록 등을 기반으로 저장할 콘텐츠의 종류, 저장시간 등을 결정할 수 있다.
- [0218] 2303단계에서, 기지국은 수신한 단말의 위치정보를 코어 네트워크로 전송한다. 나아가 기지국은 다른 기지국으로 단말의 위치정보를 전송하거나, 다른 기지국으로부터 다른 단말의 위치정보를 수신할 수 있다.
- [0219] 2305단계에서, 기지국은 단말에 저장할 콘텐츠 정보를 코어 네트워크로부터 수신한다. 콘텐츠 정보는, 콘텐츠의 종류, 콘텐츠의 용량, 저장 시간, 세그먼트의 수 등에 관한 정보를 포함한다. 코어 네트워크에 현재 셀의 트래픽 상황을 주기적으로 송신할 수 있다.
- [0220] 2307단계에서, 기지국은 수신한 콘텐츠 정보에 기반하여, 해당 콘텐츠를 단말에 전송한다. 이에 선행하여 코어 네트워크는 해당 기지국이 과부하 셀인지 여부를 판단하는 과정을 수행할 수 있다. 해당 기지국이 과부하 셀이 아닌 것으로 판단되는 경우에, 2307 단계가 이루어질 수 있다.
- [0221] 2309단계에서, 기지국은 단말이 기지국의 셀에 진입하였는지 여부를 확인한다. 기지국 셀 진입이라 함은, 단말이 기지국으로부터 콘텐츠에 관한 데이터를 수신할 수 있는 영역에 진입한 경우를 의미할 수 있다.
- [0222] 2311 단계에서, 단말이 기지국의 셀에 진입한 것으로 확인되는 경우, 기지국은 단말의 셀 진입 여부에 관한 정보를 코어 네트워크로 전송한다. 단말의 셀 진입 여부에 관한 정보는 코어 네트워크를 통해 다른 기지국으로 공유될 수 있다. 단말이 기지국의 셀에 진입하지 않은 것으로 확인되는 경우, 기지국은 2301 단계로 되돌아가 단말의 위치정보를 다시 수신한다.
- [0224] 도 24는, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 단말의 동작을 도시한 흐름도이다.
- [0225] 2401단계에서, 단말은 자신의 위치 정보를 기지국으로 송신한다. 단말의 위치정보는 단말의 이동성 또는 이동 패턴에 관한 정보를 포함한다. 이를 통해 향후 단말의 위치를 예측할 수 있고, 이에 기반하여 과부하 셀이 언제, 어디에서 발생하는지 추정할 수 있다. 과부하 셀에 관한 추정 값과 특정 콘텐츠의 선호도, 단말 사용자의 재생기록 등을 기반으로 저장할 콘텐츠의 종류, 저장시간 등을 결정할 수 있다.
- [0226] 2403단계에서, 단말은 기지국으로부터 콘텐츠를 수신한다. 콘텐츠를 수신하기 이전에 단말은 필요한 콘텐츠에 관한 정보를 기지국으로 요청하는 메시지를 송신할 수 있다. 이에 선행하여 코어 네트워크는 해당 기지국이 과부하 셀인지 여부를 판단하는 과정을 수행할 수 있다. 해당 기지국이 과부하 셀이 아닌 것으로 판단되는 경우에, 2307 단계가 이루어질 수 있다.
- [0227] 2405단계에서, 단말은 기지국으로부터 수신한 콘텐츠를 단말에 포함된 저장 장치에 저장한다.
- [0228] 2407단계에서, 단말은 자신이 과부하 셀로 진입하였는지에 관한 정보를 스스로 확인한다. 단말 내부에서 자체적으로 이를 판단할 수도 있고, 기지국으로부터 셀 진입 여부에 관한 신호를 수신함으로써 확인할 수 있다.
- [0229] 2409단계에서, 단말이 과부하 셀로 진입한 것으로 확인되는 경우, 단말은 셀 내의 다른 단말과 D2D 통신 링크를 형성할 수 있다. 단말 자체의 결정에 의해 D2D 통신 링크를 형성할 수도 있고, 기지국이나 코어 네트워크의 허가 또는 응답에 대응하여 D2D 통신 링크를 형성할 수 있다. 단말이 과부하 셀로 진입하지 않은 것으로 확인된 경우, 단말은 2401 단계로 되돌아가 단말 자신의 위치 정보를 기지국으로 송신하는 과정을 수행한다.
- [0230] 2411 단계에서, D2D 통신 링크가 형성되면, 복수의 단말들은 콘텐츠를 상호 송수신할 수 있다. 이 때, 특정 단

말이 특정 콘텐츠를 요청할 수 있고, D2D 통신 링크에 속한 인접 단말의 저장장치에 특정 콘텐츠가 포함된 경우, 콘텐츠 전달이 이루어질 수 있다.

[0232] 도 25는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 캐싱에 의한 시공간적인 트래픽 부하의 분산 효과를 도시한다.

[0233] 본 발명의 일반적인 시나리오에 따른 적용 조건들을 아래 표와 같다.

Common Scenario

# of devices	Caching ratio	Cell size	D2D distance	# of BS's	Mobility
n = 180	M/m = 0.05	R _{cell} = 250m	R _{d2d} = 50m	B = 10, 15	Medium, Low

[0234]

[0235] 도 25에 도시된 바와 같이 본 개시를 적용함으로써 각 셀에서 시공간적으로 발생하는 과부하를 일정 수준 이하로 낮출 수 있음을 확인할 수 있다.

[0237] 도 26은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 저장 장치의 크기에 따른 액세스 링크 부하 사용 비율을 도시한다.

[0238] 도 26에서 단말의 저장 장치 크기에 따른 무선 액세스 링크의 부하가 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 저장 장치의 용량이 충분히 클 경우에 본 발명을 적용함으로써 100%이상의 오프로딩 효과가 발생한다. 한편 조정(steering)에 따른 이득도 확인할 수 있다.

[0240] 도 27는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 사용자 수에 따른 액세스 링크 부하 사용 비율을 도시한다.

[0241] 도 27에서 시스템 내에 단말의 숫자가 많아질수록 성능이 좋아지는 것을 확인할 수 있으며, 단말의 숫자와 단말의 저장 공간의 크기에 따라서 50% ~ 500%의 성능향상을 확인할 수 있다.

[0242] 도 28는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 단말의 이동성 예측 변이도에 따른 액세스 링크 부하 사용 비율을 도시한다.

[0243] 도 28에서는 단말들의 이동성 예측에 대한 불확실성에 대한 성능을 관찰하기 위해서 이동성 예측 변이도(mobility dispersion factor) δ 를 변화하며, 여기서 이동성 모델이 정확할수록 성능의 향상은 기존 방식보다 200% 정도로 아주 큰 향상을 기대할 수 있다. 해당 정보가 부정확해지면서 기존 방식의 성능에 수렴하는 특성을 관찰할 수 있다.

[0245] 도 29 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선통신 시스템에서 단말들의 콘텐츠 선호도가 상이한 정도에 따른 액세스 링크 부하 사용 비율을 도시한다.

[0246] 도 29에서는 단말들의 콘텐츠 선호도가 서로 상이할 경우(Individuality 가 1에 가까울수록) 기존 방식과의 성능 차이는 커지는 것을 확인할 수 있다. 모든 단말들의 선호도가 유사하더라도 기존 방식과의 성능 차이가 존재한다.

[0248] 본 개시의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들은 하드웨어, 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합의 형태로 구현될(implemented) 수 있다.

[0249] 소프트웨어로 구현하는 경우, 하나 이상의 프로그램(소프트웨어 모듈)을 저장하는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체가 제공될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 저장 매체에 저장되는 하나 이상의 프로그램은, 전자 장치(device) 내의 하나 이상의 프로세서에 의해 실행 가능하도록 구성된다(configured for execution). 하나 이상의 프로그램은, 전자 장치로 하여금 본 개시의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들을 실행하게 하는 명령어

(instructions)를 포함한다.

[0250] 이러한 프로그램(소프트웨어 모듈, 소프트웨어)은 랜덤 액세스 메모리 (random access memory), 플래시(flash) 메모리를 포함하는 불휘발성(non-volatile) 메모리, 롬(read only memory, ROM), 전기적 삭제가능 프로그램가능 롬(electrically erasable programmable read only memory, EEPROM), 자기 디스크 저장 장치(magnetic disc storage device), 콤팩트 디스크 롬(compact disc-ROM, CD-ROM), 디지털 다목적 디스크(digital versatile discs, DVDs) 또는 다른 형태의 광학 저장 장치, 마그네틱 카세트(magnetic cassette)에 저장될 수 있다. 또는, 이들의 일부 또는 전부의 조합으로 구성된 메모리에 저장될 수 있다. 또한, 각각의 구성 메모리는 다수 개 포함될 수도 있다.

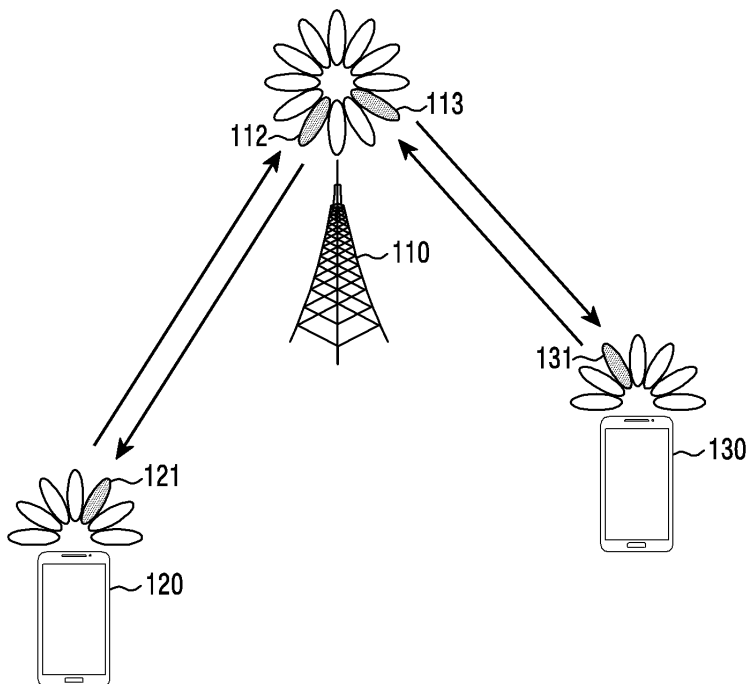
[0251] 또한, 프로그램은 인터넷(Internet), 인트라넷(Intranet), LAN(local area network), WAN(wide area network), 또는 SAN(storage area network)과 같은 통신 네트워크, 또는 이들의 조합으로 구성된 통신 네트워크를 통하여 접근(access)할 수 있는 부착 가능한(attachable) 저장 장치(storage device)에 저장될 수 있다. 이러한 저장 장치는 외부 포트를 통하여 본 개시의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수 있다. 또한, 통신 네트워크상의 별도의 저장장치가 본 개시의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수도 있다.

[0252] 상술한 본 개시의 구체적인 실시 예들에서, 개시에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다. 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 본 개시가 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.

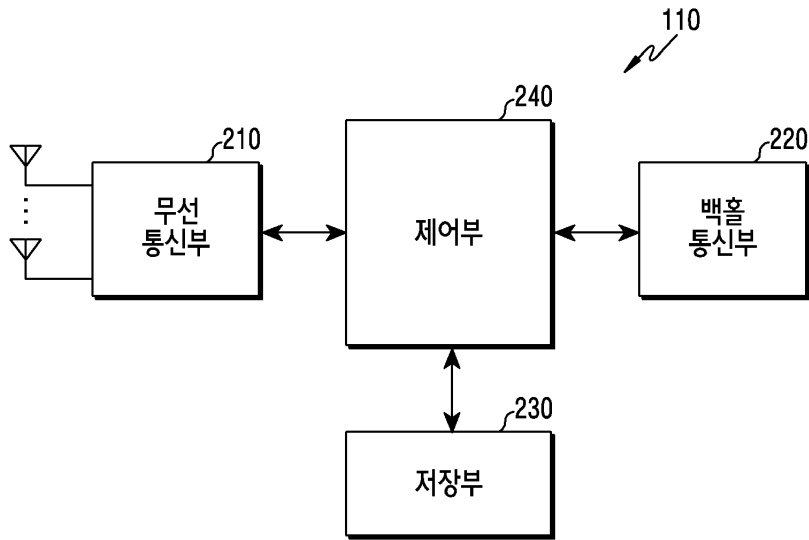
[0253] 한편 본 개시의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 개시의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 개시의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

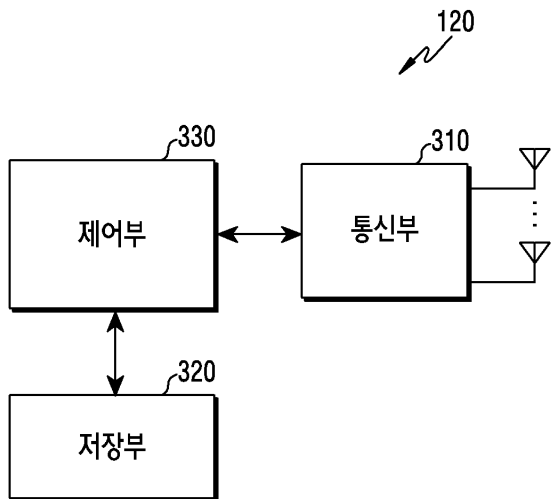
도면1



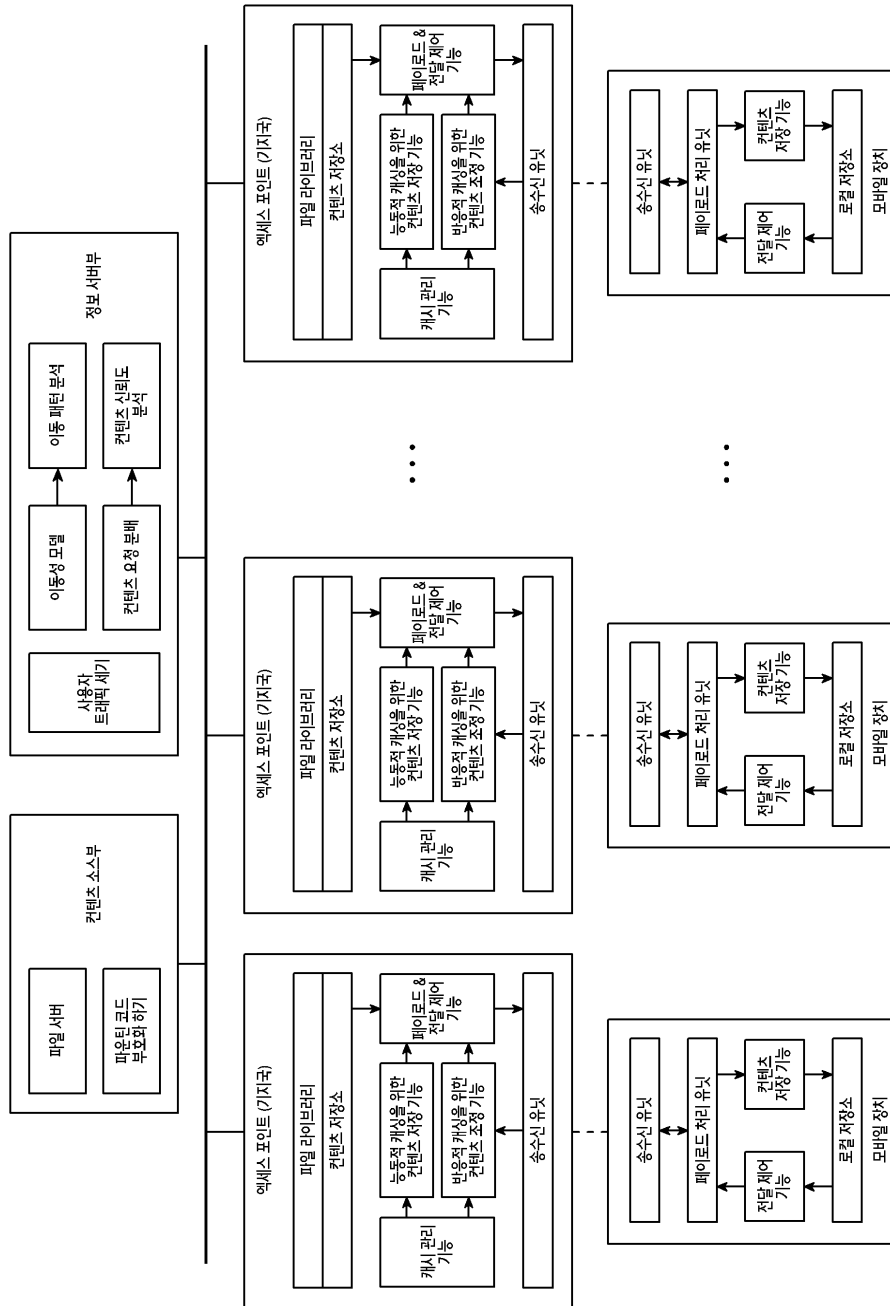
도면2



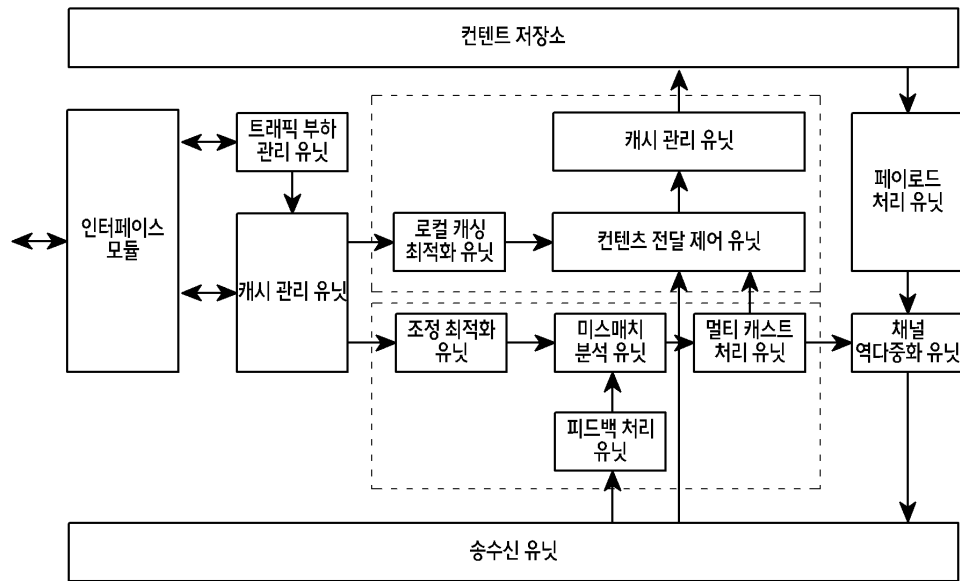
도면3



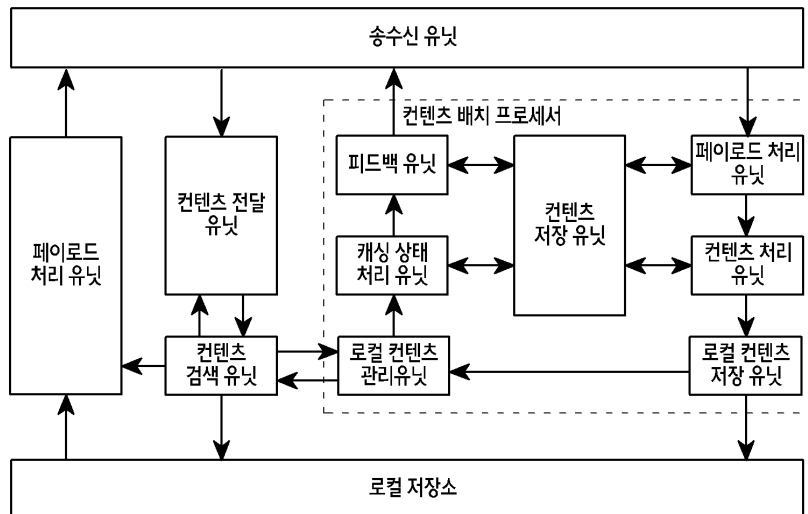
도면4



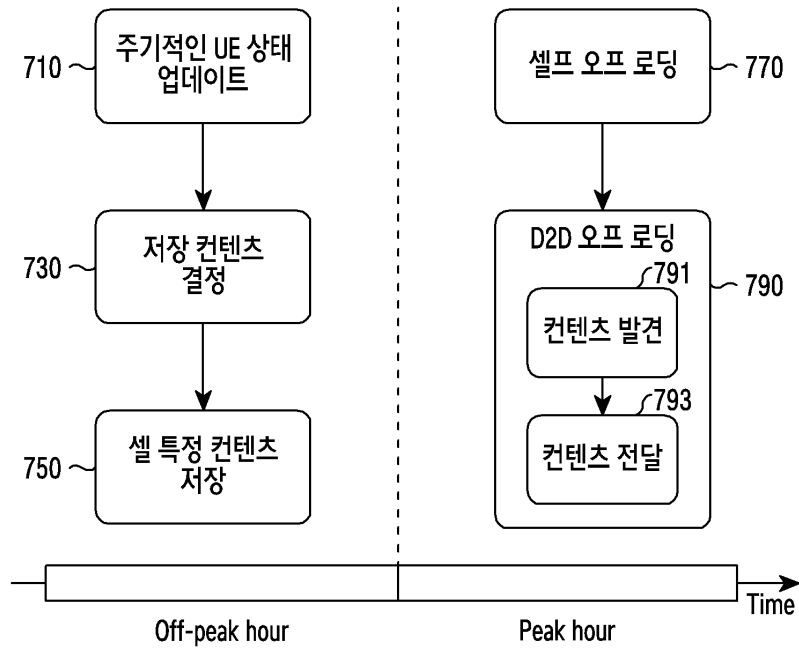
도면5



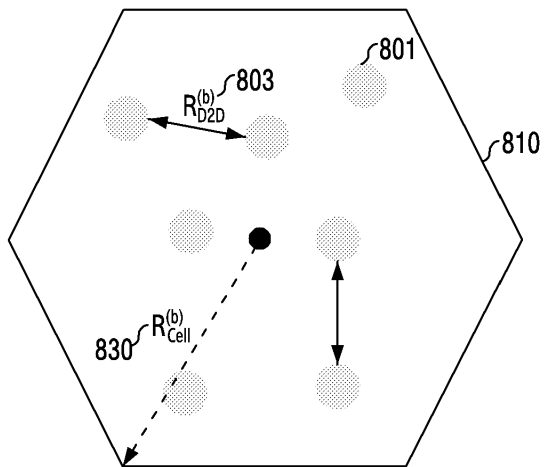
도면6



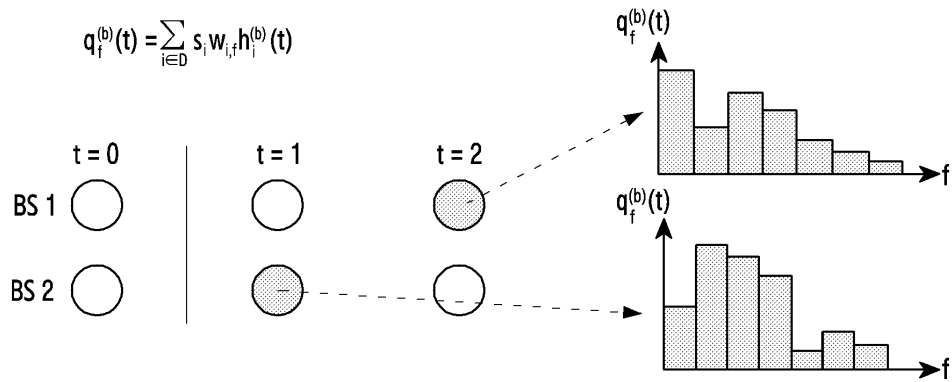
도면7



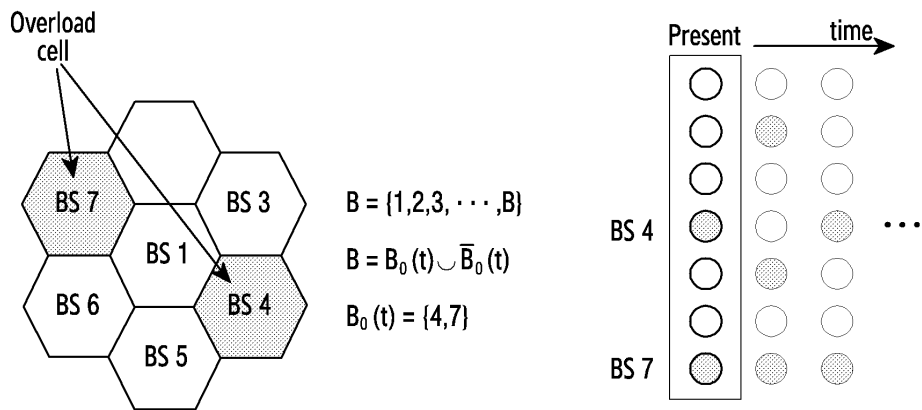
도면8



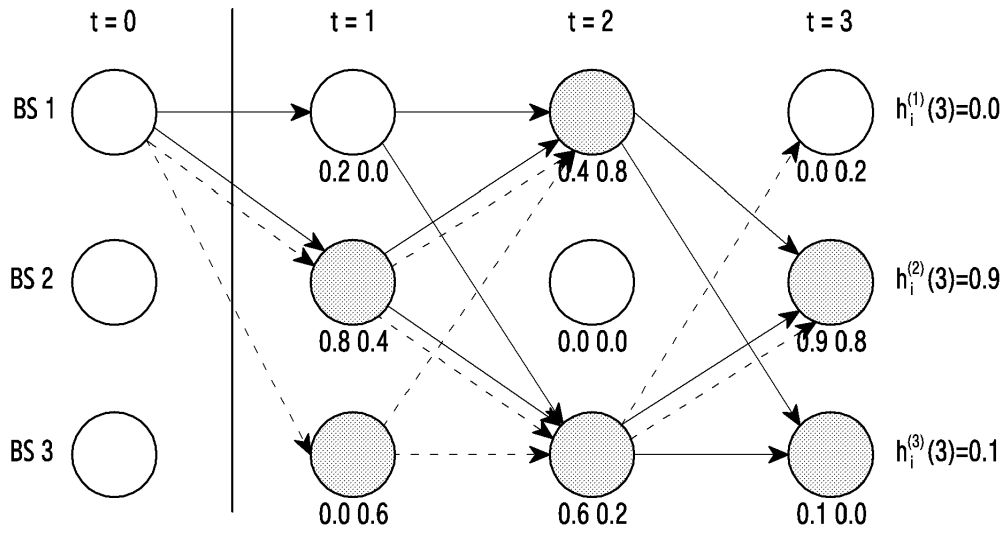
도면9



도면10

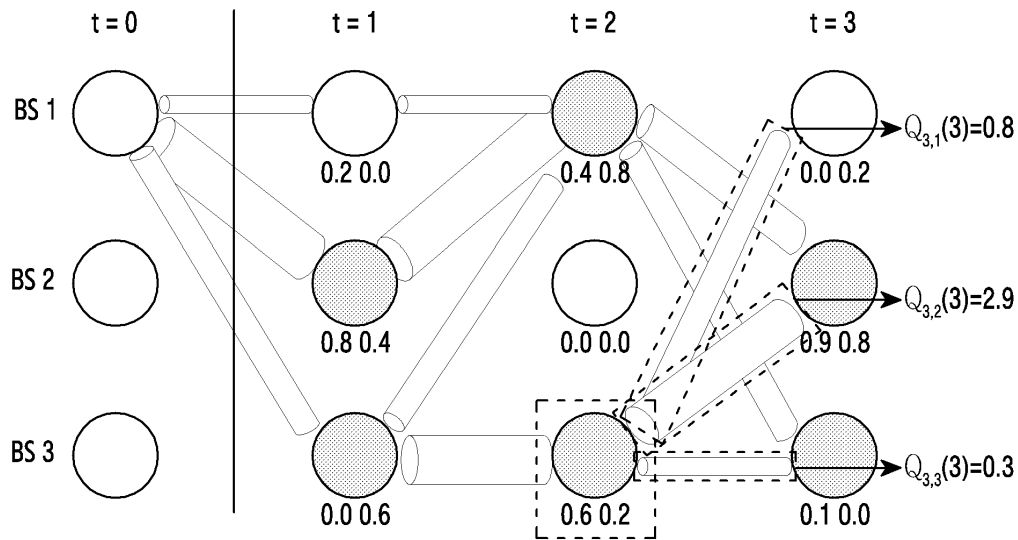


도면11

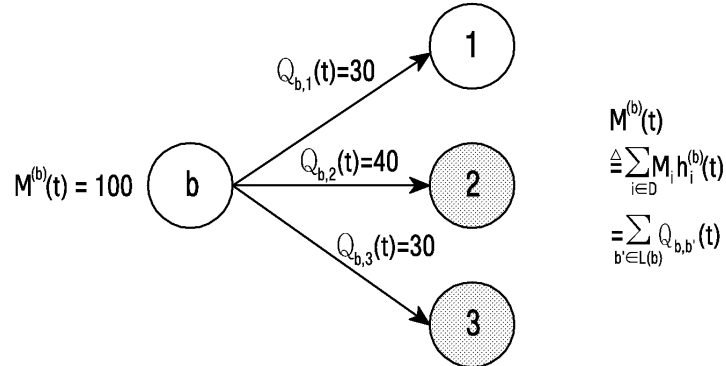


M_i : Cache memory size for D2D device $i \in D$
 $h_i^{(b)}(t)$: Probability of D2D device i located in BS b at time t
 $Q_{b,b'}(t)$: Aggregate cache size by transition from BS b to BS b'
 $M^{(b)}(t)$: Aggregate cache size in BS b

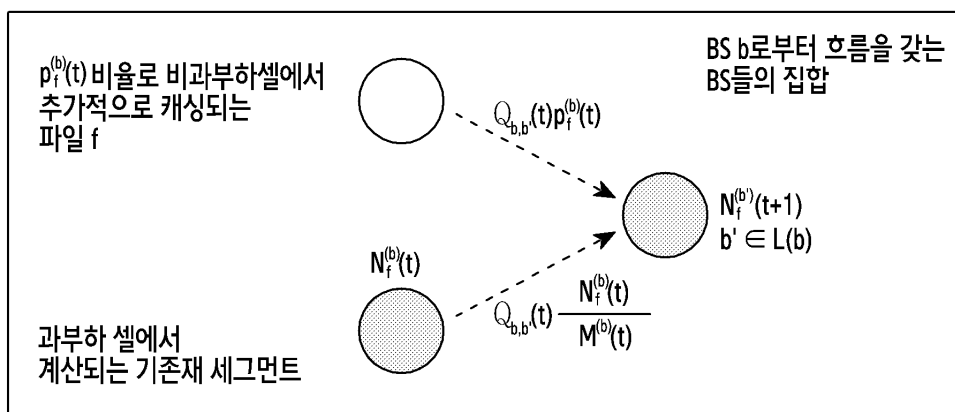
도면12



- Aggregated storage flow : Example

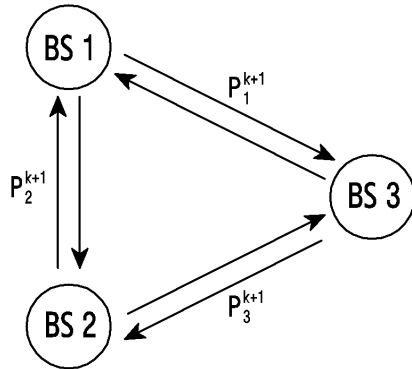


도면13

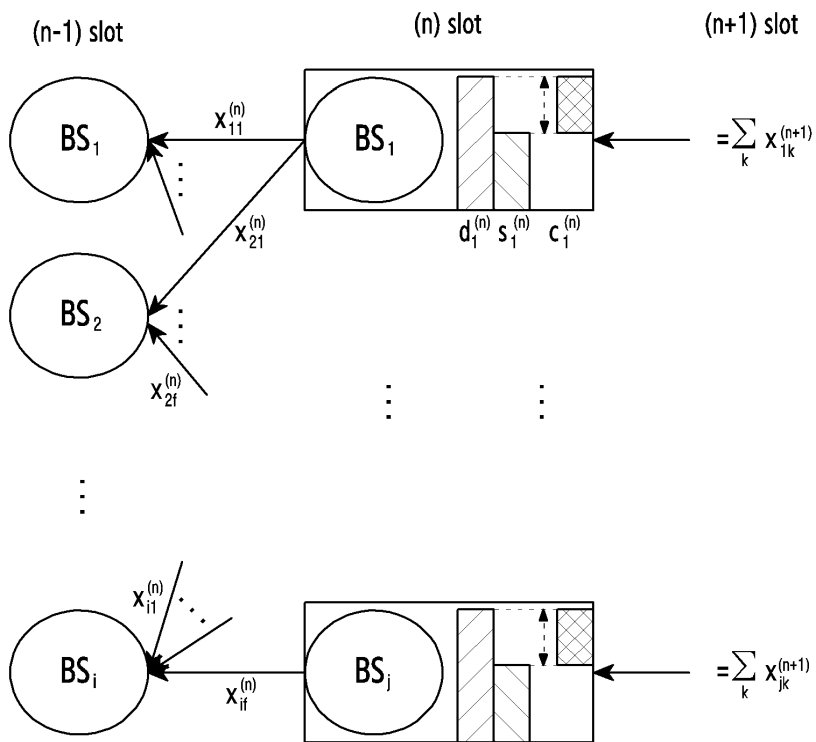


도면14

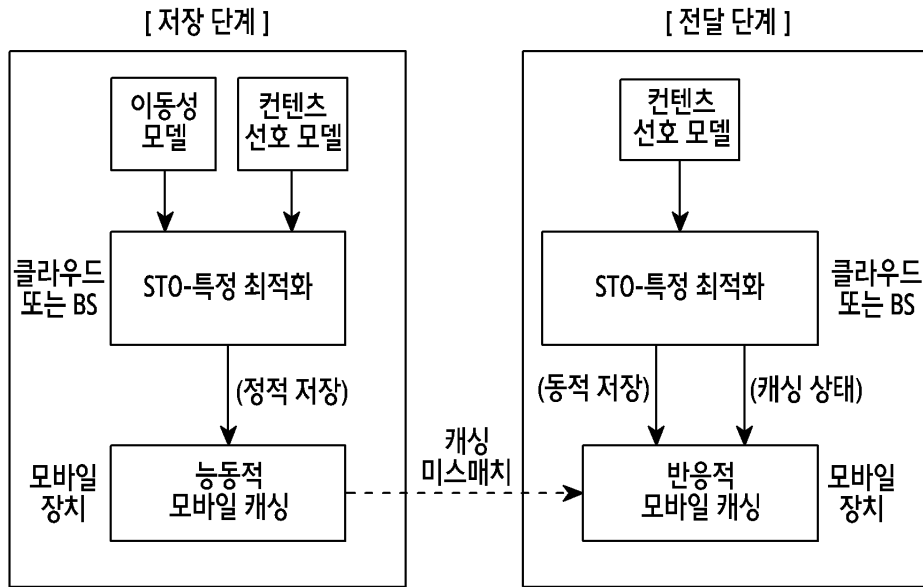
이중 변수 z^{k+1} 및 y^{k+1} 의 계산



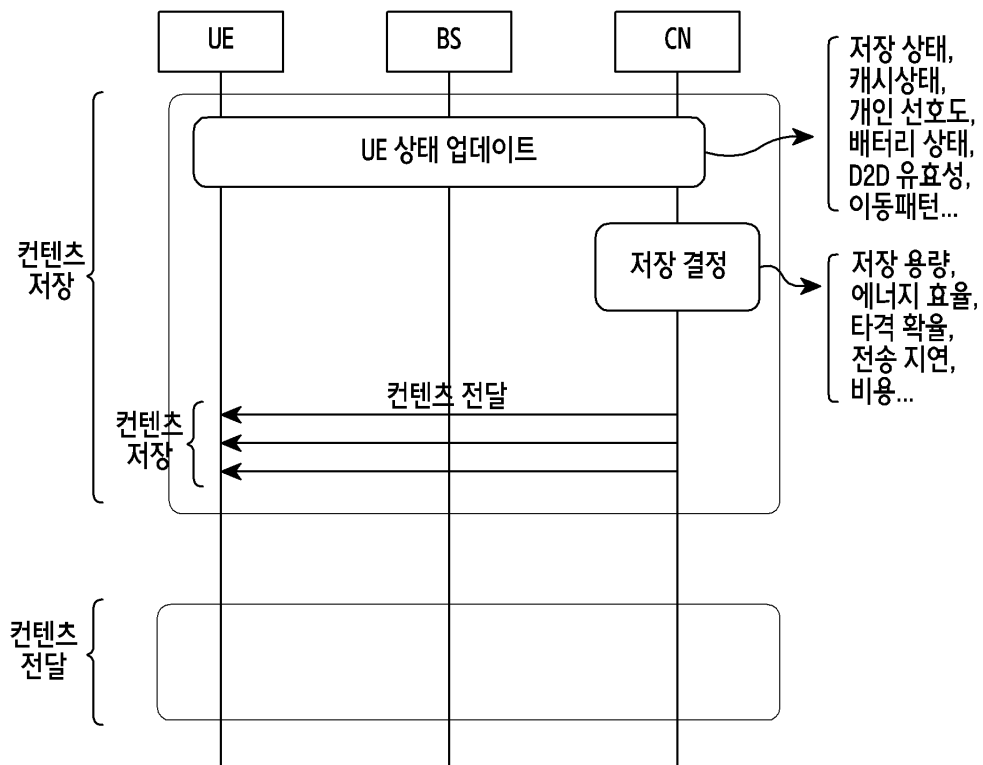
도면15



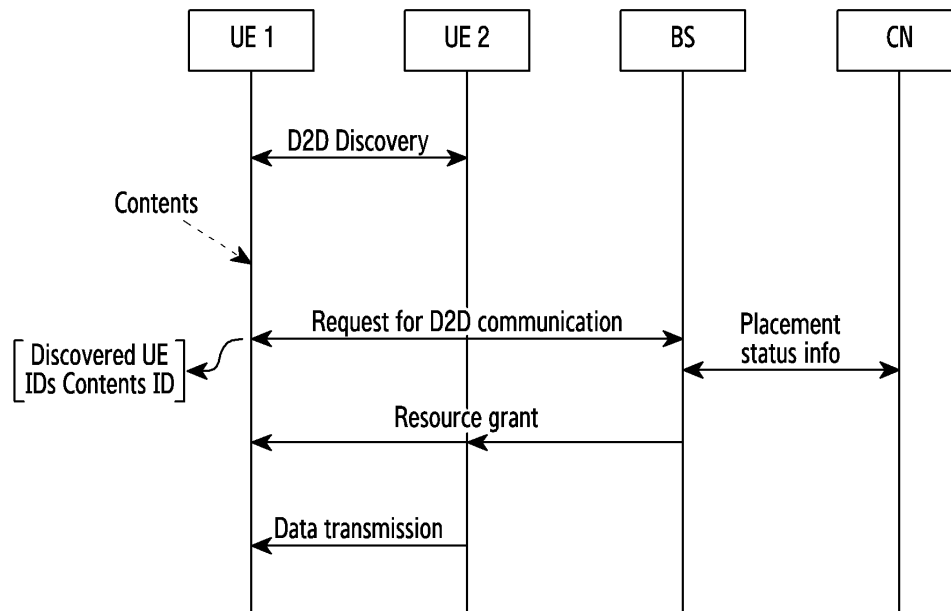
도면16



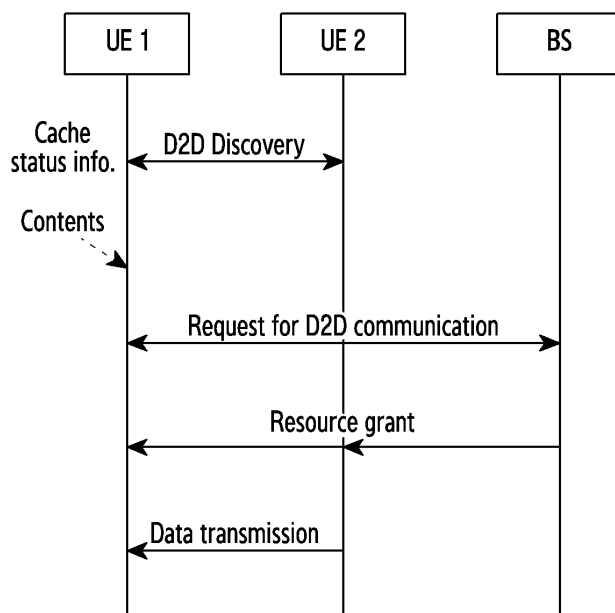
도면17



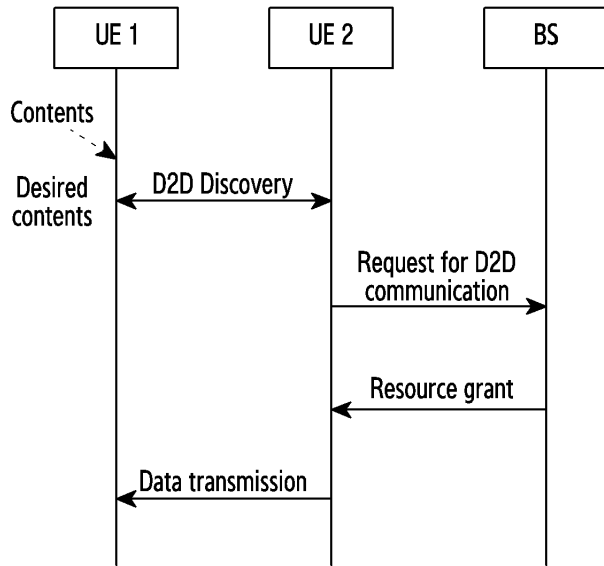
도면18



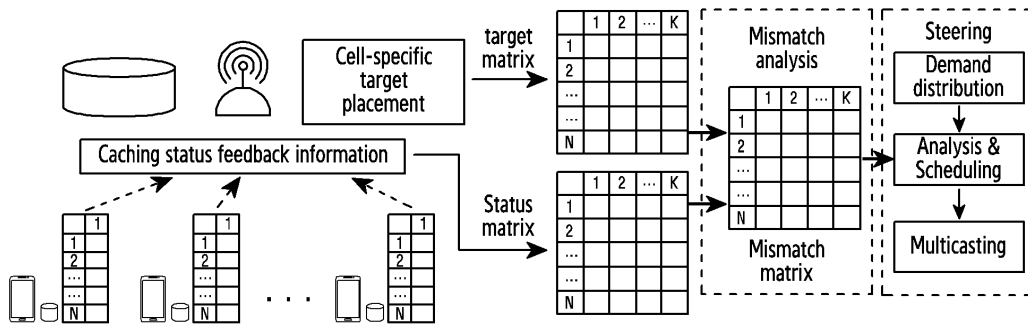
도면19



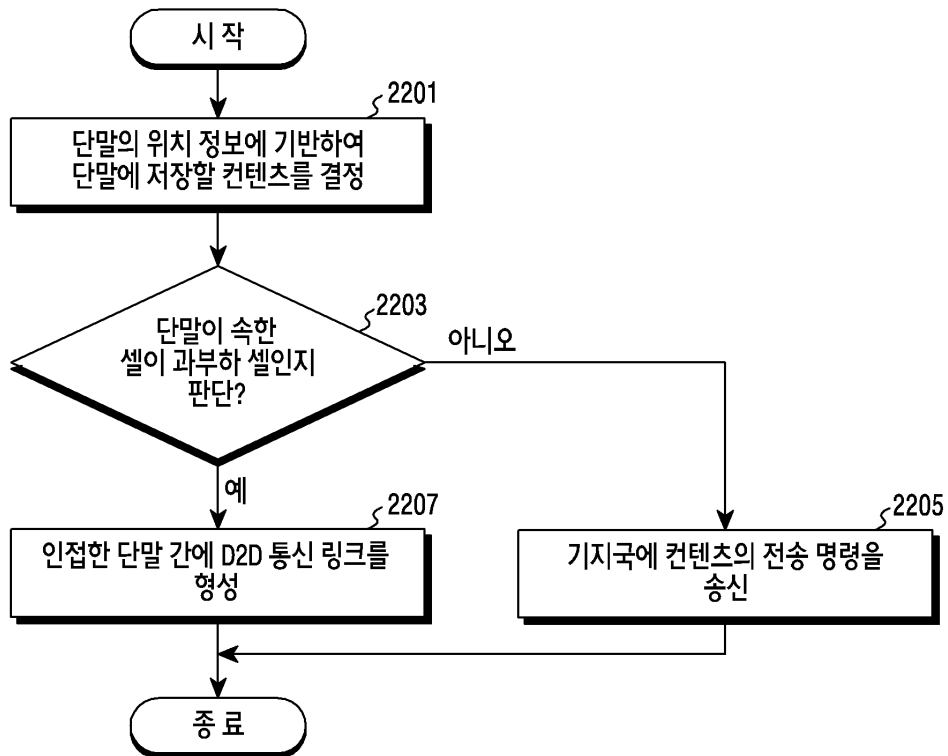
도면20



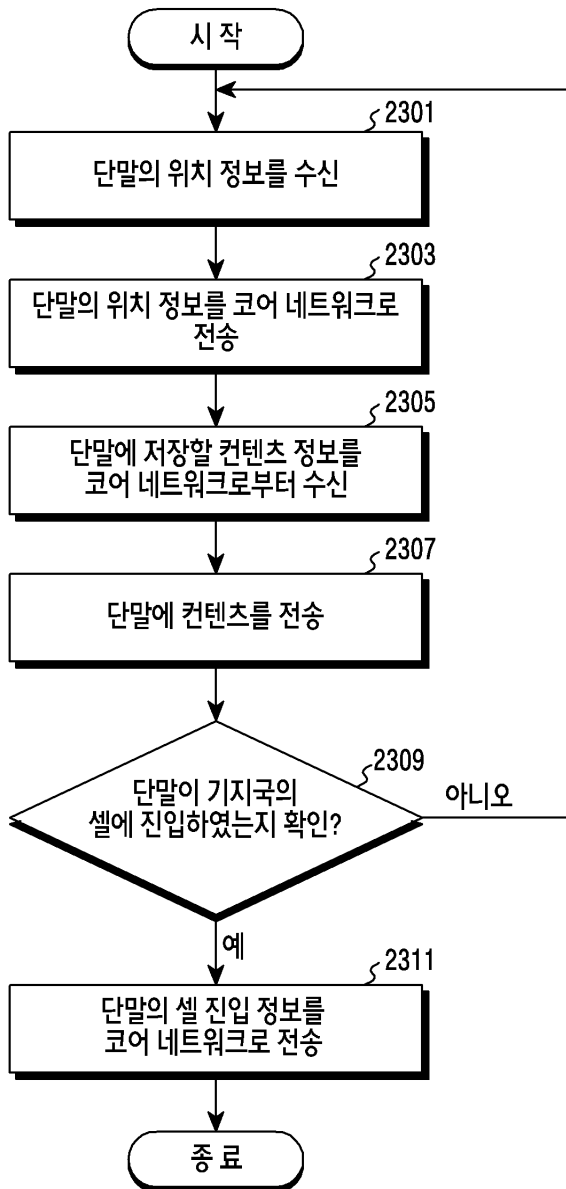
도면21



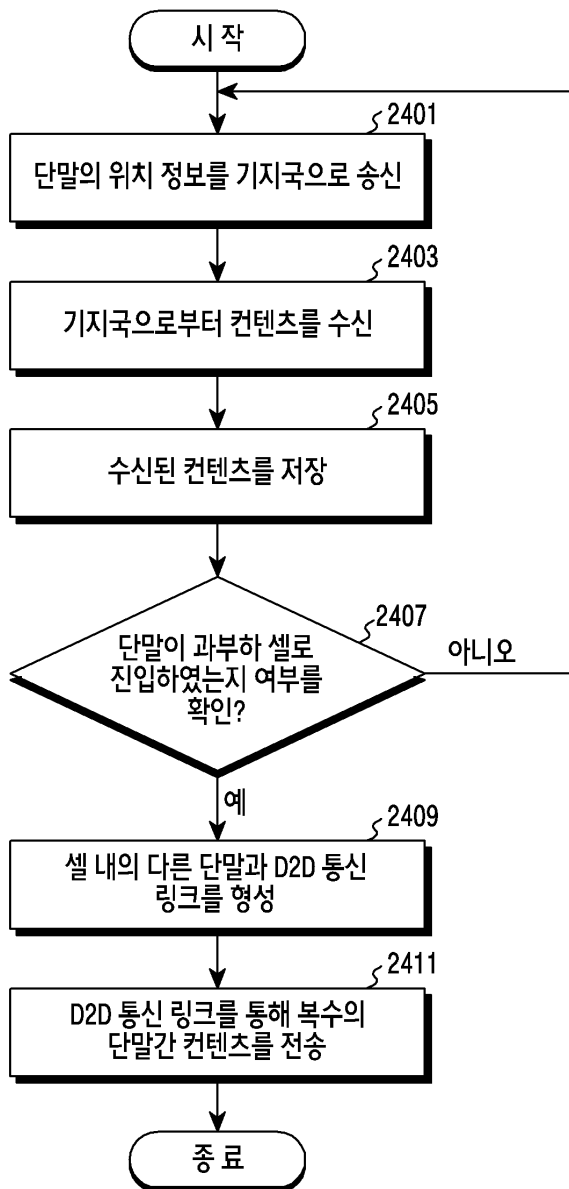
도면22



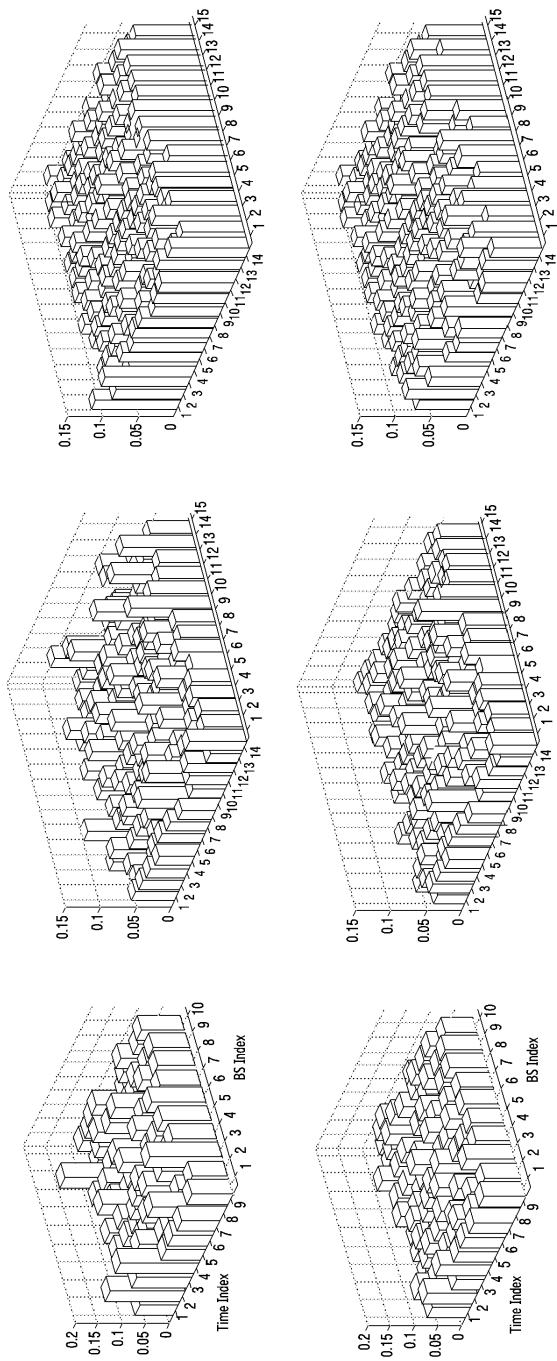
도면23



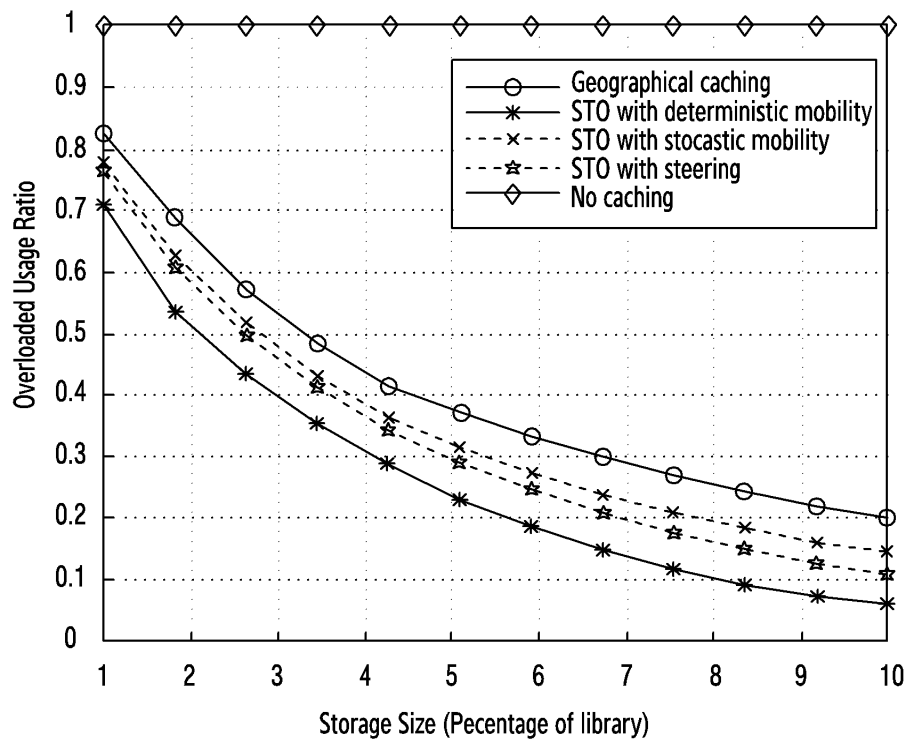
도면24



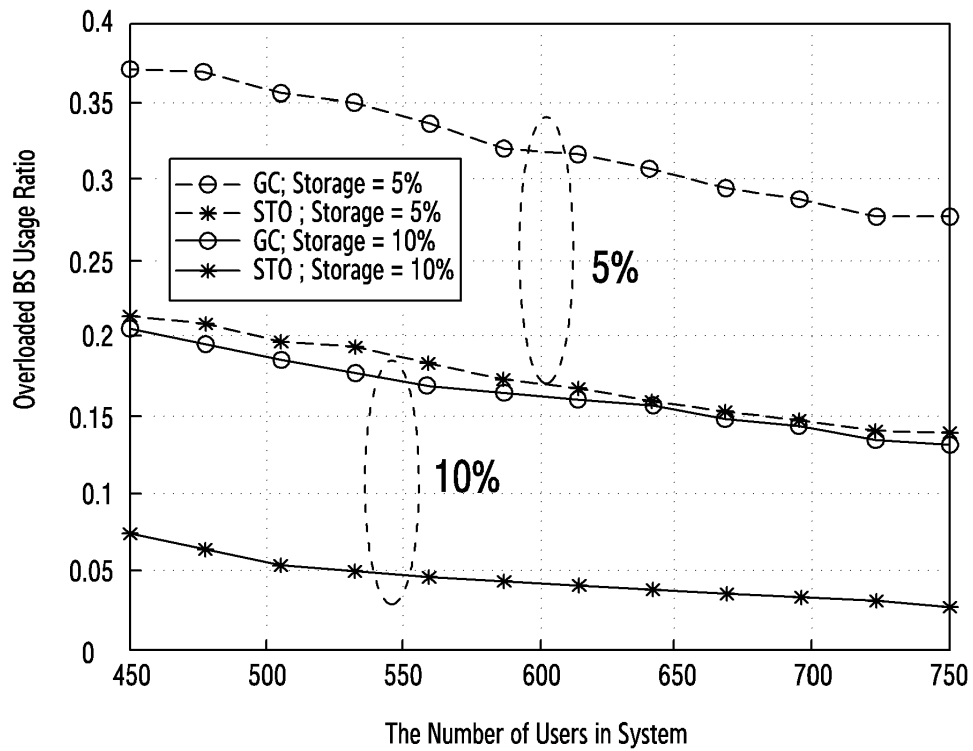
도면25



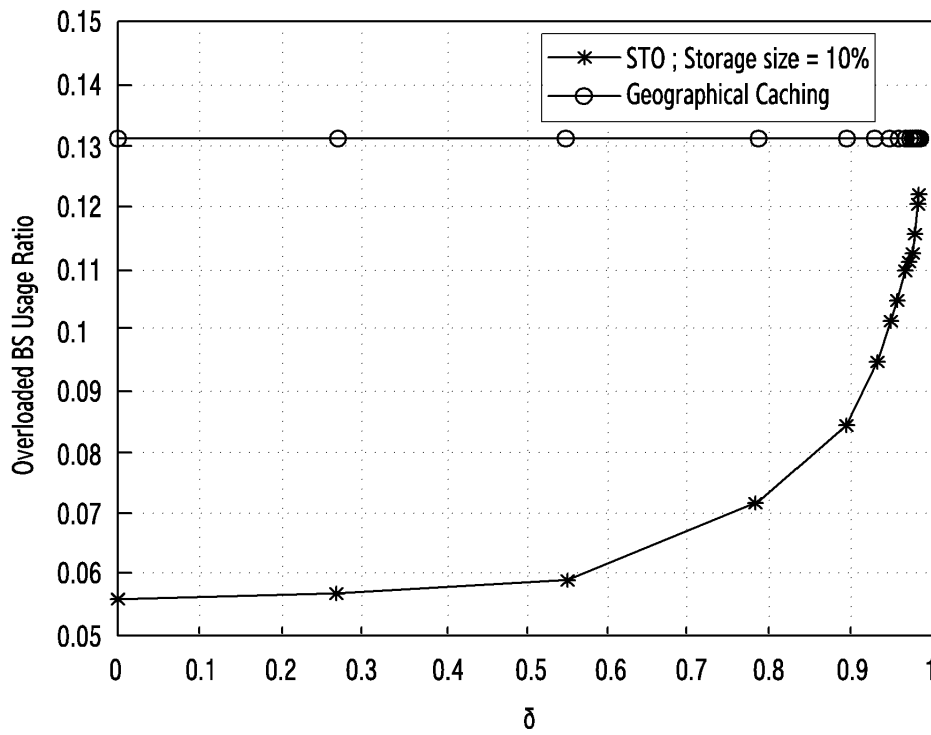
도면26



도면27



도면28



도면29

