



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0136707
(43) 공개일자 2022년10월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 1/18 (2006.01) H04B 17/309 (2014.01)
H04L 1/00 (2006.01) H04L 1/20 (2006.01)
H04W 28/04 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04L 1/1825 (2013.01)
H04B 17/309 (2015.01)
(21) 출원번호 10-2021-0042677
(22) 출원일자 2021년04월01일
심사청구일자 2021년04월01일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
정중문
서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 C203-1(신촌동)
이창성
서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 C203-1(신촌동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
민영준

전체 청구항 수 : 총 19 항

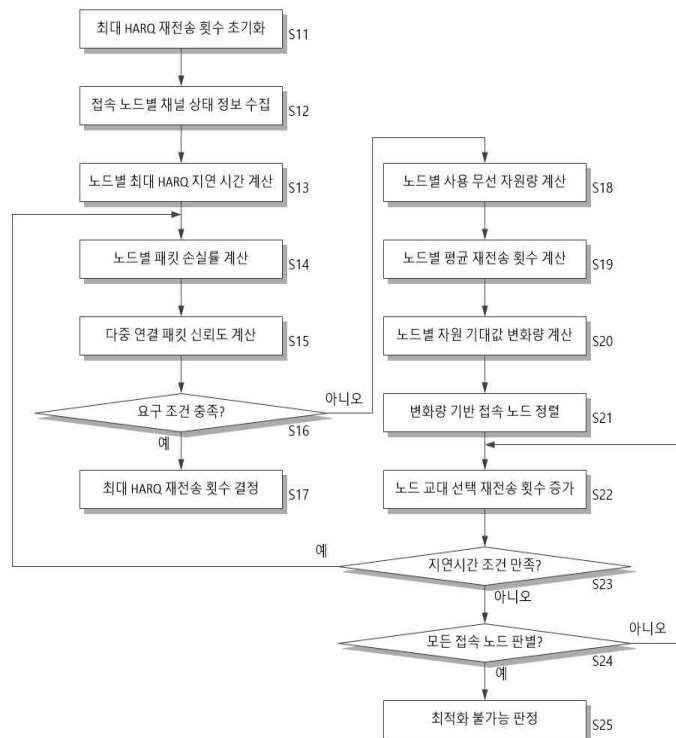
(54) 발명의 명칭 다중 연결 네트워크에서 패킷 복제를 기반한 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 동일한 사용자 단말로 동일한 패킷을 전송하는 다수의 접속 노드를 포함하는 다중 연결 네트워크에서 각 접속 노드의 채널 상태 정보를 수집하는 채널 상태 측정부, 접속 노드 각각의 채널 상태와 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 다중 연결 네트워크의 패킷 신뢰도를 계산하고, 계산된 패킷 신뢰도가 기지정된 패킷 신뢰도 조건을

(뒷면에 계속)

대표도 - 도4



만족하는지 판별하는 패킷 신뢰도 조건 판별부, 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 접속 노드 각각의 최대 HARQ 지연 시간을 계산하고, 계산된 최대 HARQ 지연 시간이 기지정된 지연 시간 조건을 만족하는지 판별하는 지연시간 조건 판별부 및 최대 HARQ 재전송 횟수를 기지정된 초기값으로 초기화하고, 각 접속 노드가 채널 상태에 따라 사용하는 무선 자원량과 평균 재전송 횟수를 계산하여 각 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 전체 무선 자원량에 대한 기대값의 변화량을 계산하며, 패킷 신뢰도 조건과 지연 시간 조건을 만족하도록, 계산된 기대값의 변화량에 따라 다수의 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수를 증가시키는 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부를 포함하여, 무선 자원량의 낭비를 줄일 수 있는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

(52) CPC특허분류

H04L 1/0002 (2013.01)

H04L 1/0018 (2013.01)

H04L 1/0026 (2013.01)

H04L 1/1812 (2013.01)

H04L 1/203 (2013.01)

H04W 28/04 (2018.01)

백정석

서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 C203-1(신촌동)

(72) 발명자

김준성

서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 C203-1(신촌동)

정재욱

서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 C203-1(신촌동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711102791
과제번호	2019-0-00685-002
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송연구개발사업
연구과제명	무선광통신 기반 수직 이동통신 네트워크 기술 개발 (2/5)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

동일한 사용자 단말로 동일한 패킷을 전송하는 다수의 접속 노드를 포함하는 다중 연결 네트워크에서 각 접속 노드의 채널 상태 정보를 수집하는 채널 상태 측정부;

상기 접속 노드 각각의 채널 상태와 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 다중 연결 네트워크의 패킷 신뢰도를 계산하고, 계산된 패킷 신뢰도가 기지정된 패킷 신뢰도 조건을 만족하는지 판별하는 패킷 신뢰도 조건 판별부;

최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 상기 접속 노드 각각의 최대 HARQ 지연 시간을 계산하고, 계산된 최대 HARQ 지연 시간이 기지정된 지연 시간 조건을 만족하는지 판별하는 지연시간 조건 판별부; 및

최대 HARQ 재전송 횟수를 기지정된 초기값으로 초기화하고, 각 접속 노드가 채널 상태에 따라 사용하는 무선 자원량과 평균 재전송 횟수를 계산하여 각 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 전체 무선 자원량에 대한 기대값의 변화량을 계산하며, 상기 패킷 신뢰도 조건과 상기 지연 시간 조건을 만족하도록, 계산된 기대값의 변화량에 따라 상기 다수의 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수를 증가시키는 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부를 포함하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부는

상기 다수의 접속 노드 각각의 최대 HARQ 재전송 횟수를 기지정된 초기값으로 초기화하고, 최대 HARQ 재전송 횟수의 초기값에 따른 상기 패킷 신뢰도 조건과 상기 지연 시간 조건이 만족되지 않으면,

상기 다수의 접속 노드의 상기 기대값의 변화량을 계산하여, 상기 기대값의 변화량이 최소로 증가하는 순서에 따라 선택하여 상기 다수의 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수를 교대로 증가시키며,

교대로 증가된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따라 계산된 최대 HARQ 지연 시간이 상기 지연 시간 조건을 만족하면, 현재 선택된 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수를 업데이트하고,

업데이트된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 패킷 신뢰도가 상기 패킷 신뢰도 조건을 만족하는지 판별하여, 상기 패킷 신뢰도 조건을 만족하면, 상기 다수의 접속 노드의 현재 최대 HARQ 재전송 횟수를 최적화된 최대 HARQ 재전송 횟수로 결정하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부는

증가된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따라 계산된 최대 HARQ 지연 시간이 상기 지연 시간 조건을 만족하지 않으면, 이전 선택된 접속 노드의 증가된 최대 HARQ 재전송 횟수를 복구하고, 다른 접속 노드를 선택하여 최대 HARQ 재전송 횟수를 증가시키며,

업데이트된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 패킷 신뢰도가 상기 패킷 신뢰도 조건을 만족하지 않으면, 업데이트된 최대 HARQ 재전송 횟수를 기반으로 상기 기대값의 변화량을 계산하여, 상기 기대값의 변화량이 최소로 증가하는 순서에 따라 선택하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부는

각 접속 노드(gNB_i)가 사용하는 무선 자원량(r_i)을 수학식

$$r_i = \frac{L}{C_i} + \frac{(Q^{-1}(p_{i,m}))^2 V(\gamma_i)}{2C_i^2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4LC_i}{V(\gamma_i)(Q^{-1}(p_{i,m}))^2}} \right)$$

(여기서 r_i 는 제 i ($i = \{1, 2, \dots, N\}$) 접속 노드에서 수집된 채널 상태 정보인 SINR(γ_i)의 채널 상태에서 L 비트의 패킷을 패킷 오류율($p_{i,m}$)이 되도록 전송하는데 사용되는 무선 자원량을 나타내고, C_i 는 채널 무선 채널 용량으로 $C_i = \log_2(1 + \gamma_i)$ 이며, $V(\gamma_i) = (\log_2(e))^2 (1 - 1/(1 + \gamma_i)^2)$ 이다. 그리고 $Q(\cdot)$ 는 Q 함수(Q -function)를 의미한다.)

에 따라 계산하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 패킷 신뢰도 조건 판별부는

각 접속 노드의 채널 상태 정보를 기반으로 각 접속 노드의 패킷 오류율을 계산하고, 상기 패킷 오류율과 최대 HARQ 재전송 횟수에 따라 패킷 손실률을 계산하며, 상기 패킷 손실률을 이용하여 상기 패킷 신뢰도를 계산하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 지연시간 조건 판별부는

각 접속 노드의 단일 전송 시간을 계산하고, 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 단일 전송 시간과 상기 사용자 단말의 응답에 따른 시간을 반영하여 상기 최대 HARQ 지연 시간을 계산하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 패킷 신뢰도 조건 판별부는

상기 채널 상태 정보로서 수집된 각 접속 노드(gNB_i)의 SINR(γ_i)을 기반으로 각 접속 노드(gNB_i)에서의 패킷 오류율($p_{i,m}$)을 수학식

$$p_{i,m} = \begin{cases} 1 & \text{if } 0 \leq \gamma_i < \gamma_{th,m} \\ a_{n,m} \exp(-g_{n,m} \gamma_i) & \text{if } \gamma_i \geq \gamma_{th,m} \end{cases}$$

(여기서, γ_i 는 제 i 접속 노드에서 수집된 SINR이고, m 은 HARQ 재전송 횟수이며, a_m , g_m 및 $\gamma_{p,m}$ 은 변조 코딩 기법과 적응적 변조 및 코딩기법에 따른 m 번째 HARQ 재전송시의 파라미터 값과 SINR 값으로 미리 지정된 상수값이다.)

에 따라 계산하고,

패킷 손실률($P_{out,i}$)을 수학식

$$P_{out,i} = \prod_{m=1}^{M_i} p_{i,m}$$

(여기서 M_i 는 제 i 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수이다.)

에 따라 계산하며,

상기 패킷 신뢰도(R_{MC})를 수학식

$$R_{MC} = 1 - P_{out,1}P_{out,2} \dots P_{out,N}$$

에 따라 계산하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 지연시간 조건 판별부는

각 접속 노드(gNB_i)의 단일 전송 시간을 수학식

$$T_{one,i} = T_{DL_align} + T_{gNB_proc,i} + T_{DL_Tx,i} + T_{UE_proc}$$

(여기서 $T_{one,i}$ 는 제 i 접속 노드의 단일 전송 시간, T_{DL_align} 은 하향 링크 패킷 정렬 시간, $T_{gNB_proc,i}$ 은 해당 접속 노드의 처리 시간, $T_{DL_Tx,i}$ 는 다운링크 접속 시간(= 전송 시간 간격(TTI)), T_{UE_proc} 은 사용자 단말(UE)의 처리 시간을 나타낸다.)

에 따라 계산하고,

각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)에 따른 최대 HARQ 지연 시간($T_{HARQ,i}$)을 수학식

$$T_{HARQ,i} = T_{one,i} + (M_i - 1)(T_{ACK_align} + T_{ACK_Tx} + T_{one,i})$$

(여기서 T_{ACK_align} 은 응신(ACK) 정렬 시간, T_{ACK_Tx} 는 상향 링크 응신(ACK) 전송 시간을 나타낸다.)

에 따라 계산하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부는

각 접속 노드(gNB_i)의 평균 재전송 횟수($E[m_i]$)를 수학식

$$E[m_i] = 1 + p_i + p_i^2 + \dots + p_i^{M_i-1}$$

에 따라 계산하여,

다중 연결 네트워크에서 전체 무선 자원량에 대한 기대값($E[r_{MC}]$)을 수학식

$$E[r_{MC}] = E[m_1]r_1 + E[m_2]r_2 + \dots + E[m_n]r_n$$

에 따라 계산하며,

무선 자원량 기대값($E[r_{MC}]$)의 변화량을 수학식

$$\frac{\partial E[r_{MC}]}{\partial M_i} = - \frac{r_i \ln p_i (p_i)^{M_i}}{1 - p_i}$$

에 따라 계산하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 다수의 접속 노드 중 하나는 상기 사용자 단말로 전송할 오리지널 패킷을 전송하는 마스터 노드이고, 나머지 접속 노드는 상기 마스터 노드로부터 상기 오리지널 패킷이 복제된 복제 패킷을 인가받아 상기 사용자 단말로 전송하는 세컨드리 노드이며,

상기 패킷 신뢰도 조건과 상기 지연 시간 조건은 URLLC(Ultra-reliable low latency communication)에 의해 미리 지정되는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치.

청구항 11

동일한 사용자 단말로 동일한 패킷을 전송하는 다수의 접속 노드를 포함하는 다중 연결 네트워크에서 각 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수를 기지정된 초기값으로 초기화하는 단계;

각 접속 노드의 채널 상태 정보를 수집하는 단계;

상기 접속 노드 각각의 채널 상태와 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 다중 연결 네트워크의 패킷 신뢰도를 계산하고, 계산된 패킷 신뢰도가 기지정된 패킷 신뢰도 조건을 만족하는지 판별하는 단계;

최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 상기 접속 노드 각각의 최대 HARQ 지연 시간을 계산하고, 계산된 최대 HARQ 지연 시간이 기지정된 지연 시간 조건을 만족하는지 판별하는 단계; 및

각 접속 노드가 채널 상태에 따라 사용하는 무선 자원량과 평균 재전송 횟수를 계산하여 각 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 전체 무선 자원량에 대한 기대값의 변화량을 계산하며, 상기 패킷 신뢰도 조건과 상기 지연 시간 조건을 만족하도록, 계산된 기대값의 변화량에 따라 상기 다수의 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수를 증가시키는 단계를 포함하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 최대 HARQ 재전송 횟수를 증가시키는 단계는

최대 HARQ 재전송 횟수의 초기값에 따른 상기 패킷 신뢰도 조건과 상기 지연 시간 조건이 만족하는지 판별하는 단계;

상기 패킷 신뢰도 조건과 상기 지연 시간 조건이 만족되지 않으면, 상기 무선 자원량과 평균 재전송 횟수를 계산하여 상기 다수의 접속 노드의 상기 기대값의 변화량을 계산하는 단계;

상기 기대값의 변화량이 최소로 증가하는 순서에 따라 선택하여 상기 다수의 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수를 교대로 증가시키는 단계;

교대로 증가된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따라 계산된 최대 HARQ 지연 시간이 상기 지연 시간 조건을 만족하면, 현재 선택된 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수를 업데이트하는 단계;

업데이트된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 패킷 신뢰도가 상기 패킷 신뢰도 조건을 만족하는지 판별하는 단계; 및

상기 패킷 신뢰도 조건을 만족하면, 상기 다수의 접속 노드의 현재 최대 HARQ 재전송 횟수를 최적화된 최대 HARQ 재전송 횟수로 결정하는 단계를 포함하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 최대 HARQ 재전송 횟수를 증가시키는 단계는

증가된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따라 계산된 최대 HARQ 지연 시간이 상기 지연 시간 조건을 만족하지 않으면, 이전 선택된 접속 노드의 증가된 최대 HARQ 재전송 횟수를 복구하고, 다른 접속 노드를 선택하여 최대 HARQ 재전송 횟수를 증가시키는 단계; 및

업데이트된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 패킷 신뢰도가 상기 패킷 신뢰도 조건을 만족하지 않으면, 업데이트된 최대 HARQ 재전송 횟수를 기반으로 상기 기대값의 변화량을 계산하여, 상기 기대값의 변화량이 최소로 증가하는 순서에 따라 선택하는 단계를 더 포함하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 패킷 신뢰도 조건을 만족하는지 판별하는 단계는

각 접속 노드의 채널 상태 정보를 기반으로 각 접속 노드의 패킷 오류율을 계산하고, 상기 패킷 오류율과 최대 HARQ 재전송 횟수에 따라 패킷 손실률을 계산하며, 상기 패킷 손실률을 이용하여 상기 패킷 신뢰도를 계산하는

최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 지연 시간 조건을 만족하는지 판별하는 단계는

각 접속 노드의 단일 전송 시간을 계산하고, 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 단일 전송 시간과 상기 사용자 단말의 응답에 따른 시간을 반영하여 상기 최대 HARQ 지연 시간을 계산하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 패킷 신뢰도 조건을 만족하는지 판별하는 단계는

상기 채널 상태 정보로서 수집된 각 접속 노드(gNB_i)의 $SINR(\gamma_i)$ 을 기반으로 각 접속 노드(gNB_i)에서의 패킷 오류율($p_{i,m}$)을 수학식

$$p_{i,m} = \begin{cases} 1 & \text{if } 0 \leq \gamma_i < \gamma_{th,m} \\ a_{n,m} \exp(-g_{n,m} \gamma_i) & \text{if } \gamma_i \geq \gamma_{th,m} \end{cases}$$

(여기서, γ_i 는 제 i 접속 노드에서 수집된 SINR이고, m 은 HARQ 재전송 횟수이며, a_m , g_m 및 $\gamma_{p,m}$ 은 변조 코딩 기법과 적응적 변조 및 코딩기법에 따른 m 번째 HARQ 재전송시의 파라미터 값과 SINR 값으로 미리 지정된 상수값이다.)

에 따라 계산하는 단계;

패킷 손실률($P_{out,i}$)을 수학식

$$P_{out,i} = \prod_{m=1}^{M_i} p_{i,m}$$

(여기서 M_i 는 제 i 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수이다.)

에 따라 계산하는 단계; 및

상기 패킷 신뢰도(R_{MC})를 수학식

$$R_{MC} = 1 - P_{out,1} P_{out,2} \dots P_{out,N}$$

에 따라 계산하는 단계를 포함하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 지연 시간 조건을 만족하는지 판별하는 단계는

각 접속 노드(gNB_i)의 단일 전송 시간을 수학식

$$T_{one,i} = T_{DL_align} + T_{gNB_proc,i} + T_{DL_Tx,i} + T_{UE_proc}$$

(여기서 $T_{one,i}$ 는 제 i 접속 노드의 단일 전송 시간, T_{DL_align} 은 하향 링크 패킷 정렬 시간, $T_{gNB_proc,i}$ 은 해당 접속 노드의 처리 시간, $T_{DL_Tx,i}$ 는 다운링크 접속 시간 (= 전송 시간 간격(TTI)), T_{UE_proc} 은 사용자 단말(UE)의 처리 시간을 나타낸다.)

에 따라 계산하는 단계; 및

각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)에 따른 최대 HARQ 지연 시간(T_{HARQ,i})을 수학적

$$T_{HARQ,i} = T_{one,i} + (M_i - 1)(T_{ACK_align} + T_{ACK_Tx} + T_{one,i})$$

(여기서 T_{ACK_align} 은 응신(ACK) 정렬 시간, T_{ACK_Tx} 는 상향 링크 응신(ACK) 전송 시간을 나타낸다.)

에 따라 계산하는 단계를 포함하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 기대값의 변화량을 계산하는 단계는

각 접속 노드(gNB_i)가 사용하는 무선 자원량(r_i)을 수학적

$$r_i = \frac{L}{C_i} + \frac{(Q^{-1}(p_{i,m}))^2 V(\gamma_i)}{2C_i^2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4LC_i}{V(\gamma_i)(Q^{-1}(p_{i,m}))^2}} \right)$$

(여기서 r_i는 제i(i = {1, 2, ..., N}) 접속 노드에서 수집된 채널 상태 정보인 SINR(γ_i)의 채널 상태에서 L 비트의 패킷을 패킷 오류율(p_{i,m})이 되도록 전송하는데 사용되는 무선 자원량을 나타내고, C_i 는 채널 무선 채널 용량으로 C_i = log₂(1 + γ_i)이며, V(γ_i) = (log₂(e))²(1-1/(1+γ_i)²)이다. 그리고 Q(○)는 Q 함수(Q-function)를 의미한다.)

에 따라 계산하는 단계;

각 접속 노드(gNB_i)의 평균 재전송 횟수(E[m_i])를 수학적

$$E[m_i] = 1 + p_i + p_i^2 + \dots + p_i^{M_i-1}$$

에 따라 계산하는 단계;

다중 연결 네트워크에서 전체 무선 자원량에 대한 기대값(E[r_{MC}])을 수학적

$$E[r_{MC}] = E[m_1]r_1 + E[m_2]r_2 + \dots + E[m_n]r_n$$

에 따라 계산하는 단계; 및

무선 자원량 기대값(E[r_{MC}])의 변화량을 수학적

$$\frac{\partial E[r_{MC}]}{\partial M_i} = - \frac{r_i \ln p_i (p_i)^{M_i}}{1 - p_i}$$

에 따라 계산하는 단계를 포함하는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법.

청구항 19

제11항에 있어서, 상기 다수의 접속 노드 중 하나는 상기 사용자 단말로 전송할 오리지널 패킷을 전송하는 마스터 노드이고, 나머지 접속 노드는 상기 마스터 노드로부터 상기 오리지널 패킷이 복제된 복제 패킷을 인가받아 상기 사용자 단말로 전송하는 세컨드리 노드이며,

상기 패킷 신뢰도 조건과 상기 지연 시간 조건은 URLLC(Ultra-reliable low latency communication)에 의해 미리 지정되는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치 및 방법에 관한 것으로, 다중 연결 네트워크에서 패킷 복제를 기반한 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 초고신뢰 저지연 통신(Ultra-reliable low latency communication: 이하 URLLC)은 매우 낮은 지연시간으로 고 신뢰성 무선 네트워킹을 지원할 수 있는 5G 모바일 서비스 모드 중 하나이며 다양한 URLLC 애플리케이션(ex. 자율 주행, 공장 자동화, 원격 수술)에 대해 서로 다른 설계 목표가 필요하다.

[0003] URLLC는 트래픽에 대한 엄격한 QoS(Quality-of-Service) 요구 사항을 갖고 있으며, 이중 하나는 1 ms 패킷 지연 시간 내에 99.999%의 패킷 전송 성공률이다. 5G 네트워크에서는 이러한 URLLC 요구 사항에 대응하는 트래픽을 지원하기 위해 PHY(Physical) 계층과 MAC(Medium Access Control) 계층의 다양한 새로운 기법들이 제안되었다. 일 예로 짧은 지연 시간 요구 조건을 달성하기 위해 더 짧은 전송 시간 간격(Transmit Time Interval: TTI)와 단말과 접속 노드(또는 기지국) 사이의 처리 속도 향상 기법이 제안되었으며, 높은 신뢰성 요구 조건을 달성하기 위해 HARQ(Hybrid automatic repeat request)가 제안되었다. 그러나 URLLC의 엄격한 서비스 요구 조건을 충족하려면 PHY나 MAC 계층뿐만 아니라 RLC(Radio Link Control) 계층과 같은 상위 계층에서 역시 개선이 필요하다.

[0004] 도 1은 다중 연결 네트워크의 일 예를 나타낸다.

[0005] 도 1에서는 다중 연결 네트워크(Multi-Connection Network)의 간단한 예로서 이중 연결(Dual connectivity: DC) 네트워크를 도시하였다. 도 1을 참조하면, 이중 연결 네트워크에서는 사용자 단말(User Equipment: UE)이 두 개의 다른 접속 노드(또는 기지국)(M-gNB, S-gNB)에 동시에 접속할 수 있다. 2개의 접속 노드 중 하나는 오리지널 패킷(Original packet)을 사용자 단말(UE)로 전송하는 마스터 노드(Master Node: MN)(M-gNB)이고, 나머지는 마스터 노드(M-gNB)로부터 오리지널 패킷이 복제된 복제 패킷(Duplicated packet)을 인가받아, 복제 패킷을 사용자 단말(UE)로 전송하는 세컨드리 노드(Secondary Node: SN)(S-gNB)라 할 수 있다. 접속 노드가 다수개인 경우에도 다수의 노드 중 오리지널 패킷을 사용자 단말(UE)로 전송하는 하나의 노드를 마스터 노드라 하고, 나머지는 세컨드리 노드라 한다.

[0006] 도 1과 같은 이중 연결 네트워크의 초기 목표는 두 개의 접속 노드(M-gNB, S-gNB)를 이용한 데이터 분할 전송으로 인한 처리량 향상이었다. 그러나 최근 이중 연결 네트워크는 패킷 복제(Packet Duplication: PD)를 활용한 패킷 신뢰도 향상으로 기능이 확장되었다. 이는 3GPP에 의해 패킷 복제의 기능이 PDCP (Packet Data Convergence Protocol) 복제라는 이름으로 PDCP 계층의 새로운 기능으로 정의되었기 때문이다. 이 경우 도 1에 도시된 바와 같이, 세컨드리 노드(S-gNB)가 마스터 노드(M-gNB)의 URLLC 패킷을 복제하여 각각 URLLC 패킷을 전송함으로써 사용자 단말(UE)은 매크로 다이버시티(Macro Diversity)를 얻을 수 있게 된다. 결과적으로 패킷 복제는 사용자 단말(UE)이 더 높은 전송 신뢰성을 얻을 수 있도록 할 뿐만 아니라 재전송에 대한 잠재적인 필요성을 완화할 수 있으므로 URLLC 패킷 전송에 소요되는 지연시간을 줄일 수 있다.

[0007] 다만 PDCP에서의 패킷 복제가 PHY 및 MAC(Medium Access Control) 계층과 같은 하위 계층의 HARQ와 동시에 동작한다면 불필요한 재전송을 유발할 수 있다. 일 예로 복제된 패킷이 서로 다른 접속 노드(M-gNB, S-gNB)를 통해 전송되는 경우 하나의 접속 노드(예를 들면, M-gNB)를 통해 전달된 패킷은 성공할 수 있고 다른 접속 노드(예를 들면, S-gNB)를 통해 전송된 다른 패킷은 실패할 수 있다. 이 경우, 실패한 접속 노드(S-gNB)에서의 HARQ 재전송은 필요하지 않지만, 접속 노드(S-gNB)의 HARQ 엔티티는 다른 접속 노드(M-gNB)를 통한 패킷 전송 성공을 인지하지 못하므로 HARQ재전송이 실행된다. HARQ 엔티티의 이러한 중복 재전송은 무선 자원량의 낭비로 이어진다.

[0008] 그러나 이러한 무선 자원량 낭비를 방지하기 위해, HARQ 재전송을 수행하는 최대 횟수를 나타내는 최대 HARQ 재전송 횟수를 작게 설정하게 되면, 최종 전송 실패로 인해, 오히려 더 많은 무선 자원량 낭비를 발생하게 될 뿐만 아니라, URLLC의 지연 시간 및 신뢰도에 대한 요구 조건을 만족하지 못하게 되는 심각한 문제가 발생하게 된다.

[0009] 이러한 문제를 극복하기 위해 다중 연결 네트워크에서 패킷 복제 기반 통신 상태임을 고려하여, URLLC에서 요구되는 지연 시간 조건과 패킷 신뢰도 조건을 만족시키는 조건하에서 무선 자원량의 낭비를 줄일 수 있도록 HARQ

재전송 횟수를 최적화하는 새로운 기법이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-1243551호 (2013.03.07 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 목적은 다중 연결 네트워크에서 패킷 복제 기반 통신 상태임을 고려하여 URLLC에서 요구되는 지연 시간 조건과 패킷 신뢰도 조건을 만족하는 범위 내에서 사용되는 무선자원량을 저감시킬 수 있는 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

[0012] 본 발명의 다른 목적은 지연시간 조건과 패킷 전송성공률 조건을 만족시키면서 HARQ 재전송 횟수를 최적화하는 최적화 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치는 동일한 사용자 단말로 동일한 패킷을 전송하는 다수의 접속 노드를 포함하는 다중 연결 네트워크에서 각 접속 노드의 채널 상태 정보를 수집하는 채널 상태 측정부; 상기 접속 노드 각각의 채널 상태와 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 다중 연결 네트워크의 패킷 신뢰도를 계산하고, 계산된 패킷 신뢰도가 기지정된 패킷 신뢰도 조건을 만족하는지 판별하는 패킷 신뢰도 조건 판별부; 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 상기 접속 노드 각각의 최대 HARQ 지연 시간을 계산하고, 계산된 최대 HARQ 지연 시간이 기지정된 지연 시간 조건을 만족하는지 판별하는 지연시간 조건 판별부; 및 최대 HARQ 재전송 횟수를 기지정된 초기값으로 초기화하고, 각 접속 노드가 채널 상태에 따라 사용하는 무선 자원량과 평균 재전송 횟수를 계산하여 각 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 전체 무선 자원량에 대한 기대값의 변화량을 계산하며, 상기 패킷 신뢰도 조건과 상기 지연 시간 조건을 만족하도록, 계산된 기대값의 변화량에 따라 상기 다수의 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수를 증가시키는 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부를 포함한다.

[0014] 상기 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부는 상기 다수의 접속 노드 각각의 최대 HARQ 재전송 횟수를 기지정된 초기값으로 초기화하고, 최대 HARQ 재전송 횟수의 초기값에 따른 상기 패킷 신뢰도 조건과 상기 지연 시간 조건이 만족되지 않으면, 상기 다수의 접속 노드의 상기 기대값의 변화량을 계산하여, 상기 기대값의 변화량이 최소로 증가하는 순서에 따라 선택하여 상기 다수의 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수를 교대로 증가시키며, 교대로 증가된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따라 계산된 최대 HARQ 지연 시간이 상기 지연 시간 조건을 만족하면, 현재 선택된 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수를 업데이트하고, 업데이트된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 패킷 신뢰도가 상기 패킷 신뢰도 조건을 만족하는지 판별하여, 상기 패킷 신뢰도 조건을 만족하면, 상기 다수의 접속 노드의 현재 최대 HARQ 재전송 횟수를 최적화된 최대 HARQ 재전송 횟수로 결정할 수 있다.

[0015] 상기 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부는 증가된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따라 계산된 최대 HARQ 지연 시간이 상기 지연 시간 조건을 만족하지 않으면, 이전 선택된 접속 노드의 증가된 최대 HARQ 재전송 횟수를 복구하고, 다른 접속 노드를 선택하여 최대 HARQ 재전송 횟수를 증가시키며, 업데이트된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 패킷 신뢰도가 상기 패킷 신뢰도 조건을 만족하지 않으면, 업데이트된 최대 HARQ 재전송 횟수를 기반으로 상기 기대값의 변화량을 계산하여, 상기 기대값의 변화량이 최소로 증가하는 순서에 따라 선택할 수 있다.

[0016] 상기 패킷 신뢰도 조건 판별부는 각 접속 노드의 채널 상태 정보를 기반으로 각 접속 노드의 패킷 오류율을 계산하고, 상기 패킷 오류율과 최대 HARQ 재전송 횟수에 따라 패킷 손실률을 계산하며, 상기 패킷 손실률을 이용하여 상기 패킷 신뢰도를 계산할 수 있다.

[0017] 상기 지연시간 조건 판별부는 각 접속 노드의 단일 전송 시간을 계산하고, 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 단일 전송 시간과 상기 사용자 단말의 응답에 따른 시간을 반영하여 상기 최대 HARQ 지연 시간을 계산할 수 있다.

[0018] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법은 동일한 사용자

단말로 동일한 패킷을 전송하는 다수의 접속 노드를 포함하는 다중 연결 네트워크에서 각 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수를 기지정된 초기값으로 초기화하는 단계; 각 접속 노드의 채널 상태 정보를 수집하는 단계; 상기 접속 노드 각각의 채널 상태와 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 다중 연결 네트워크의 패킷 신뢰도를 계산하고, 계산된 패킷 신뢰도가 기지정된 패킷 신뢰도 조건을 만족하는지 판별하는 단계; 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 상기 접속 노드 각각의 최대 HARQ 지연 시간을 계산하고, 계산된 최대 HARQ 지연 시간이 기지정된 지연 시간 조건을 만족하는지 판별하는 단계; 및 각 접속 노드가 채널 상태에 따라 사용하는 무선 자원량과 평균 재전송 횟수를 계산하여 각 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 전체 무선 자원량에 대한 기대값의 변화량을 계산하며, 상기 패킷 신뢰도 조건과 상기 지연 시간 조건을 만족하도록, 계산된 기대값의 변화량에 따라 상기 다수의 접속 노드의 최대 HARQ 재전송 횟수를 증가시키는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0019] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치 및 방법은 다중 연결 네트워크에서 패킷 복제 기반 통신에서 URLLC에서 요구되는 지연 시간 조건과 패킷 신뢰도 조건을 만족하는 범위에서 HARQ 재전송 횟수를 최적화하여 사용되는 무선 자원량을 저감시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 다중 연결 네트워크의 일 예를 나타낸다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치의 개략적 구조를 나타낸다.

도 3은 HARQ에 따른 지연 시간 모델의 예를 나타낸다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법을 나타낸다.

도 5는 도 4의 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법을 구현하기 위한 소프트웨어 알고리즘의 일 예를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

[0022] 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.

[0023] 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.

[0024] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치의 개략적 구조를 나타내고, 도 3은 HARQ에 따른 지연 시간 모델의 예를 나타낸다.

[0025] 본 실시예에 따른 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치는 사용자 단말(UE)에 다중 연결되는 다수(여기서는 일 예로 N개)의 접속 노드(gNB) 중 오리지널 패킷을 갖는 하나의 마스터 노드(M-gNB 또는 MN)에 포함되어 구성될 수 있다. 그리고 마스터 노드(M-gNB)는 동일한 사용자 단말(UE)에 다중 연결되는 나머지 접속 노드인 적어도 하나의 세컨드리 노드(S-gNB 또는 SN)로 오리지널 패킷을 복제한 복제 패킷을 전달하여, 적어도 하나의 세컨드리 노드(S-gNB)가 마스터 노드(M-gNB)와 함께 패킷을 사용자 단말(UE)로 전송하도록 한다.

[0026] 도 2를 참조하면, 채널 상태 측정부(110), 패킷 신뢰도 조건 판별부(120), 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부(130) 및 지연 시간 조건 판별부(140)를 포함할 수 있다.

[0027] 우선 채널 상태 측정부(110)는 다수의 접속 노드(gNB) 각각과 사용자 단말(UE) 사이의 채널 상태를 확인한다. 다수의 접속 노드(gNB) 각각은 기지정된 주기 또는 요구되는 시점에 사용자 단말(UE)과의 채널 상태를 측정하여 채널 상태 정보를 획득한다. 그리고 적어도 하나의 세컨드리 노드 각각은 획득된 채널 상태 정보를 마스터 노드로 전달하고, 마스터 노드에 구비된 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치의 채널 상태 측정부(110)는 다수의 접

속 노드(gNB) 각각에서 획득된 채널 상태 정보를 수집할 수 있다. 이때, 채널 상태 정보는 일 예로 다수의 접속 노드(gNB) 각각과 사용자 단말(UE) 사이의 무선 채널 상태를 나타내는 지표로서 기준 신호(reference signal)에 대한 SINR(signal-to-interference-plus-noise ratio)(γ_i)이 이용될 수 있다.

[0028] 다수의 접속 노드(gNB)에 대한 채널 상태 정보가 획득되면, 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 장치는 획득된 채널 상태 정보와 각 접속 노드(gNB_i, 여기서 $i = \{1, 2, \dots, N\}$)에 기지정된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 URLLC 지연 시간 조건과 URLLC 패킷 신뢰도(패킷 전송 성공률)를 판단한다.

[0029] 지연시간 조건 판별부(140)는 URLLC 지연 시간 조건(d)을 만족하도록 다수의 접속 노드(gNB) 각각에 요구되는 최대 HARQ 지연 시간($T_{\text{HARQ},i}$)을 HARQ 지연 시간 모델에 기초하여 판별한다.

[0030] 각 접속 노드(gNB_i)에 대한 최대 HARQ 지연 시간($T_{\text{HARQ},i}$)을 계산하기 위해서는 먼저 다수의 접속 노드 각각에서 패킷이 해당 접속 노드의 PHY 계층에 도착했을 때부터, 패킷이 사용자 단말(UE)에 전송되어 디코딩될 때까지의 시간을 나타내는 단일 전송 시간(one-shot transmission time)(T_{one})을 확인해야 한다. 단일 전송 시간(one-shot transmission time)(T_{one})은 수학적 식 1에 따라 계산될 수 있다.

수학적 식 1

$$T_{\text{one},i} = T_{\text{DL_align}} + T_{\text{gNB_proc},i} + T_{\text{DL_Tx},i} + T_{\text{UE_proc}}$$

[0032] (여기서 $T_{\text{one},i}$ 는 제i 접속 노드의 단일 전송 시간, $T_{\text{DL_align}}$ 은 하향 링크 패킷 정렬 시간, $T_{\text{gNB_proc},i}$ 은 해당 접속 노드의 처리 시간, $T_{\text{DL_Tx},i}$ 는 다운링크 접속 시간(= 전송 시간 간격(TTI)), $T_{\text{UE_proc}}$ 은 사용자 단말(UE)의 처리 시간을 나타낸다.)

[0033] 그리고 패킷이 전송 실패한 경우, 각 접속 노드(gNB_i)에서는 HARQ에 의해 재전송이 수행되며, 각 접속 노드(gNB_i)가 현재 설정된 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)에 따라 HARQ 재전송을 수행함으로써 발생할 수 있는 접속 노드별 최대 HARQ 지연 시간($T_{\text{HARQ},i}$)을 확인한다. 각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 지연 시간($T_{\text{HARQ},i}$)은 도 3에 도시된 바와 같이, 각 재전송 시마다 사용자 단말(UE)로부터 수신된 응답(ACK)에 대한 시간이 추가되어야 하므로, 수학적 식 2로 계산될 수 있다.

수학적 식 2

$$T_{\text{HARQ},i} = T_{\text{one},i} + (M_i - 1)(T_{\text{ACK_align}} + T_{\text{ACK_Tx}} + T_{\text{one},i})$$

[0035] (여기서 $T_{\text{ACK_align}}$ 은 응답(ACK) 정렬 시간, $T_{\text{ACK_Tx}}$ 는 상향 링크 응답(ACK) 전송 시간을 나타낸다.)

[0036] 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)의 마지막 재전송 시에는 사용자 단말(UE)로부터의 응답(ACK) 확인이 불필요하므로, 수학적 식 2에서는 ($M_i - 1$)이 가중되고 최대 HARQ 지연 시간($T_{\text{HARQ},i}$)이 1회 가산된 형태로 나타난다.

[0037] HARQ 재전송에 의한 최악의 경우에도 최대 HARQ 지연 시간($T_{\text{HARQ},i}$)은 URLLC 지연시간 조건(d)보다 작아야 하므로, 최대 HARQ 지연 시간($T_{\text{HARQ},i}$)은 수학적 식 3을 만족해야 한다.

수학적 식 3

$$T_{\text{HARQ},i} \leq d$$

[0039] 한편, 패킷 신뢰도 조건 판별부(120)는 기지정된 최대 HARQ 재전송 횟수에 따른 URLLC 패킷 신뢰도 조건을 판별

한다. HARQ 재전송 동작 시 각 접속 노드(gNB_i)에서의 패킷 손실은 이용 가능한 모든 재전송이 실패한 경우에 발생하므로, 각 접속 노드(gNB_i)에서의 패킷 손실률(P_{out,i})은 수학적 4에 따라 계산될 수 있다.

수학적 4

$$P_{out,i} = \prod_{m=1}^{M_i} p_{i,m}$$

여기서 p_{i,m} 은 제i 접속 노드에서 m번째 HARQ 전송 시의 패킷 오류율(Packet Error Rate: PER)을 나타낸다.

그리고 수학적 4에서 각 접속 노드(gNB_i)의 패킷 오류율(p_{i,m})은 채널 상태 측정부(110)에서 수집된 각 접속 노드(gNB_i)에 대한 채널 상태 정보인 SINR(γ_i)을 이용하여 수학적 5에 따라 계산될 수 있다.

수학적 5

$$p_{i,m} = \begin{cases} 1 & \text{if } 0 \leq \gamma_i < \gamma_{th,m} \\ a_{n,m} \exp(-g_{n,m} \gamma_i) & \text{if } \gamma_i \geq \gamma_{th,m} \end{cases}$$

(여기서 γ_i 는 제i 접속 노드에서 수집된 SINR이고, a_n, g_n 및 γ_{p,m} 은 변조 코딩 기법(Modulation Coding Scheme: MCS)과 적응적 변조 및 코딩(Adaptive Modulation and Coding: AMC) 기법에 따른 m번째 HARQ 재전송시의 파라미터 값과 SINR 값으로 미리 지정된 상수값이다.)

표 1은 수학적 5의 m번째 HARQ 재전송시의 파라미터 값과 상수값의 일 예를 나타낸다.

표 1

	MCS 1	MCS 2	MCS 3	MCS 4	MCS 5
Modulation	BPSK	QPSK	QPSK	16QAM	16QAM
Code rate	1/2	2/3	5/6	2/3	5/6
Bits/symbol	1/2	4/3	5/3	8/3	10/3
a _{n,1}	4447.4	2068.5	514.7	850.9	142.9
a _{n,2}	2298.6	1344.3	3297.8	372.3	895.7
a _{n,3}	5944.9	1428.4	7247.9	3567.3	1057.1
g _{n,1}	11.104	3.315	1.759	0.816	0.339
g _{n,2}	21.012	6.997	6.196	1.895	1.657
g _{n,3}	34.203	10.569	10.224	3.378	2.706
γ _{th,1}	-1.212	3.623	5.502	9.172	11.660
γ _{th,2}	-4.337	0.127	1.164	4.946	6.131
γ _{th,3}	-5.950	-1.629	-0.608	3.841	4.105

각 접속 노드(gNB_i)에서의 패킷 손실률(P_{out,i})이 계산되면, 계산된 패킷 손실률(P_{out,i})을 바탕으로 패킷 신뢰도(R_{MC})를 수학적 6에 따라 계산할 수 있다.

수학식 6

$$R_{MC} = 1 - P_{out,1} P_{out,2} \dots P_{out,N}$$

한편, URLLC 패킷 전송 실패율 조건(8)을 기반으로 패킷 신뢰도 조건 판별부(120)는 URLLC 패킷 신뢰도 조건을 수학식 7로 계산할 수 있다.

수학식 7

$$R_{MC} \geq 1 - \delta$$

수학식 7에 따르면, URLLC 패킷 신뢰도 조건은 패킷 신뢰도(R_{MC})가 패킷 전송 성공률 조건($1 - \delta$) 이상이어야 함을 알 수 있다.

최대 HARQ 재전송 횟수 결정부(130)는 패킷 신뢰도 조건 판별부(120)에서 판별되는 수학식 7의 URLLC 패킷 신뢰도 조건과 지연 시간 조건 판별부(140)에서 계산되는 수학식 3의 URLLC 지연 시간 조건을 만족하는 범위에서 사용하는 무선 자원량이 최소가 되도록 다수의 접속 노드(gNB) 각각의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 최적화하여 결정한다.

최대 HARQ 재전송 횟수 결정부(130)는 각 접속 노드(gNB_i)에 대한 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 최적화하기 위해 우선 각 접속 노드(gNB_i)가 채널 상태에 따라 사용하는 무선 자원량(r_i)을 수학식 8에 따라 계산한다.

수학식 8

$$r_i = \frac{L}{C_i} + \frac{(Q^{-1}(p_{i,m}))^2 V(\gamma_i)}{2C_i^2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4LC_i}{V(\gamma_i)(Q^{-1}(p_{i,m}))^2}} \right)$$

(여기서 r_i 는 제 i 접속 노드가 SINR(γ_i)의 채널 상태에서 L 비트의 패킷을 패킷 오류율($p_{i,m}$)이 되도록 전송하는데 사용되는 무선 자원량을 나타내고, C_i 는 채널 무선 채널 용량으로 $C_i = \log_2(1 + \gamma_i)$ 이며, $V(\gamma_i) = (\log_2(e))^2 (1 - 1/(1 + \gamma_i))^2$ 이다. 그리고 $Q(\cdot)$ 는 Q 함수(Q-function)를 의미한다.)

그리고 모든 HARQ 재전송 시의 패킷 오류율($p_{i,m}$)이 동일하다고 가정($p_i = p_{i,1} = p_{i,2} = \dots = p_{i,M}$)하여, 각 접속 노드(gNB_i)의 평균 재전송 횟수($E[m_i]$)를 수학식 9에 따라 계산한다.

수학식 9

$$E[m_i] = 1 + p_i + p_i^2 + \dots + p_i^{M_i-1}$$

수학식 8에 따라 사용 무선 자원량(r_i)과 평균 재전송 횟수($E[m_i]$)가 계산되면, 다중 연결 네트워크에서 전체 무선 자원량에 대한 기대값($E[r_{MC}]$)을 수학식 10에 따라 계산한다.

수학식 10

$$E[r_{MC}] = E[m_1]r_1 + E[m_2]r_2 + \cdots + E[m_n]r_n$$

그리고 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부(130)는 수학식 10을 기반으로 각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)에 따른 무선 자원량 기대값(E[r_{MC}])의 변화량을 수학식 11로 계산할 수 있다.

수학식 11

$$\frac{\partial E[r_{MC}]}{\partial M_i} = - \frac{r_i \ln p_i (p_i)^{M_i}}{1 - p_i}$$

이때, 무선 자원량 기대값(E[r_{MC}])은 단조 증가 함수(monotonic increasing function)의 형태를 가지며, 각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)는 모두 정수이다.

따라서 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부(130)는 수학식 11을 기반으로 각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i) 중 무선 자원량 기대값(E[r_{MC}])의 변화량을 더 적게 증가시키는 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 수학식 7의 패킷 신뢰도 조건과 수학식 3의 지연 시간 조건이 만족될 때까지 교대로 반복적으로 증가시킨다. 그리고 패킷 신뢰도 조건과 지연 시간 조건을 만족시키는 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)의 최소값을 탐색하여, 탐색된 최대 HARQ 재전송 횟수를 각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)로 결정한다.

구체적으로 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부(130)는 우선 각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 기 지정된 횟수로 초기화한다. 그리고 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)의 초기값이 URLLC 요구 조건을 만족하는지 판별한 후, URLLC 요구 조건을 만족하지 못하면, 각 접속 노드(gNB_i)의 자원 사용량을 계산하여 가장 적은 자원 사용량을 갖는 접속 노드(gNB_i)부터 교대로 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 기 지정된 단위(여기서는 일 예로 1)로 증가시킨다. 일 예로 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부(130)는 다수의 접속 노드(gNB) 중 하나의 접속 노드(gNB_i)를 무선 자원량 기대값(E[r_{MC}])의 변화량이 작은 접속 노드부터 교대로 선택하여 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 증가시키고, 증가된 기반으로 URLLC 요구조건 중 URLLC 지연시간 조건을 만족하는지 여부를 다시 판별하여, 만족시키지 못한다면 선택된 접속 노드(gNB_i)를 선택하여 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 복구시키고 다른 접속 노드(gNB_j)를 선택하여 최대 HARQ 재전송 횟수(M_j)를 증가시켜, URLLC 지연시간 조건을 만족하는지 여부를 반복적으로 판별한다. 만일 모든 접속 노드(gNB)가 URLLC 지연시간 조건을 만족하지 못하는 것으로 판별되면, URLLC 요구조건을 만족하는 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)가 존재하지 않는 것으로 판단한다.

반면, 선택된 접속 노드(gNB_i)의 증가된 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)가 URLLC 지연시간 조건을 만족시키면, 선택된 접속 노드(gNB_i)의 증가된 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)로 업데이트하고, 업데이트된 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 기반으로 URLLC 요구 조건 중 나머지인 URLLC 패킷 신뢰도 조건을 만족하는지 판별한다. 만일 URLLC 패킷 신뢰도 조건 또한 만족하는 것으로 판별되면, 현재 각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 최적의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)인 것으로 결정한다. 그러나 URLLC 패킷 신뢰도 조건을 만족하지 못하는 것으로 판별되면, 업데이트된 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 기반으로 각 접속 노드(gNB_i)의 무선 자원량 기대값(E[r_{MC}])의 변화량을 계산하여, 다시 무선 자원량 기대값(E[r_{MC}])의 변화량이 작은 접속 노드부터 교대로 선택하여 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 증가시키는 과정을 반복한다.

이러한 과정을 통해 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부(130)는 URLLC 요구 조건을 만족하면서 최소의 무선 자원량을

사용하도록 각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 최적화시킬 수 있다.

- [0067] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법을 나타낸다.
- [0068] 본 실시예에서 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법은 우선 동일한 사용자 단말(UE)로 다수의 접속 노드(gNB)가 동일한 패킷을 전송하는 다중 연결 네트워크에서의 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법으로, 다수의 접속 노드(gNB) 중 마스터 노드(M- gNB)에서 수행될 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [0069] 도 4를 참조하면, 동일한 사용자 단말(UE)로 다수의 접속 노드(gNB)가 동일한 패킷을 전송하는 다중 연결 네트워크에서 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법은 우선 각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 기지정된 횟수로 초기화한다(S11). 이때 초기값은 자원 사용량이 최소가 되도록 설정 가능한 최소값(여기서는 일 예로, $M_i = 1$)으로 설정할 수 있다.
- [0070] 그리고 다수의 접속 노드(gNB) 각각이 채널 상태 정보로 SINR(γ_i)을 측정하고, 다수의 접속 노드(gNB) 중 하나의 접속 노드(여기서는 일 예로 마스터 노드(M- gNB))가 각 접속 노드(gNB_i)에서 측정된 채널 상태 정보를 수집한다(S12).
- [0071] 그리고 설정된 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)의 초기값을 기초로 각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 지연 시간($T_{HARQ,i}$)을 수학적 2에 따라 계산한다(S13).
- [0072] 또한 각 접속 노드(gNB_i)의 패킷 손실률($P_{out,i}$)을 수학적 4에 따라 계산한다(S14). 각 접속 노드(gNB_i)의 패킷 손실률($P_{out,i}$)이 계산되면, 계산된 패킷 손실률($P_{out,i}$)에 따른 다중 연결 네트워크의 패킷 신뢰도(R_{MC})를 수학적 6에 따라 계산한다(S15).
- [0073] 이후 계산된 최대 HARQ 지연 시간($T_{HARQ,i}$)과 패킷 신뢰도(R_{MC})가 URLLC 요구 조건을 만족하는지 판별한다(S16). 즉 각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 지연 시간($T_{HARQ,i}$) 중 적어도 하나가 수학적 3의 URLLC 지연시간 조건을 만족하고, 다중 연결 네트워크의 패킷 신뢰도(R_{MC})가 수학적 7의 URLLC 패킷 신뢰도 조건을 만족하는지 판별한다.
- [0074] 만일 URLLC 요구 조건을 만족하는 것으로 판별되면, 현재 설정된 초기값을 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)로 결정한다(S17). 그러나 URLLC 요구 조건을 만족하지 못하는 것으로 판별되면, 각 접속 노드(gNB_i)가 사용하는 무선 자원량(r_i)을 수학적 8에 따라 계산한다(S18). 즉 모든 접속 노드(gNB)의 최대 HARQ 지연 시간($T_{HARQ,i}$)이 URLLC 지연시간 조건(d)을 초과하거나 다중 연결 네트워크의 패킷 신뢰도(R_{MC})가 패킷 전송 성공률 조건($1-\delta$) 미만이면, 사용 무선 자원량(r_i)을 계산한다. 그리고 각 접속 노드(gNB_i)의 평균 재전송 횟수($E[m_i]$)를 수학적 9에 따라 계산한다(S19). 각 접속 노드(gNB_i)의 사용 무선 자원량(r_i)과 평균 재전송 횟수($E[m_i]$)가 계산되면, 다중 연결 네트워크에서 전체 무선 자원량에 대한 기대값($E[r_{MC}]$)을 수학적 10에 따라 계산하고, 각 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)에 따른 전체 무선 자원량에 대한 기대값($E[r_{MC}]$)의 변화량을 수학적 11에 따라 계산한다(S20).
- [0075] 그리고 전체 무선 자원량에 대한 기대값($E[r_{MC}]$)의 변화량을 최소화하는, 즉 가장 작게 증가시키는 순서로 다수의 접속 노드(gNB)를 정렬하고, 다수의 접속 노드(gNB)를 정렬된 순서에 따라 교대로 선택하고, 선택된 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 기지정된 최소 단위(여기서는 일 예로 1)로 증가시킨다(S22).
- [0076] 그리고 증가된 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 기반으로 수학적 2에 따라 최대 HARQ 지연 시간($T_{HARQ,i}$)을 다시 계산하여, 수학적 3의 URLLC 지연시간 조건을 만족하는지 판별한다(S23). URLLC 지연시간 조건을 만족하지 않는 것으로 판별되면, 모든 접속 노드(gNB)에 대한 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 교대로 증가시켰는지 판별한다(S23). 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)가 증가되지 않은 접속 노드(gNB)가 존재하는 것으로 판별되면, 증가된 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 이전 값으로 복구하고 정렬된 순서에 따라 다음 접속 노드(gNB)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 증가시켜(S22), URLLC 지연시간 조건을 만족하는지 판별한다(S23).
- [0077] 반면, 선택된 접속 노드(gNB_i)의 증가된 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)에 따라 계산된 최대 HARQ 지연 시간($T_{HARQ,i}$)

이 URLLC 지연시간 조건을 만족하는 것으로 판별되면, 증가된 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 선택된 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)로 업데이트하고, 업데이트된 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 기반으로, 다시 선택된 접속 노드(gNB_i)의 패킷 손실률($P_{out,i}$)을 수학적 식 4에 따라 계산한다(S14). 그리고 다중 연결 네트워크의 패킷 신뢰도(R_{uc})를 계산하여(S15), 패킷 신뢰도(R_{uc})가 URLLC 요구 조건을 만족하는지 판별한다(S16).

[0078] URLLC 요구 조건을 만족하면, 업데이트된 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 선택된 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)로 결정하고, 나머지 접속 노드(gNB_i)의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)는 이전 상태로 결정한다(S17). 그러나 URLLC 요구 조건을 만족하지 못하면, 다시 전체 무선 자원량에 대한 기대값($E[r_{uc}]$)의 변화량에 기초하여 접속 노드(gNB)를 순차적으로 교대로 선택하여, 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 증가시킨다.

[0079] 결과적으로 본 실시예에 따른 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법은 다수의 접속 노드(gNB) 각각의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 전체 무선 자원량에 대한 기대값($E[r_{uc}]$)의 변화량이 최소로 증가하는 순서로 증가시키면서, URLLC 요구 조건을 만족하는지 여부를 판별함으로써, URLLC 요구 조건을 만족하면서 최소한의 무선 자원량을 사용하도록 다수의 접속 노드(gNB) 각각의 최대 HARQ 재전송 횟수(M_i)를 판별할 수 있다.

[0080] 도 5는 도 4의 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법을 구현하기 위한 소프트웨어 알고리즘의 일 예를 나타낸다.

[0081] 도 5는 도 1에 도시된 바와 같이, 2개의 접속 노드(gNB)가 동일한 사용자 단말(UE)로 동일한 패킷을 전송하는 이중 연결 네트워크에 대해 도 4의 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법을 적용한 알고리즘을 나타낸다.

[0082] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 최적 HARQ 재전송 횟수 판별 방법은 간단한 알고리즘에 따라 컴퓨터 프로그램 형태로 구현될 수 있으며, 접속 노드(gNB)의 개수가 많은 경우에도 효과적으로 최대 HARQ 재전송 횟수를 최적화할 수 있다.

[0083] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행시키기 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.

[0084] 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.

[0085] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0086] 110: 채널 상태 측정부

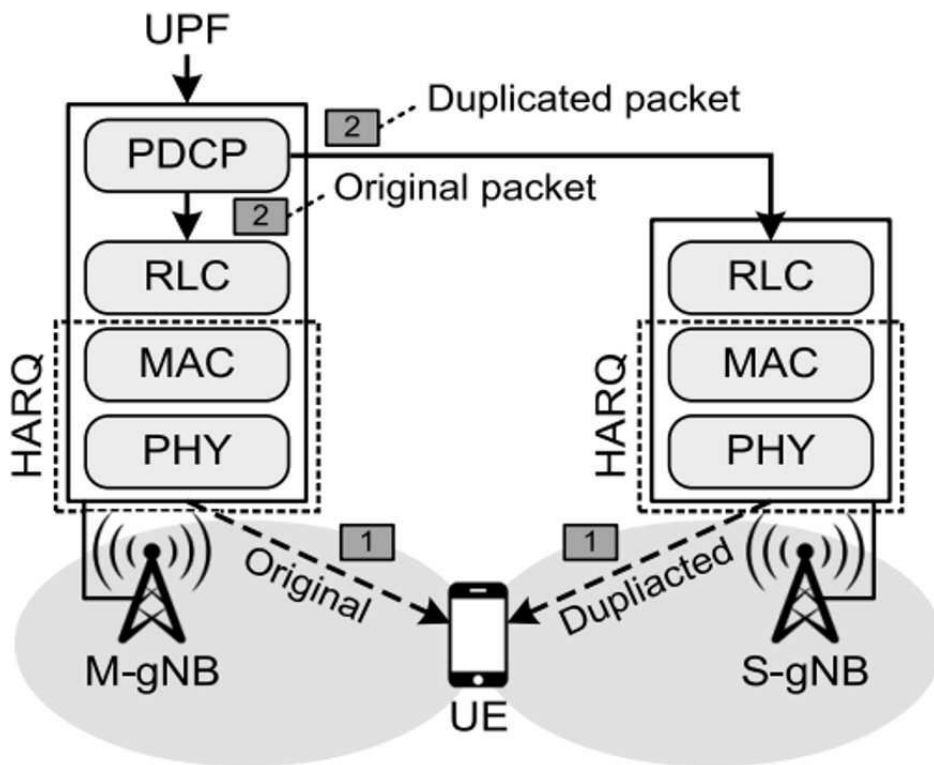
120: 패킷 신뢰도 조건 판별부

130: 최대 HARQ 재전송 횟수 결정부

140: 지연시간 조건 판별부

도면

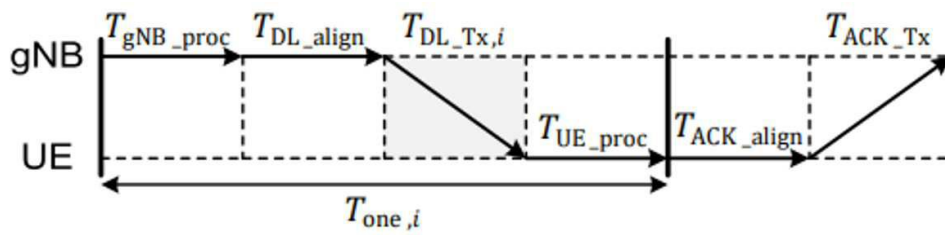
도면1



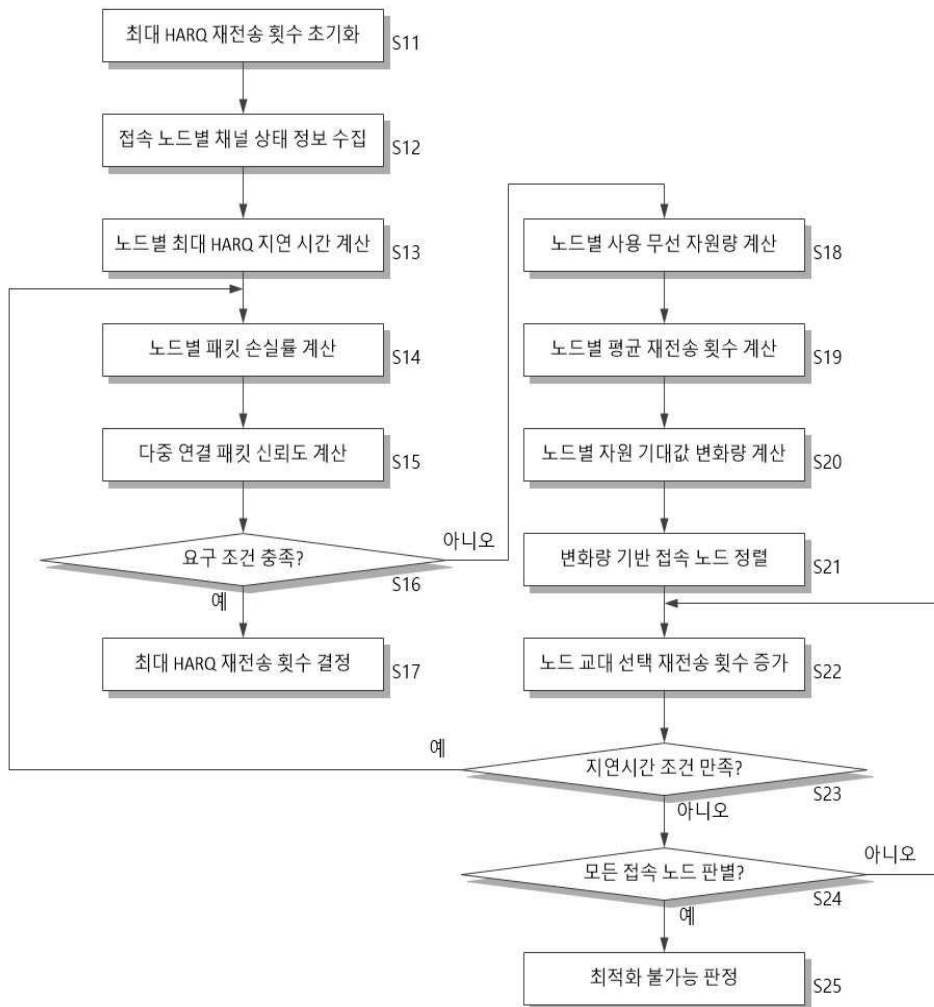
도면2



도면3



도면4



도면5

Algorithm 1: DRO Algorithm

Input: SINR measurement γ_1, γ_2
Output: maximum transmission M_1, M_2

```

1 Initialize  $M_1 = 1, M_2 = 1$ 
2 while do
3   for gNB  $i \in \{1, 2\}$  do
4     Compute  $p_i, r_i, T_{DL\_Tx,i}$ 
5     Compute maximum latency  $T_{HARQ,i}$ 
6   Compute packet reliability  $R_{DC}$ 
7   if  $R_{DC} \geq 1 - \delta$  and  $T_{HARQ,i} \leq d$  then
8     Terminate the loop (optimal solution)
9   else
10    Compute  $\frac{\partial \mathbb{E}[r_{DC}]}{\partial M_i}$ 
11    Select  $j = \arg \min_i \left( \frac{\partial \mathbb{E}[r_{DC}]}{\partial M_i} \right)$ 
12    Increase  $M_j \leftarrow M_j + 1$ 
13    Update maximum latency  $T_{HARQ,j}$ 
14    if  $T_{HARQ,j} > d$  then
15      Decrease  $M_j \leftarrow M_j - 1$ 
16      Increase  $M_k \leftarrow M_k + 1$  for  $k \neq j$ 
17      Update maximum latency  $T_{HARQ,k}$ 
18      if  $T_{HARQ,k} > d$  then
19        Terminate the loop (there exist no
        feasible solution)

```
