



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년03월08일
(11) 등록번호 10-1835387
(24) 등록일자 2018년02월28일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 72/12 (2009.01) *H04L 1/16* (2006.01)
H04W 88/02 (2009.01)
- (21) 출원번호 10-2011-0041044
(22) 출원일자 2011년04월29일
심사청구일자 2016년04월28일
(65) 공개번호 10-2012-0122715
(43) 공개일자 2012년11월07일
- (56) 선행기술조사문헌
US20110038264 A1*
US20060034285 A1*
US20080267168 A1*
US20060104313 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 14 항

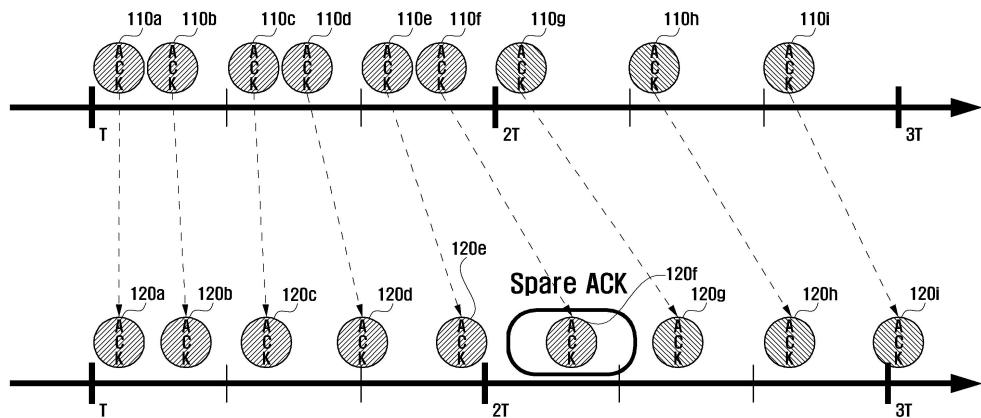
심사관 : 최상호

(54) 발명의 명칭 단말기 및 그 단말기에서 자원 스케줄링 방법

(57) 요약

본 발명은 단말기 및 그 단말기에서 자원을 스케줄링하는 방법에 관한 것으로, 수신된 세그먼트에 대한 ACK를 피드백하기 위한 피드백 전송 주기가 도래하면, 세그먼트 전송량의 변화에 따른 변동 레벨을 산출하는 과정과, 상기 산출된 변동 레벨이 스페어 ACK를 축적하여 스케줄링하기 위한 스케줄링 임계값보다 크지 판단하는 과정과, 상기 변동 레벨이 상기 스케줄링 임계값보다 크면, 상기 스페어 ACK 축적 및 상기 ACK를 전송하기 위한 ACK 스케줄링을 수행하는 과정으로 구성된다. 따라서 무선 채널의 변동 및 scheduling delay에 의한 TCP sender의 spurious timeout의 발생 확률을 감소시킬 수 있다.

대표 도



(72) 발명자

안우진

서울특별시 은평구 서오릉로13길 18-1, 3층 (구산
동)

박경민

부산광역시 북구 백양대로 1003, 현대아파트 102동
1104호 (구포동)

명세서

청구범위

청구항 1

단말기의 자원 스케줄링 방법에 있어서,

기지국으로부터 적어도 하나의 세그먼트를 수신하는 과정과,

상기 적어도 하나의 수신된 세그먼트에 대한 ACK를 피드백하기 위한 피드백 전송 주기가 도래하면, 이전 피드백 전송 주기에 수신된 세그먼트 총량과 상기 피드백 전송 주기 동안 수신된 세그먼트의 총량의 변화를 기반으로 변동 레벨을 산출하는 과정과,

상기 변동 레벨을 기반으로 딜레이 값을 결정하는 과정과,

상기 변동 레벨이 기 설정된 스케줄링 임계값보다 크면, 상기 결정된 딜레이 값을 기반으로 상기 수신된 세그먼트에 대한 ACK를 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 ACK를 전송하는 과정은

상기 결정된 딜레이 값을 기반으로 다음 피드백 전송 주기에 수신되는 세그먼트에 대응되는 ACK들에 대한 ACK 전송 간격을 산출하는 과정과,

상기 산출된 ACK 전송 간격을 기반으로 상기 ACK를 전송하고, 상기 전송 간격을 기반으로 넘는 스페어 ACK를 축적하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

다음 피드백 전송 주기가 도래하면, 상기 축적된 스페어 ACK 축적양을 확인하는 과정과,

상기 스페어 ACK 축적양을 기반으로 상기 ACK를 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 ACK를 전송하는 과정은

상기 스페어 ACK 축적양이 상기 스페어 ACK가 최대로 축적될 수 있는 양으로 설정된 축적 최대 임계값 보다 큰지 판단하는 과정과,

상기 스페어 ACK 축적양이 상기 축적 최대 임계값보다 작으면, 상기 스페어 ACK 축적양이 상기 스페어 ACK가 최소로 축적될 수 있는 양으로 설정된 축적 최소 임계값보다 큰지 판단하는 과정과,

상기 스페어 ACK 축적양이 상기 축적 최소 임계값보다 작으면, 상기 딜레이 값을 및 전송 간격을 산출하는 과정과,

상기 산출된 전송 간격을 기반으로 ACK를 전송하고, 남은 스페어 ACK를 축적하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 스페어 ACK 축적양이 상기 축적 최소 임계값보다 크면, 바로 직전 피드백 전송 주기에서의 ACK 전송 속도를 기반으로 ACK를 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 스페어 ACK 축적양이 상기 축적 최대 임계값 보다 크면, 바로 직전 피드백 전송 주기에서 세그먼트 수신 속도를 확인하는 과정과,

상기 확인된 세그먼트 수신 속도와 바로 직전의 피드백 전송 주기에서의 ACK전송 속도를 비교하는 과정과,

상기 비교 결과를 기반으로 상기 ACK를 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 스케줄링된 ACK를 전송하고, 그 다음 피드백 전송 주기가 도래하면, 상기 피드백 전송 주기의 변동 레벨을 산출하는 과정과,

상기 산출된 변동 레벨과 스케줄링 임계값을 비교하는 과정과,

상기 변동 레벨이 상기 스케줄링 임계값보다 크면, 상기 스페어 ACK 축적양이 축적 유지 임계값보다 큰지 판단하는 과정과,

상기 스페어 ACK 축적양과 상기 축적 유지 임계값의 크기 판단 결과를 기반으로 상기 스페어 ACK를 축적하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 방법.

청구항 8

기지국으로부터 적어도 하나의 세그먼트를 수신하는 통신부와

상기 적어도 하나의 수신된 세그먼트에 대한 ACK를 피드백하기 위한 피드백 전송 주기가 도래하면, 이전 피드백 전송 주기에 수신된 세그먼트 총량과 상기 피드백 전송 주기 동안 수신된 세그먼트의 총량의 변화를 기반으로 변동 레벨을 산출하고, 상기 변동 레벨을 기반으로 딜레이 값을 결정하고, 상기 변동 레벨이 기 설정된 스케줄링 임계값보다 크면, 상기 결정된 딜레이 값을 기반으로 상기 수신된 세그먼트에 대한 ACK를 전송하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 단말기.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 제어부는

상기 결정된 딜레이 값을 기반으로 다음 피드백 전송 주기에 수신되는 세그먼트에 대응되는 ACK들에 대한 ACK 전송 간격을 산출하며, 상기 산출된 ACK 전송 간격을 기반으로 상기 ACK를 전송하고, 상기 전송 간격을 기반으로 남는 스페어 ACK를 축적하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 단말기.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제어부는

다음 피드백 전송 주기가 도래하면, 상기 제어부에 축적된 스페어 ACK 축적양을 확인하고, 상기 확인된 스페어 ACK 축적양을 기반으로 상기 ACK를 전송하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 단말기.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 제어부는

상기 스페어 ACK 축적양이 상기 스페어 ACK가 최대로 축적될 수 있는 양으로 설정된 축적 최대 임계값 보다 큰지 판단하고, 상기 스페어 ACK 축적양이 상기 축적 최대 임계값보다 작으면, 상기 스페어 ACK 축적양이 상기 스페어 ACK가 최소로 축적될 수 있는 양으로 설정된 축적 최소 임계값보다 큰지 판단하여, 상기 스페어 ACK 축적 양이 상기 축적 최소 임계값보다 작으면, 상기 딜레이 값을 및 전송 간격을 산출하고, 상기 산출된 전송 간격을 기반으로 ACK를 전송하고, 남은 스페어 ACK를 축적하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 단말기.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 제어부는

상기 스페어 ACK 축적양이 상기 축적 최소 임계값보다 크면, 바로 직전 피드백 전송 주기에서의 ACK 전송 속도를 기반으로 ACK를 전송하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 단말기.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 제어부는

상기 스페어 ACK 축적양이 상기 축적 최대 임계값 보다 크면, 바로 직전 피드백 전송 주기에서 세그먼트 수신 속도를 확인하고, 상기 세그먼트 수신 속도와 바로 직전의 피드백 전송 주기에서의 ACK 전송 속도를 비교하고, 상기 비교 결과를 기반으로 상기 ACK를 전송하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 단말기.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 제어부는

상기 스케줄링된 ACK를 전송하고, 그 다음 피드백 전송 주기가 도래하면, 상기 피드백 전송 주기의 변동 레벨을 산출하고, 상기 변동 레벨과 스케줄링 임계값을 비교하여 상기 변동 레벨이 스케줄링 임계값보다 크면, 상기 스페어 ACK 축적양이 축적 유지 임계값보다 큰지 판단하여, 상기 스페어 ACK 축적양과 상기 축적 유지 임계값의 크기 판단 결과를 기반으로 상기 스페어 ACK를 축적하는 것을 특징으로 하는 자원 스케줄링 단말기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 단말기 및 그 단말기에서 자원을 스케줄링 하는 방법에 대한 것으로서, 특히 단말기에서 기지국으로부터 수신된 데이터에 대한 Ack를 전송하기 위해 스케줄링 하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] TCP(Transmission Control Protocol)는 sender의 전송 속도(transmission rate)를 조절함으로써 한정된 대역폭(bandwidth)을 효율적으로 이용하고, 네트워크의 오버로딩(overloading)을 방지하는 것을 목적으로 개발되었다. TCP에서 sender가 전송하는 패킷(packet)의 Packet Sequence Number(PSN)과 그에 대응하여 수신되는 ACK에 따라 Round Trip Time(RTT)을 추적하여 패킷 전송 방법을 달리한다. 따라서 네트워크 혼잡도가 낮은 경우에는 sender는 slow start, congestion avoidance 등의 기법을 통해 congestion window를 증가시켜 동시 전송하는 packet 수를 증가시키고, 반대로 route 상의 네트워크가 혼잡하여 패킷 손실(packet loss)이 발생하면 time-out, window halving 등의 방법으로 congestion window를 감소시켜 전송 속도(transmission rate)를 감소시킨다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] TCP 기법은 유선 통신 환경을 기반으로 개발된 기법으로, 무선 통신 환경의 특성을 반영되지 않은 상태에서 사용됨으로 불필요한 성능 열화가 빈번하게 발생한다. 일반적으로 유선 통신 환경에서는 패킷 에러(packet error)나 라우터(router)의 버퍼 오버플로우(buffer overflow)에 의한 패킷 손실이 타임 아웃(Time-out)이나 윈도우 헬빙(window halving)을 발생시키는 주된 요인이 된다. 그러나 end-user 단에 무선 네트워크가 추가되는 경우, 한정된 자원을 여러 단말기가 공유함에 따라 자원 분배에 따른 대기 시간(latency)이 유선 환경보다 크게 나타날 수 있다. 또한 채널 상태가 악화되는 경우, 자원 분배 상황과 관련 없이 많은 양의 데이터가 전송될 수 없다.

[0004] 이러한 경우 실제로 패킷 손실이 발생하지 않았지만, 무선 네트워크에 의한 delay spike에 의해 불필요한 time-out(spurious time-out)이 발생하게 된다. 즉, RTT가 증가하였을 뿐 실제로 ACK이 기지국에 도착할 상황임에도 불구하고, sender는 패킷 손실에 의한 time-out을 선언하여 불필요하게 congestion window를 감소시키게 된다.

TCP의 기본적인 기능으로 일정 부분 제어는 가능하지만, 단말기의 이동성(mobility)나 채널 변동(channel fluctuation)이 크게 발생하면 spurious time-out의 확률이 크게 나타난다.

[0005] 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 발명은 단말기 및 그 단말기에서 자원을 스케줄링하여, 기지국으로 전송하는 방법을 제안한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 발명의 자원 스케줄링 방법은 수신된 세그먼트에 대한 ACK를 피드백하기 위한 피드백 전송 주기가 도래하면, 세그먼트 전송량의 변화에 따른 변동 레벨을 산출하는 과정과, 상기 산출된 변동 레벨이 스페어 ACK를 축적하여 스케줄링하기 위한 스케줄링 임계값보다 큰지 판단하는 과정과, 상기 변동 레벨이 상기 스케줄링 임계값보다 크면, 상기 스페어 ACK 축적 및 상기 ACK를 전송하기 위한 ACK 스케줄링을 수행하는 과정을 포함한다.

[0007] 또한 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 발명의 자원 스케줄링 단말기는 수신된 세그먼트에 대한 ACK를 피드백하기 위한 피드백 전송 주기가 도래하면, 세그먼트 전송량의 변화에 따른 변동 레벨을 산출하는 변동 레벨 산출부와, 상기 산출된 변동 레벨이 스페어 ACK를 축적하여 스케줄링하기 위한 스케줄링 임계값보다 큰지 판단하고, 상기 변동 레벨이 상기 스케줄링 임계값보다 크면, 상기 스페어 ACK 축적 및 상기 ACK를 전송하기 위한 ACK 스케줄링을 수행하는 ACK 스케줄링부를 포함한다.

발명의 효과

[0008] 본 발명은 무선 채널의 변동 및 scheduling delay에 의한 TCP sender의 spurious time-out의 발생 확률을 감소 시킬 수 있다. 그러기 위해 유선환경보다 상대적으로 큰 RTT를 전달 수 있도록 sender 측에서 큰 RTO 값을 확보하게 하며, receiver에 도착하는 실제 data arrival interval과 관계없이 receiver 측에서 ACK 전송 간격이 균일하게 스케줄링된다. 이러한 과정을 통해 무선 환경에서 빈번하게 나타나는 delay spike나 high RTT variance 문제를 해결할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 축적된 Ack를 전송하는 방법을 도시한 도면.

도 2는 본 발명에 따라 주기적으로 전송되는 Ack를 도시한 도면.

도 3은 본 발명에 따라 축적되는 Ack의 양을 도시한 도면.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 단말기의 구성을 도시한 도면.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 Ack 스케줄링 방법을 도시한 도면.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 스케줄링을 결정하기 위한 변동 레벨을 산출하는 방법을 도시한 도면.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 스페어 Ack를 축적하는 방법을 도시한 도면.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 스페어 Ack 축적량에 따른 스케줄링 방법을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 동작 원리를 상세히 설명한다. 하기에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0011] delay injection 기법은 특정 시간 간격마다, ACK 전송시, 특정 크기의 인위적인 delay가 삽입된다. TCP sender 측의 전송 타이머(retransmission timer; RTO)는 순차적으로 도착하는 ACK에 해당하는 RTT(Round Trip Time)의 평활 평균(smoothed average)와 평균 편차(mean deviation)의 합의 형태로 결정된다. 이때 평균 편차 값에 의한 RTO의 증가분이 크기 때문에, sender는 인위적으로 허용될 수 있는 정도의 적은 편차(deviation)를 발생시켜 상대적으로 큰 RTO 값을 확보한다. delay injection 기법은 delay를 삽입하는 시점과 delay 양의 randomness의 여부에 따라 Fixed Time-Fixed Delay(FTFD), Random Time-Fixed Delay(FTRD), Fixed Time-

Random Delay(FTRD), Random Time-Random Delay로 나뉜다.

[0012] 본 발명은 delay injection을 이용하여 불필요한 대역폭(bandwidth)의 낭비를 최소화하기 위하여 무선 환경의 변화에 따라 Ack를 전송할 수 있도록 고안되었다. 좀 더 상세히 설명하면, 단말기는 채널 변동 레벨(channel fluctuation level)과 과거 시점의 세그먼트 수신 속도(Segment Arrival Rate; SAR)와 Ack 전송 속도(ACK Departure Rate; ADR) 등의 정보를 이용하여 구체적인 delay injection 시점과 delay 값을 결정할 수 있다. 또한 본 발명은 기술 구현의 편의성을 도모하기 위하여 단말기에서 모든 동작이 처리되며, 기존의 TCP 기술의 변경이 없도록 하였다.

[0013] 이를 실현하기 위해 본 발명의 구성은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 TCP receiver가 delay를 서서히 증가시켜 TCP sender의 RTO를 증가시키는 과정이다. 위의 과정에서는 채널 변동 레벨에 따라 증가값(ramping factor) r 을 결정하고, r 에 의해 결정된 수식에 따라 delay가 서서히 증가된다. ACK 전송에 delay가 추가되면, sender 측은 증가한 RTT에 반응하여 RTO를 증가시키게 된다. 이때 Ramping-up 형태의 delay가 추가되기 때문에 인위적인 delay 삽입에 의한 time-out의 발생 가능성이 최소화된다.

[0014] 두 번째는 TCP receiver의 ACK 전송 간격(transmission interval)을 균일하게 맞추기 위하여 delay injection에 의해 전송이 지연된 ACK을 축적 및 소모하는 과정이다. ACK 전송이 지연되면, 단말기의 버퍼에 전송 대기 상태인 ACK이 축적된다. 따라서 채널 변동이 심하여 channel quality가 떨어져서 SAR이 급격하게 감소되면, 단말기는 축적된 ACK(Spare ACK)를 이용하여 이전과 비슷한 간격으로 ACK를 전송하여 RTT를 유지할 수 있다. 또한 channel quality가 급격하게 좋아져서 SAR이 높아진 경우에도 단말기는 ADR을 바로 증가시키지 않고 채널 변동 정도를 고려하여 이전과 비슷한 수준으로 ADR을 유지하여 spare ACK를 축적한다.

[0015] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 축적된 Ack를 전송하는 방법을 도시한 도면이다.

[0016] 도 1을 참조하면, 기지국과 단말기 간에 수신된 세그먼트에 대한 채널 상태 정보를 피드백하기 위해 T라는 주기로 CQI 피드백(periodic CQI(Channel Quality Indicator) feedback)을 수행하는 네트워크에서 2T 시점 이후에 channel quality가 감소하여 전송되는 segment가 이전 대비 절반으로 떨어졌을 경우, 2T 이후에 전송되는 ACK의 간격이 두 배 이상으로 증가할 수 있다. 즉 T 주기에 6개의 ACK(110a, 110b, 110c, 110d, 110e, 110f)가 전송되고, channel quality에 따라 2T 주기에서는 3개의 ACK(110g, 110h, 110i)가 전송될 수 있다.

[0017] 이러한 경우 단말기가 ACK 전송에 delay를 삽입하게 되면, T주기에 전송되는 ACK(120a, 120b, 120c, 120d, 120e, 120f) 중 120f가 단말기의 버퍼에 남게 된다. 이렇게 버퍼에 남아있는 ACK는 스페어(spare) ACK로 사용 가능하다. 따라서 2T 이후에 수신된 세그먼트가 감소한 상황에서도 단말기는 T 시점에서 축적된 스페어 ACK인 120f를 이용하여 이전 주기(period)와 비슷한 수준으로 ACK 전송 간격을 유지할 수 있다. 스페어 ACK를 축적하여 전송하는 과정들은 CQI feedback period 단위로 동작하며, CQI feedback에 따른 자원 할당과 segment 전송량의 변화(variance)가 특정치 이상이 된 경우에 단말에 의해 동작을 시작한다.

[0018] 채널 상태에 따라 ACK를 delay시켜 스페어 ACK를 축적시키는 방법은 다음과 같이 수행될 수 있다.

[0019] 단말기는 k 개 이전 주기의 세그먼트 전송량 정보(a)를 유지한다. 여기서 세그먼트 전송량은 하나의 주기에 수신된 TCP 세그먼트 수로 정의된다. 현재 주기인 nT 시점을 기준으로 바로 두 개 이전 주기의 세그먼트 전송량을 a_{nT} , $a_{(n-1)T}$ 라 가정한 경우, 세그먼트 전송량의 변화율을 수학식 1을 통해 산출한다.

수학식 1

$$\frac{\max(a_{nT}, a_{(n-1)T})}{\min(a_{nT}, a_{(n-1)T})}$$

[0020] 수학식 1을 통해 산출된 변화율을 k 개 이전 주기에서 세그먼트 전송량의 변화량을 프로덕트(product) 형태로 구하여 nT 시점의 변동 레벨(fluctuation level)을 수학식 2를 통해 구한다.

수학식 2

$$A_{nT} = \frac{\max(a_{nT}, a_{(n-1)T})}{\min(a_{nT}, a_{(n-1)T})} \cdot \frac{\max(a_{(n-1)T}, a_{(n-2)T})}{\min(a_{(n-1)T}, a_{(n-2)T})} \cdots \frac{\max(a_{(n-k+2)T}, a_{(n-k+1)T})}{\min(a_{(n-k+2)T}, a_{(n-k+1)T})}, \quad (1, \infty)$$

[0022]

[0023] 여기서 n 값은 1부터 ∞ 가 될 수 있다. 그리고 단말기는 산출된 변동 레벨인 A_{nT} 가 스페어 ACK를 축적하여 스케줄링하기 위한 스케줄링 임계값인 TH_A 보다 큰지 판단한다. 만약 변동 레벨이 스케줄링 임계값보다 크면, 단말기는 스페어 ACK를 축적하고, 축적된 스페어 ACK를 이용한 ACK 스케줄링을 수행한다. 그러기 위해 단말기는 변동 레벨 A_{nT} 값을 바탕으로 스케줄링 제어값(delay control value) d 를 수학식 3을 통해 구한다.

수학식 3

$$d = \left(\frac{1}{A_{nT}} \right)^{1/ck}$$

[0024]

[0025] 이때 d 는 0에서 1 사이의 값을 갖게 된다. d 가 구해지면 새로운 주기가 시작될 때, 단말기는 현재 시점 이후 다음 주기에서 SAR이 매 회 d 의 비율로 감소할 것으로 예측한다. 즉, nT 시점에서 마지막 주기의 ADR가 $ADR(nT)$ 라고 정의할 경우, 단말기는 다음 두 개의 주기에 도착할 것으로 예상되는 세그먼트 수를 각각 $d \cdot T \cdot ADR(nT)$, $d^2 \cdot T \cdot ADR(nT)$, 개로 정의할 수 있다. 그리고 단말기는 두 주기동안 수신되는 $d \cdot T \cdot ADR(nT) + d^2 \cdot T \cdot ADR(nT)$ = N 개의 세그먼트에 대응하는 ACK들에 대해 ramping up 형태로 증가하는 ACK 전송 간격을 수학식 4를 통해 산출한다.

수학식 4

$$\text{interval}^1 = d / ADR(nT)$$

$$\text{interval}^2 = \text{delay} + \text{interval}^1 = \text{delay} + d / ADR(nT)$$

$$\text{interval}^3 = \text{delay} + \text{interval}^2 = 2 \cdot \text{delay} + d / ADR(nT)$$

⋮

⋮

$$\text{interval}^N = (N-1) \cdot \text{delay} + d / ADR(nT) \quad (N = d \cdot T \cdot ADR(nT) + d^2 \cdot T \cdot ADR(nT))$$

$$\text{interval}^1 + \text{interval}^2 + \cdots + \text{interval}^N = 2T$$

$$\text{delay} = \frac{4T - 2N \cdot d / ADR(nT)}{N(N-1)}$$

[0026]

[0027] 단말기는 마지막 주기의 SAR과 변동 레벨 값을 이용하여 다음 두 개의 주기에서 수신되는 세그먼트 수가 감소하는 방향으로 예측할 수 있다. 그러면 단말기는 수학식 4를 통해 산출되는 delay값을 이용하여 delay injection을 수행한다. 다시 말해 단말기는 delay 값을 이용하여 ACK 전송 간격을 산출하고, 산출된 ACK 전송

간격에 따라 각 세그먼트의 전송 시점을 스케줄링한다.

[0028] 만약 예측한 세그먼트 수보다 많은 수의 세그먼트가 도착하면, 단말기는 스케줄링한대로 세그먼트 도착 시점에 delay를 추가하여 ACK를 전송한다. 이렇게 delay가 추가되면, 단말기는 spare ACK queue의 점유율을 높일 수 있다. 반면에 더 적은 수의 세그먼트가 도착하여 ACK 스케줄링이 맞지 않는 경우, 단말기는 세그먼트가 도착한 즉시 ACK를 전송한다.

[0029] 이후에는 스페어 ACK가 버퍼에 저장된 상황에 따라서 단말기는 ACK 스케줄링 방법을 다르게 하여 스페어 ACK의 축적량을 조절한다. 이때 스페어 ACK 축적량은 버퍼에 남아있는 ACK의 개수를 의미할 수도 있고, 현재 시점에서 원래 전송될 ACK 개수 대비 버퍼에 남아있는 ACK의 개수 비율을 의미할 수 있다. 여기서 스페어 ACK 축적량은 원래 전송될 ACK 개수 대비 버퍼에 남아있는 ACK의 개수 비율로 가정하여 설명한다.

[0030] 스페어 ACK 축적양(occupancy)이 스페어 ACK가 축적될 수 있는 최소양으로 설정된 축적 최소 임계값(lower threshold) TH_{q_low} (예를 들어 0.2)보다 작으면, 단말기는 매 주기 종료 때마다 생성된 ADR과 변동 레벨을 바탕으로 ACK 전송 간격을 증가시키면서 스페어 ACK를 축적할 수 있다.

[0031] 그리고 스페어 ACK occupancy가 축적 최소 임계값보다 크면, 단말기는 ADR 제어 단계를 수행한다. ADR 제어 단계에서 단말기는 직전 주기의 SAR과 ADR을 비교하여 스페어 ACK의 소비 및 축적 정도를 분석하고, 결과에 따라 다음 주기의 ACK 전송 간격을 제어할 수 있다.

[0032] 스페어 ACK 축적양(queue occupancy)이 일정양의 스페어 ACK가 유지될 수 있도록 설정된 축적 유지 임계값 TH_{q_middle} 이상이고, 스페어 ACK가 최대로 축적될 수 있는 최대양으로 설정된 축적 최대 임계값(upper threshold) TH_{q_up} 미만이면, 단말기는 스페어 ACK 축적양이 지나치게 높거나 낮지 않은 상황으로 간주할 수 있다. 따라서 단말기는 SAR이 급격하게 변하더라도 최대한 ADR을 유지시키는 것을 우선적인 목표로 한다. 따라서 단말기는 직전 주기의 ADR에 따라 동일한 ACK 전송 간격($= 1/ADR$)로 ACK를 전송한다. 주기 종료 시점에서 SAR이 ADR보다 커지면 전송한 ACK 수보다 도착한 세그먼트가 더 많았던 것이므로 스페어 ACK를 더 축적한 상태가 되고, 반대로 SAR이 ADR 보다 작았다면 도착한 세그먼트 수보다 더 많은 ACK를 전송한 것이므로 스페어 ACK를 소모한 것으로 볼 수 있다.

[0033] 반면에 스페어 ACK 축적양이 축적 최대 임계값보다 크면, 단말기는 ADR을 필요 이상으로 낮게 설정하거나, 혹은 channel quality가 지속적으로 증가하여 스페어 ACK를 소비해야 하는 상황으로 볼 수 있다. 이때 축적 최대 임계값은 0.8이 바람직하다. 따라서 이 경우 단말기는 ADR을 높이는 방향으로만 동작한다.

[0034] 만약 직전 주기의 SAR이 ADR보다 작은 경우, 스페어 ACK가 소비된 것이므로 단말기는 다음 주기에도 이전 주기와 동일한 간격($=1/ADR$)으로 ACK를 전송한다. 반대로 SAR이 ADR보다 큰 경우, 스페어 ACK이 축적된 것이므로 단말기는 더 빠른 속도로 스페어 ACK를 소비하기 위해 이전 주기의 SAR에 따라 ACK 전송 간격을 설정한다($interval = 1/SAR$). 스페어 ACK를 소비하는 과정을 스페어 ACK 축적양이 축적 유지 임계값 이하로 떨어질 때까지 반복한다. 이때 축적 유지 임계값은 0.5가 바람직하다.

[0035] 스페어 ACK 축적양이 축적 최소 임계값(lower threshold) TH_{q_low} 보다 작으면, 다시 말해 Channel quality가 지속적으로 감소하여 이용 가능한 스페어 ACK가 적은 경우, 단말기는 다시 ACK 전송 간격을 증가시켜 스페어 ACK을 축적한다.

[0036] 이러한 과정들을 통해 단말기는 스페어 ACK의 축적양에 따라 ACK의 전송 간격을 조절할 수 있다. 즉 단말기는 SAR 및 ADR에 따라 ACK의 전송 간격을 2에서 도시된 바와 같이 조절할 수 있다. 이때 축적 최소 임계값, 축적 유지 임계값, 축적 최대 임계값은 단말기의 통신 환경 및 실험 환경에 따라 다르게 설정될 수 있음을 유의한다.

[0037] 도 2는 본 발명에 따라 주기적으로 전송되는 Ack를 도시한 도면이다.

[0038] 도 2를 참조하면, 동작이 시작하는 (T, 5T) 구간은 delay injection 단계로 ACK 전송에 인위적인 delay를 삽입하여 ADR을 지속적으로 낮추게 된다. 이후 spare ACK 축적양이 축적 최소 임계값 이상이 되면, ACK 전송 간격을 제어하는 ADR 제어 단계로 넘어가게 된다. 따라서 (5T, 9T) 구간에서는 (4T, 5T) 주기의 ADR로 고정하여 스페어 ACK를 소모하거나 축적하면서 SAR와 관계없이 ACK를 동일한 간격으로 전송하게 된다.

[0039] 도 3은 본 발명에 따라 축적되는 Ack의 양을 도시한 도면이다.

- [0040] 도 3을 참조하면, 4T 시점에 스페어 ACK 축적 양이 축적 최대 임계값 이상이 되어 스페어 ACK 감소 단계로 넘어가게 된다. 즉 (3T, 4T) 구간의 SAR이 ADR보다 크기 때문에 (4T, 5T) 구간에서 단말기는 ACK 전송 간격을 이전 주기의 ADR이 아닌 SAR을 기준으로 설정한다(interval = 1/(SAR(3T,4T))). 마찬가지로 6T 시점에서 (5T, 6T) 구간의 SAR이 ADR 보다 높기 때문에 단말기는 이전 SAR을 기준으로 ADR을 높이게 된다. 이후에 7T 시점에서 ADR을 충분히 소비하여 축적 양이 축적 유지 임계값인 50% 이하가 되면, 단말기는 다시 이전 주기의 ADR에 따라 ACK 전송 간격을 제어하는 fixed ADR 단계를 수행하여, 스페어 ACK를 축적한다. 또한 8T 시점에서 spare ACK 축적 양이 축적 최소 임계값 이하가 되면, 단말기는 스케줄링 제어값 및 그에 따른 전송 간격을 산출하여 ACK 전송 간격을 제어하는 delay injection 단계로 넘어가서 ADR을 감소시키면서 spare ACK를 축적하는 방향으로 동작하게 된다.
- [0041] 이상에서는 SAR 및 ADR을 통해 축적된 스페어 ACK를 조절하고, 이에 따라 ACK를 스케줄링하여 전송하는 과정에 대하여 설명하였다. 다음으로 도 4 내지 도 8을 참조하여, 이와 같은 과정들을 상세히 설명한다.
- [0042] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 단말기의 구성을 도시한 도면이다.
- [0043] 도 4를 참조하면, 단말기는 제어부(410), 제어부(410)에 포함되며 ACK 스케줄링을 수행하기 위한 세그먼트 전송량 변화 산출부(415), 변동 레벨 산출부(420), ACK 스케줄링부(425), ACK 축적부(430), 통신부(440)로 구성된다.
- [0044] 제어부(410)는 단말기를 구성하는 모든 구성들의 상태 및 동작을 제어한다. 여기서 제어부(410)는 주기적으로 COI 피드백을 수행하는 네트워크에서 채널 상태에 따라 ACK를 스케줄링할 수 있다. 좀 더 상세히 설명하면, 제어부(410)는 특정 주기로 CQI 피드백 전송시, 이전 주기의 세그먼트 전송량 변화율을 확인하여 ACK 전송시 delay를 삽입할 수 있다. 이때, 제어부(410)는 현재 주기에서 전송되지 않은 ACK를 버퍼인 ACK 축적부(430)에 저장한다. 그리고 제어부(410)는 ACK 축적부(430)에 저장된 ACK를 스페어 ACK로 사용한다. 다음으로 제어부(410)는 축적된 스페어 ACK 양에 따라 ACK를 스케줄링할 수 있다. 이러한 과정들을 수행하기 위해 제어부(410)는 세그먼트 전송량 변화 산출부(415), 변동 레벨 산출부(420), ACK 스케줄링부(425)를 포함한다.
- [0045] 세그먼트 전송량 변화 산출부(415)는 하나의 주기에서 수신된 TCP 세그먼트 수로 세그먼트 전송량 변화양을 산출한다. 좀 더 상세히 설명하면, 세그먼트 전송량 변화 산출부(415)는 현재 주기를 기준으로 바로 두 개 이전 주기의 세그먼트 전송량으로 변화율을 산출한다.
- [0046] 변동 레벨 산출부(420)는 세그먼트 전송량 변화 산출부(415)를 통해 산출된 변화율을 k개 이전 주기에서 세그먼트 전송량의 변화량을 프로덕트 형태로 구하여 현재 시점의 변동 레벨(fluctuation level)을 산출한다. 그리고 변동 레벨 산출부(420)는 산출된 변동 레벨이 스페어 ACK를 축적하여 스케줄링하기 위한 스케줄링 임계값 이상인지 판단한다.
- [0047] ACK 스케줄링부(425)는 산출된 변동 레벨이 스케줄링 임계값 이상이면, 변동 레벨 값을 바탕으로 스케줄링 제어값(delay control value) d를 산출한다. 그리고 ACK 스케줄링부(425)는 새로운 주기가 시작될 때, 다음 주기에서 SAR이 매 회 d의 비율로 감소할 것으로 예측한다. 다음으로 ACK 스케줄링부(425)는 다음 주기에서 수신되는 세그먼트에 대응하는 ACK들에 대해 ramping up 형태로 증가하는 ACK 전송 간격을 산출한다. ACK 스케줄링부(425)는 산출된 ACK 전송 간격에 따라 각 세그먼트의 전송 시점을 스케줄링한다.
- [0048] 또한 스페어 ACK가 버퍼에 저장된 상황에 따라서 ACK 스케줄링부(425)는 ACK를 스케줄링하여 스페어 ACK의 축적량을 조절한다. 예를 들어 스페어 ACK 축적 양이 축적 최소 임계값보다 작으면, ACK 스케줄링부(425)는 매 주기 종료 때마다 갱신된 ADR과 변동 레벨을 바탕으로 ACK 전송 간격을 증가시키면서 ACK를 스케줄링할 수 있다. 이러한 경우, 제어부(410)는 ACK 축적부(430)를 제어하여 현재 주기에서 전송되지 않은 ACK를 스페어 ACK로써 축적할 수 있다.
- [0049] 스페어 ACK 축적 양이 축적 최소 임계값 보다 크면, ACK 스케줄링부(425)는 ADR 제어 단계를 수행한다. ADR 제어 단계에서 ACK 스케줄링부(425)는 직전 주기의 SAR과 ADR을 비교하여 스페어 ACK의 소비 및 축적 정도를 분석하고, 결과에 따라 다음 주기의 ACK 전송 간격을 제어한다.
- [0050] 스페어 ACK 축적 양이 축적 유지 임계값 이상이고, 축적 최대 임계값 미만이면, ACK 스케줄링부(425)는 최대한 ADR을 유지시킬 수 있도록 ACK를 스케줄링한다. 따라서 ACK 스케줄링부(425)는 직전 주기의 ADR을 고정하여 동일한 ACK 전송 간격으로 ACK를 스케줄링한다.
- [0051] 반면에 스페어 ACK 축적 양이 축적 최대 임계값보다 크면, ACK 스케줄링부(425)는 직전 주기의 SAR을 확인한다.

그리고 직전 주기의 SAR이 ADR보다 작은 경우, 스페어 ACK가 소비된 것으로 ACK 스케줄링부(425)는 다음 주기에도 이전 주기와 동일한 간격($=1/ADR$)으로 ACK를 스케줄링한다. 반대로 SAR이 ADR보다 큰 경우, 스페어 ACK이 축적된 것으로 ACK 스케줄링부(425)는 더 빠른 속도로 스페어 ACK를 소비하기 위해 ACK 전송 간격을 이전 주기의 SAR을 기준으로 스케줄링한다.

[0052] 스페어 ACK 축적양이 축적 최소 임계값(lower threshold) $TH_{q,low}$ 보다 작으면, 다시 말해 Channel quality가 저속적으로 감소하여 이용 가능한 스페어 ACK가 적은 경우, ACK 스케줄링부(425)는 다시 ACK 전송 간격을 증가시켜 스페어 ACK을 축적한다.

[0053] 제어부(410)는 ACK 스케줄링부(425)에서 스케줄링된 ACK를 전송하도록 통신부(440)를 제어한다. 이때 제어부(410)는 ACK 축적부(430)를 제어하여, 스케줄링에 따라 현재 주기에서 전송되지 않는 ACK를 스페어 ACK로 저장한다.

[0054] ACK 축적부(430)는 ACK 스케줄링에 따라 현재 전송 주기에 전송되지 않고, 다음 전송 주기에 전송될 수 있는 스페어 ACK를 저장하는 기능을 수행한다. 여기서 ACK 축적부(430)는 버퍼가 될 수 있다.

[0055] 통신부(440)는 데이터를 외부 단말기와 송수신하는 기능을 수행한다. 여기서 통신부(440)는 제어부(410)의 제어 하에 수신된 세그먼트에 따라 스케줄링된 ACK를 전송할 수 있다. 다시 말해 통신부(440)는 제어부(410)의 제어 하에 채널 상태에 따라 산출된 변동 레벨에 따라 스케줄링되는 ACK 전송 간격으로 ACK를 전송할 수 있다.

[0056] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 Ack 스케줄링 방법을 도시한 도면이다.

[0057] 도 5를 참조하면, 510단계에서 수신된 세그먼트에 대한 ACK를 피드백하기 위한 제1 피드백 전송 주기가 도래하면, 단말기는 520단계에서 세그먼트 전송량의 변화에 따른 변동 레벨을 산출한다. 변동 레벨 산출 과정은 도 6을 참조하여 후술하도록 한다.

[0058] 단말기는 530단계에서 변경 레벨이 스케줄링 임계값 이상인지 판단한다. 만약 변동 레벨이 스케줄링 임계값 이상이면, 단말기는 540단계에서 스페어 ACK를 축적하고, 축적된 스페어 ACK의 축적양에 따라 스케줄링된 ACK를 전송할 수 있다. 여기서 스페어 ACK를 축적하고, 스케줄링된 ACK를 전송하는 과정에 대하여 도 7 내지 도 8을 참조로 후술하도록 한다. 그리고 도면에 도시되지 않았지만, 만약 단말기의 변동 레벨이 스케줄링 임계값 미만으로 떨어지면, 기지국에서 delay injection에 따른 스페어 ACK 축적이 종료되도록 알려 준다.

[0059] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 스케줄링을 결정하기 위한 변동 레벨을 산출하는 방법을 도시한 도면이다.

[0060] 도 6을 참조하면, 단말기는 610단계에서 이전 주기의 세그먼트 전송량 정보 a를 확인한다. 그리고 단말기는 620단계에서 확인된 세그먼트 전송량 정보를 통해 세그먼트 전송량 변화율을 산출한다. 마지막으로 단말기는 630단계에서 산출된 세그먼트 전송량 변화율을 이용하여 현재 시점의 변동 레벨을 산출한다.

[0061] 단말기는 산출된 변동 레벨을 스케줄링 임계값과 비교하여 스페어 ACK를 축적하고, 이에 따라 ACK를 스케줄링하여 전송할 수 있다.

[0062] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 스페어 ACK를 축적하는 방법을 도시한 도면이다.

[0063] 도 7을 참조하면, 변동 레벨이 스케줄링 임계값보다 크면, 단말기는 710단계에서 스케줄링 제어값(d)를 산출한다. 그리고 단말기는 720단계에서 스케줄링 제어값을 기반으로 ACK 전송 간격을 산출한다. 다음으로 단말기는 730단계에서 산출된 ACK 전송 간격에 따라 ACK를 전송하고, 전송 간격에 따라 현재 주기에서 전송되어야하는 ACK 중 남는 스페어 ACK를 버퍼에 축적한다.

[0064] 다음으로 단말기는 740단계에서 다음 피드백 전송 주기인 제2 피드백 전송 주기가 도래하는지 판단한다. 만약 제2 피드백 전송 주기가 도래하면, 단말기는 750단계에서 세그먼트 전송량의 변화에 따른 변동 레벨을 산출한다. 변동 레벨을 산출하는 과정은 도 6에서 설명하였으므로, 상세한 설명을 생략한다. 다음으로 단말기는 760단계에서 변동 레벨이 스케줄링 임계값보다 큰지 판단한다.

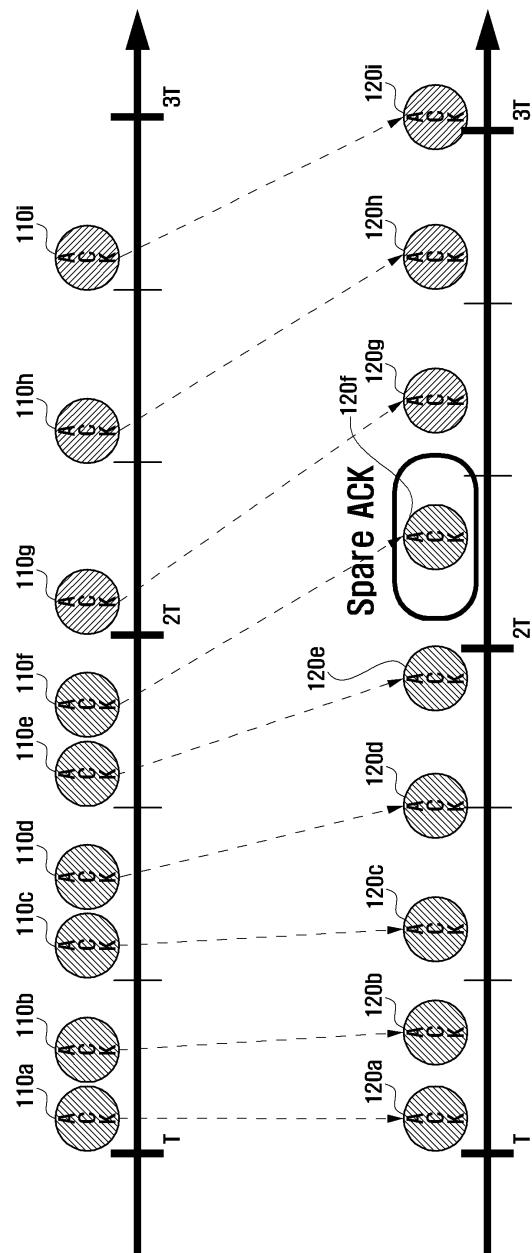
[0065] 변동 레벨이 스케줄링 임계값보다 크면, 단말기는 770단계에서 축적된 스페어 ACK 양을 확인한다. 그리고 단말기는 780단계에서 확인된 스페어 ACK 양에 따라 ACK를 스케줄링한다. 여기서 스페어 ACK 양에 따라 ACK를 스케줄링하는 과정은 도 8을 참조로 후술한다. 마지막으로 단말기는 790단계에서 스케줄링된 ACK를 전송한다.

[0066] 단말기는 스페어 ACK의 축적양에 따라 다음 피드백 전송 주기에서 ACK를 스케줄링하여 전송할 수 있다. 이 과정은 도 8을 참조하여 후술한다.

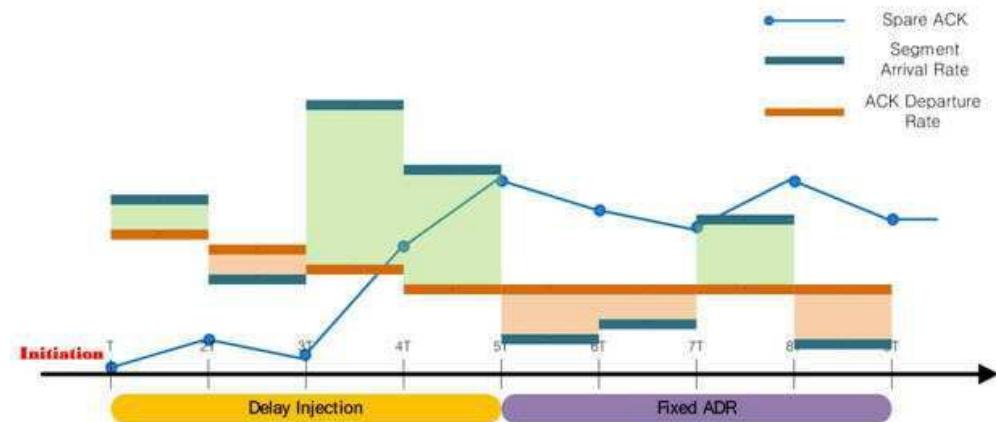
- [0067] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 스페어 Ack 축적량에 따른 스케줄링 방법을 도시한 도면이다.
- [0068] 도 8을 참조하면, 단말기는 810단계에서 스페어 ACK의 축적양이 미리 설정된 축적 최대 임계값보다 큰지 판단한다. 만약 스페어 ACK의 축적양이 미리 설정된 축적 최대 임계값보다 작으면, 단말기는 815단계에서 스페어 ACK의 축적양이 미리 설정된 축적 최소 임계값보다 큰지 판단한다.
- [0069] 스페어 ACK의 축적양이 미리 설정된 축적 최소 임계값보다 작으면, 단말기는 820단계에서 스케줄링 제어값(d)과 전송 간격을 다시 산출한다. 그리고 단말기는 825단계에서 산출된 전송 간격에 따라 ACK를 스케줄링하고, ACK를 스케줄링에 따라 전송한다. 이에 따라 단말기는 스페어 ACK를 축적할 수 있다. 다시 815단계로 돌아가, 만약 스페어 ACK의 축적양이 축적 최소 임계값보다 크면, 단말기는 830단계에서 바로 직전 피드백 전송 주기에서 ACK가 전송된 속도에 따라 ACK를 스케줄링하고, ACK를 스케줄링에 따라 전송한다. 이때 단말기는 1/ADR 간격으로 ACK를 스케줄링하여 전송한다. 이와 같은 과정을 통해 단말기는 현재 스페어 ACK가 저장되는 양을 일정하게 유지시킬 수 있다.
- [0070] 810단계에서 스페어 ACK 축적양이 축적 최대 임계값보다 크면, 단말기는 840단계에서 바로 직전 피드백 전송 주기에서 SAR을 확인한다. 그리고 단말기는 845단계에서 확인된 1/SAR이 1/ADR보다 큰지 판단한다. 만약 1/SAR이 1/ADR보다 크면, 단말기는 850단계에서 1/SDR 간격으로 ACK를 스케줄링하고, 스케줄링에 따라 ACK를 전송한다. 반면에 1/SAR이 1/ADR보다 작으면, 단말기는 855단계에서 1/ADR 간격으로 ACK를 스케줄링하고, 스케줄링에 따라 ACK를 전송한다.
- [0071] 제3 피드백 전송 주기가 도래하면, 단말기는 860단계에서 제3 피드백 전송 주기에서의 변동 레벨을 산출한다. 즉 단말기는 제2 피드백 전송 주기의 세그먼트 전송량 정보를 확인하고, 확인된 세그먼트 전송량 정보를 통해 세그먼트 전송량 변화율을 산출한다. 마지막으로 단말기는 산출된 세그먼트 전송량 변화율을 이용하여 현재 제3 피드백 전송 시점의 변동 레벨을 산출한다. 그리고 단말기는 865단계에서 산출된 변동 레벨이 스케줄링 임계값보다 큰지 판단한다. 만약 변동 레벨이 스케줄링 임계값보다 크면, 단말기는 870단계에서 현재 저장된 스페어 ACK 축적양이 축적 유지 임계값보다 큰지 판단한다.
- [0072] 만약 스페어 ACK양이 축적 유지 임계값보다 크면, 단말기는 840단계로 돌아가 저장된 스페어 ACK를 소비하는 과정들을 수행한다. 반면에 스페어 ACK양이 축적 유지 임계값보다 작으면, 단말기는 815단계부터 수행하여 스페어 ACK의 축적양을 유지하거나, 축적하는 과정들을 수행한다.
- [0073] 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되지 않으며, 후술되는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

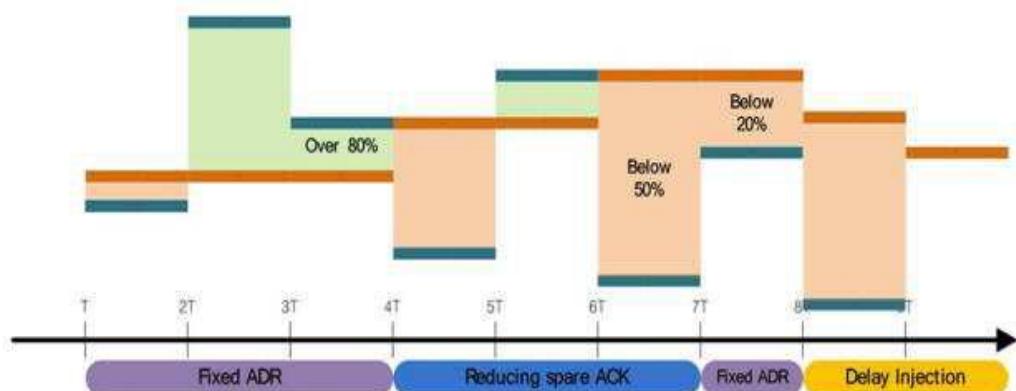
도면1



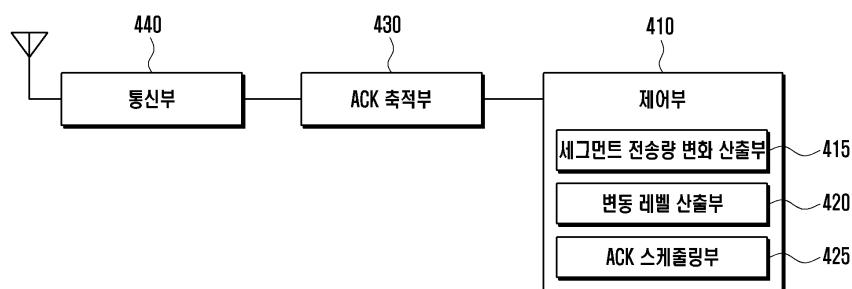
도면2



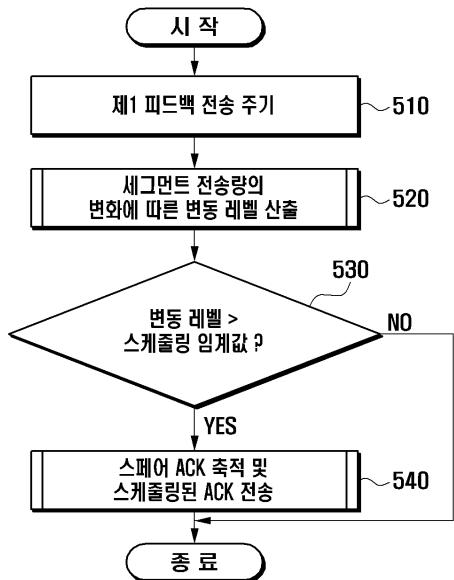
도면3



도면4



도면5

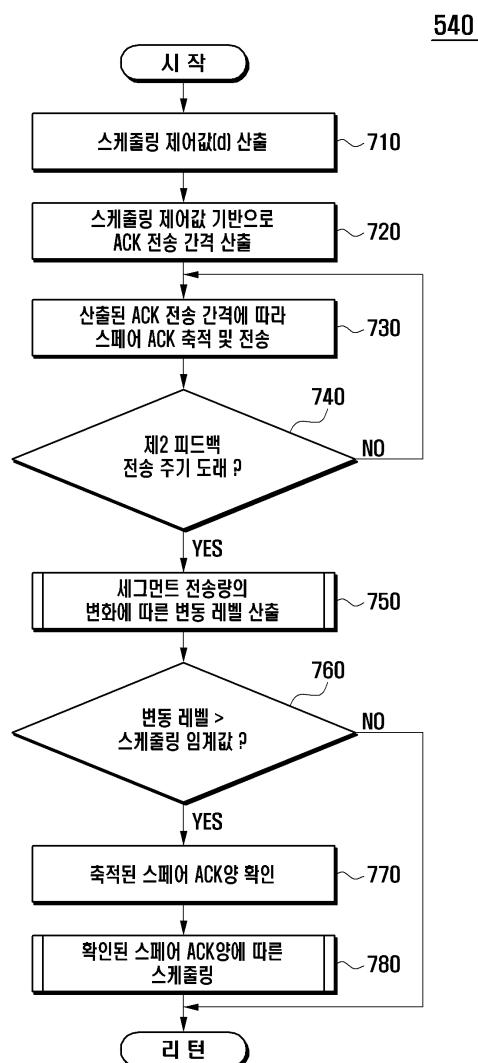


도면6

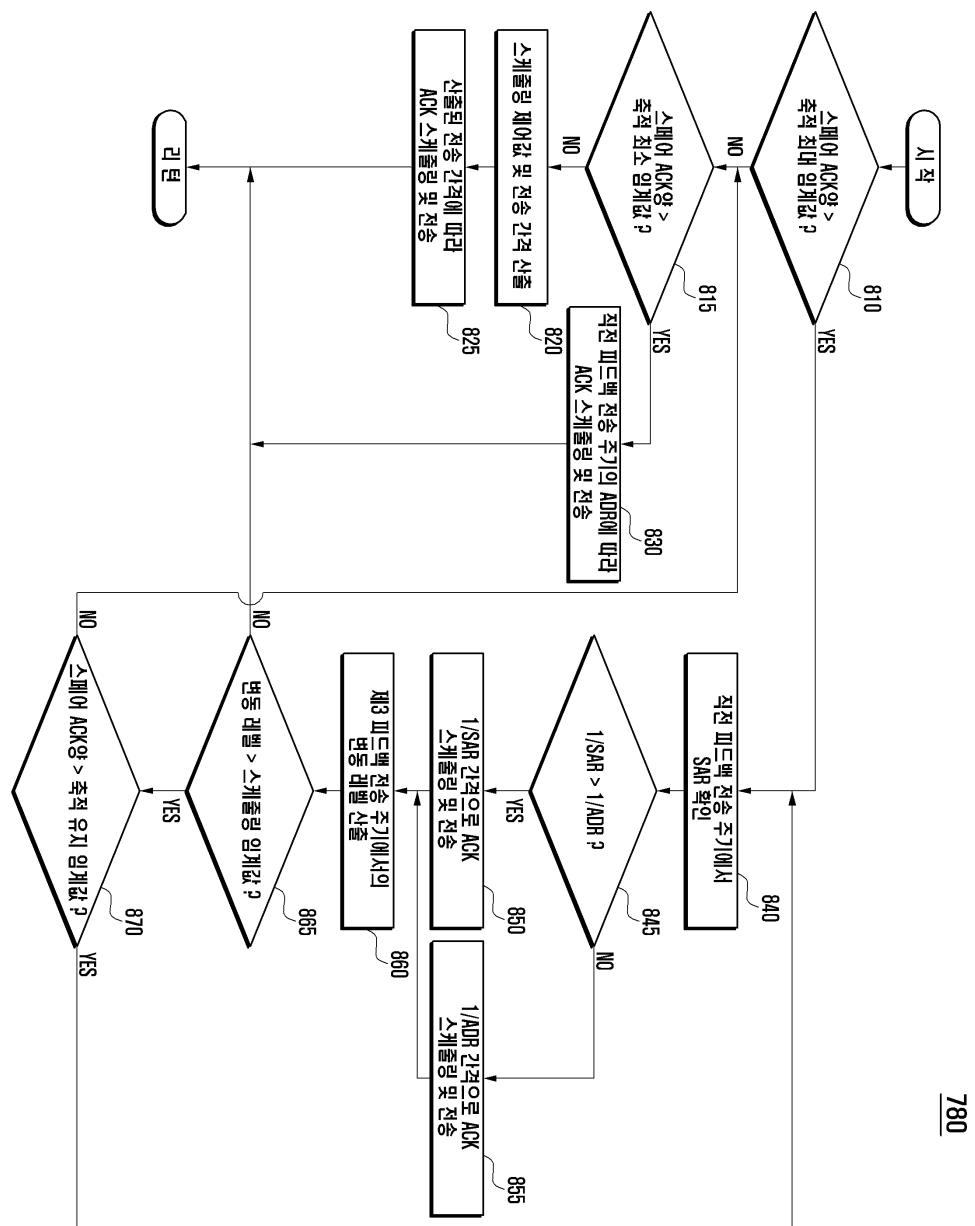
520, 750



도면7



도면8



780