



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년06월25일
(11) 등록번호 10-1992750
(24) 등록일자 2019년06월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 12/801 (2013.01) H04L 12/875 (2013.01)
(52) CPC특허분류
H04L 47/12 (2013.01)
H04L 47/29 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0174045
(22) 출원일자 2017년12월18일
심사청구일자 2017년12월18일
(56) 선행기술조사문헌
KR100865722 B1*
KR1020130121838 A*
KR1020170085906 A*
US09762491 B2*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
이경한
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김준선
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
특허법인다나

전체 청구항 수 : 총 10 항

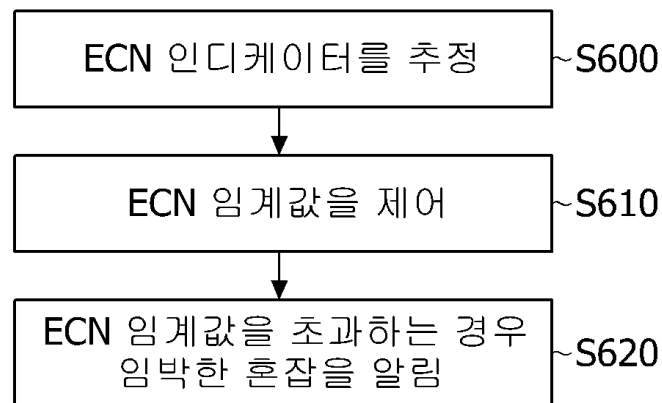
심사관 : 김대성

(54) 발명의 명칭 라우터 장치 및 그의 혼잡 제어 방법

(57) 요약

본 발명의 한 실시예에 따른 라우터 장치는 패킷을 수신하는 수신부, 혼잡 제어를 수행하는 혼잡 제어부, 그리고 상기 패킷을 송신하는 송신부를 포함하며, 상기 혼잡 제어부는 각 라우터 장치 당 허용되는 딜레이 버짓인 ECN 인디케이터(explicit congestion notification indicator)를 추정하며, 상기 ECN 인디케이터를 이용하여 ECN 임계값을 제어하고, 상기 ECN 임계값을 초과하는 패킷에 ECN 비트를 표시한다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

H04L 47/56 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711056597

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 방송통신산업기술개발

연구과제명 5G 실감형 서비스를 실현하기 위한 초저지연 네트워크 기술 연구

기 여 율 1/1

주관기관 울산과학기술원

연구기간 2017.03.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

패킷을 수신하는 수신부,
 혼잡 제어를 수행하는 혼잡 제어부, 그리고
 상기 패킷을 송신하는 송신부를 포함하며,
 상기 혼잡 제어부는 각 라우터 장치 당 허용되는 딜레이 버짓인 ECN 인디케이터(explicit congestion notification indicator)를 추정하며, 상기 ECN 인디케이터를 이용하여 ECN 임계값을 제어하고, 상기 ECN 임계값을 초과하는 패킷에 ECN 비트를 표시하고,
 상기 ECN 인디케이터는 허용 가능한 총 큐잉 딜레이, 송신 장치와 수신 장치 사이의 라우터 장치의 개수 및 링크 용량을 이용하여 추정되는 라우터 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 허용 가능한 총 큐잉 딜레이, 상기 송신 장치와 수신 장치 사이의 라우터 장치의 개수 및 상기 링크 용량 중 적어도 하나는 상기 송신 장치와 상기 라우터 장치 간에 교환되는 추가 정보에 의하여 추정되는 라우터 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,
 상기 추가 정보는 상기 송신 장치와 상기 라우터 장치 간의 세션 연결 동안 TCP(transmission control protocol) 필드를 이용하여 교환되는 라우터 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 혼잡 제어부는 상기 ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 크면 상기 ECN 임계값을 증가시키며, 상기 ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 작거나 같으면 상기 ECN 임계값을 감소시키는 라우터 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,
 상기 혼잡 제어부는 상기 ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 큰 경우, 패킷의 도착 간격, 패킷의 처리 시간, 패킷의 크기 및 링크 용량 중 적어도 하나를 이용하여 상기 ECN 임계값을 증가시키는 라우터 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,
 상기 혼잡 제어부는 상기 ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 작거나 같으면 상기 ECN 임계값을 1/2로 줄이는

라우터 장치.

청구항 9

라우터 장치의 혼잡 제어 방법에 있어서,

패킷을 수신하는 단계,

혼잡 제어를 수행하는 단계, 그리고

상기 패킷을 송신하는 단계를 포함하며,

상기 혼잡 제어를 수행하는 단계는,

각 라우터 장치 당 허용되는 딜레이 버짓인 ECN 인디케이터를 추정하는 단계,

상기 ECN 인디케이터를 이용하여 ECN 임계값을 제어하는 단계, 그리고

상기 ECN 임계값을 초과하는 패킷에 ECN 비트를 표시하는 단계

를 포함하고,

상기 ECN 인디케이터는 허용 가능한 총 큐잉 딜레이, 송신 장치와 수신 장치 사이의 라우터 장치의 개수 및 링 크 용량을 이용하여 추정되는 혼잡 제어 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 ECN 인디케이터를 추정하는 단계는,

세션 연결 과정을 시작하는 단계,

상기 세션 연결 과정 동안 추가 정보를 획득하는 단계,

상기 추가 정보에 기초하여 누적 큐잉 딜레이를 마크하는 단계, 그리고

ECN 인디케이터를 설정하는 단계

를 포함하는 혼잡 제어 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 ECN 인디케이터를 추정하는 단계는,

상기 세션 연결 과정이 종료되면, 상기 ECN 인디케이터를 업데이트하는 단계

를 더 포함하는 혼잡 제어 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 ECN 임계값을 제어하는 단계는,

상기 ECN 인디케이터와 현재 큐 길이를 비교하는 단계,

상기 ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 크면 상기 ECN 임계값을 증가시키는 단계, 그리고

상기 ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 작거나 같으면 상기 ECN 임계값을 감소시키는 단계

를 포함하는 혼잡 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 라우터 장치 및 그의 혼잡 제어 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 라우터 장치가 동적으로 ECN(explicit congestion notification)을 수행하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 혼합 현실(mixed reality), 차량 통신, 원격 수술 등과 같은 경성 실시간 애플리케이션(hard real time application) 관련 기술이 발전하고 있다. 경성 실시간 애플리케이션 관련 분야에서는 엄격한 지연(latency) 및 대역폭(bandwidth) 성능이 요구되며, 이는 애플리케이션 성능과 사용자경험(user experience)에 직접적인 영향을 미칠 수 있다.

[0003] 이에 따라, 네트워크 분야에서 전송율(throughput)의 손실 없이 낮은 지연을 보장하는 방법이 절실하게 요구되는 실정이다.

[0004] 도 1은 통신 네트워크에서 저지연을 보장하는 일반적인 방법을 설명하는 도면이다.

[0005] 도 1을 참조하면, 통신 네트워크(1)는 송신 장치(10), 수신 장치(20) 및 송신 장치(10)와 수신 장치(20) 사이에서 패킷을 전달하는 라우터 장치(30)를 포함한다. 라우터 장치(30)는 스위치 또는 스위칭 장치와 혼용될 수 있으며, 송신 장치(10)와 수신 장치(20) 사이에는 복수의 라우터 장치(30)가 배치될 수 있다. 여기서, 송신 장치(10)와 수신 장치(20) 사이에 N개의 라우터 장치(30)가 배치되는 것을 예로 들어 설명한다.

[0006] 송신 장치(10)가 소정 범위 내의 지연(예, $\alpha * N$)을 요구하는 경우, 각 라우터 장치(30)가 딜레이 버짓(delay budget, α) 내에서 데이터 패킷을 처리한다면, 요구된 지연 범위($\alpha * N$)가 보장될 수 있다. 이를 위하여, 송신 장치(10)는 각 라우터 장치(30)에게 성능 보장을 요구하는 지연시간을 알려줄 수 있으며, 이를 통해 각 라우터 장치(30)는 딜레이 버짓(α)을 추정하여 도착한 패킷의 지연이 딜레이 버짓(α)을 초과하지 않도록 ECN 알고리즘을 수행한다.

[0007] 도 2는 네트워크 혼잡(network congestion)이 발생한 경우를 설명하기 위한 도면이고, 도 3은 네트워크 혼잡이 발생한 경우 ECN 알고리즘을 수행하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0008] 도 2를 참조하면, 네트워크 혼잡이 발생하면, 네트워크 큐에 상당량의 패킷들이 쌓여 지연성능을 감소시키며, 더 나아가 물리적 버퍼(buffer) 크기를 넘는 양의 패킷들이 들어와 발생하는 패킷 드랍(packet drop)으로 인하여 심각한 수준의 지연 및 전송률 성능저하를 야기한다. 이러한 문제를 방지하기 위하여 임박한 네트워크 혼잡을 예측하는 것에 의하여 큐잉(queueing)이 발생하는 것을 사전에 방지할 필요가 있다.

[0009] 도 3을 참조하면, 패킷이 드랍되기 전, 라우터 장치(30)는 임박한 네트워크 혼잡을 판단하는 기준으로 ECN 임계값(ECN threshold)을 설정하며, 큐잉이 발생하여 ECN 임계값을 초과하는 패킷의 IP 헤더에 ECN 비트를 마킹하는 것에 의하여 임박한 혼잡을 알릴 수 있다.

[0010] 더욱 구체적으로 설명하면, 라우터 장치(30)는 소정의 ECN 임계값을 초과하는 패킷에 ECN 비트를 표시한다.

[0011] 수신 장치(20)가 ECN 비트가 표시된 데이터 패킷을 수신하면, 송신 장치(10)에게 네트워크 혼잡을 알리기 위해 ACK패킷의 TCP 헤더에 컨트롤 비트인 ECE 비트를 ECN 비트를 표시한다. 여기서, ECE 비트 마킹은 ECN echo와 같이 표시될 수 있다.

[0012] 송신 장치(10)가 ECE 비트가 표시된 ACK을 수신한 경우, 송신 장치(10)는 TCP 레이트 제어(rate control) 룰에 따라 윈도우 사이즈를 감소시켜 데이터 전송량을 줄여 네트워크 혼잡 발생을 방지한다.

[0013] 이때, ECN 임계값은 미리 결정되어 있으므로, 요구되는 지연에 따라 시시각각 변화하는 딜레이 버짓에 유연하게 대처하지 못하는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 라우터 장치가 동적으로 ECN을 수행하는 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 한 실시예에 따른 라우터 장치는 패킷을 수신하는 수신부, 혼잡 제어를 수행하는 혼잡 제어부, 그리고 상기 패킷을 송신하는 송신부를 포함하며, 상기 혼잡 제어부는 각 라우터 장치 당 허용되는 딜레이 버짓인

ECN 인디케이터(explicit congestion notification indicator)를 추정하며, 상기 ECN 인디케이터를 이용하여 ECN 임계값을 제어하고, 상기 ECN 임계값을 초과하는 패킷에 ECN 비트를 표시한다.

- [0016] 상기 ECN 인디케이터는 허용 가능한 총 큐잉 딜레이 및 송신 장치와 수신 장치 사이의 라우터 장치의 개수를 이용하여 추정될 수 있다.
- [0017] 상기 ECN 인디케이터는 링크 용량을 더 이용하여 추정될 수 있다.
- [0018] 상기 허용 가능한 총 큐잉 딜레이, 상기 송신 장치와 수신 장치 사이의 라우터 장치의 개수 및 상기 링크 용량 중 적어도 하나는 상기 송신 장치와 상기 라우터 장치 간에 교환되는 추가 정보에 의하여 추정될 수 있다.
- [0019] 상기 추가 정보는 상기 송신 장치와 상기 라우터 장치 간의 세션 연결 동안 TCP(transmission control protocol) 필드를 이용하여 교환될 수 있다.
- [0020] 상기 혼잡 제어부는 상기 ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 크면 상기 ECN 임계값을 증가시키며, 상기 ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 작거나 같으면 상기 ECN 임계값을 감소시킬 수 있다.
- [0021] 상기 혼잡 제어부는 상기 ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 큰 경우, 패킷의 도착 간격, 패킷의 처리 시간, 패킷의 크기 및 링크 용량 중 적어도 하나를 이용하여 상기 ECN 임계값을 증가시킬 수 있다.
- [0022] 상기 혼잡 제어부는 상기 ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 작거나 같으면 상기 ECN 임계값을 1/2로 줄일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 한 실시예에 따른 라우터 장치의 혼잡 제어 방법은 패킷을 수신하는 단계, 혼잡 제어를 수행하는 단계, 그리고 상기 패킷을 송신하는 단계를 포함하며, 상기 혼잡 제어를 수행하는 단계는, 각 라우터 장치 당 허용되는 딜레이 버짓인 ECN 인디케이터를 추정하는 단계, 상기 ECN 인디케이터를 이용하여 ECN 임계값을 제어하는 단계, 그리고 상기 ECN 임계값을 초과하는 패킷에 ECN 비트를 표시하는 단계를 포함한다.
- [0024] 상기 ECN 인디케이터를 추정하는 단계는, 세션 연결 과정을 시작하는 단계, 상기 세션 연결 과정 동안 추가 정보를 획득하는 단계, 상기 추가 정보에 기초하여 누적 큐잉 딜레이를 마크하는 단계, 그리고 ECN 인디케이터를 설정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 상기 ECN 인디케이터를 추정하는 단계는, 상기 세션 연결 과정이 종료되면, 상기 ECN 인디케이터를 업데이트하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0026] 상기 ECN 임계값을 제어하는 단계는, 상기 ECN 인디케이터와 현재 큐 길이를 비교하는 단계, 상기 ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 크면 상기 ECN 임계값을 증가시키는 단계, 그리고 상기 ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 작거나 같으면 상기 ECN 임계값을 감소시키는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명의 실시예에 따르면, 낮은 지연 및 높은 자원 사용률을 동시에 만족시킬 수 있는 라우터 장치를 얻을 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 라우터 장치는 네트워크 혼잡을 감지할 수 있고, 이에 따라 ECN 임계값을 동적으로 제어할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 통신 네트워크에서 저지연을 보장하는 일반적인 방법을 설명하는 도면이다.
- 도 2는 네트워크 혼잡(network congestion)이 발생한 경우를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 네트워크 혼잡이 발생한 경우 ECN 알고리즘을 수행하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 통신 네트워크를 나타내는 블록도이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 라우터 장치의 블록도이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 라우터 장치가 혼잡 제어를 수행하는 방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.
- 도 7 및 도 8은 라우터 장치(300)가 ECN 임계값을 제어하는 원리를 설명하는 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 한 실시예에 따른 라우터 장치가 ECN 인디케이터를 설정하고, ECN 임계값을 제어하는 방법을 나타내는 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0030] 제2, 제1 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제2 구성요소는 제1 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제1 구성요소도 제2 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0031] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0032] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0033] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0034] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 실시예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0035] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 통신 네트워크를 나타내는 블록도이다.
- [0036] 도 4를 참조하면, 통신 네트워크는 송신 장치(100), 수신 장치(200) 및 송신 장치(100)와 수신 장치(200) 사이에서 데이터 패킷의 전달을 중계하는 라우터 장치(300)를 포함한다. 라우터 장치(300)는 스위치, 스위칭 장치, 네트워크 스위치, 네트워크 스위칭 장치 등과 혼용될 수 있으며, 송신 장치(100)와 수신 장치(200) 사이에는 복수의 라우터 장치(300)가 배치될 수 있다. 여기서, 송신 장치(100)와 수신 장치(200) 사이에 N개의 라우터 장치(300)가 배치되는 것을 예로 들어 설명한다.
- [0037] 여기서, 통신 네트워크가 다중 경로(multipath)를 사용하는 경우라도, 모든 경로는 동일한 코스트(cost)(Equal Cost Multi Path, ECMP)를 가지므로, 플로우는 동일한 경로를 통하여 흐르는 것을 가정한다.
- [0038] 그리고, 모든 노드, 예를 들어 송신 장치(100), 수신 장치(200) 및 복수의 라우터 장치(300)는 ECN(explicit congestion notification) 메커니즘을 지원하는 것을 가정한다.
- [0039] 그리고, 송신 장치(100) 및 수신 장치(200)는 TCP(transmission control protocol)에 기반하여 데이터를 송수신하는 것을 가정한다.
- [0040] 그리고, 디폴트 TTL(Time To Live)이 복수의 라우터 장치(300)에게 알려진 것을 가정한다.
- [0041] 그리고, 복수의 라우터 장치(300)는 링크 용량(link capacity)을 알고 있는 것을 가정한다.
- [0042] 일반적인 ECN 메커니즘에 따르면, 라우터 장치(300)는 네트워크 혼잡을 알리기 위한 큐당 고정된 ECN 임계값(fixed ECN threshold per queue)을 가진다. 이에 따르면, 요구되는 지연에 따라 재빨리 변화하는 딜레이 버킷에 유연하게 대처하지 못하는 문제가 있다.
- [0043] 본 발명의 실시예에 따르면, 낮은 지연을 보장하기 위하여 라우터 장치(300)는 딜레이 버킷을 추정하고자 한다. 이하, 딜레이 버킷은 ECN 인디케이터(ECN indicator)라 지칭한다. ECN 인디케이터는 낮은 지연을 보장하기 위하

여 허용 가능한 큐잉 레벨(tolerant queuing level)을 의미한다.

- [0044] 본 발명의 실시예에 따르면, 라우터 장치(300)는 ECN 인디케이터에 기초하여 ECN 임계값을 동적으로 제어한다.
- [0045] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 라우터 장치의 블록도이고, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 라우터 장치가 혼잡 제어를 수행하는 방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.
- [0046] 도 5를 참조하면, 라우터 장치(300)는 데이터 패킷을 수신하는 수신부(310), 혼잡 제어를 수행하는 혼잡 제어부(320) 및 데이터 패킷을 송신하는 송신부(330)를 포함한다.
- [0047] 도 5 및 도 6을 참조하면, 라우터 장치(300)는 ECN 인디케이터를 추정한다(S600). 설명의 편의를 위하여 본 발명의 실시예에 따른 통신 네트워크의 기본 RTT(round trip time)은 50ms이고, 요구 RTT는 80ms이며, 경로 상 라우터 장치(300)의 개수($N_{switches}$)는 5개인 것을 예로 들어 설명한다. 여기서, 기본 RTT는 지연 없이 송신 장치(100)가 데이터 패킷을 송신한 후, 수신 장치(200)로부터 ACK를 수신하기까지 걸리는 기본적인 시간을 의미한다. 요구 RTT는 송신 장치(100)가 데이터 패킷을 송신한 후, 수신 장치(200)로부터 ACK를 수신하기까지 걸리는 허용 가능한 요구 시간을 의미한다.
- [0048] 이에 따라, 허용 가능한 총 큐잉 딜레이($D_{totalAccep}$)는 요구 RTT와 기본 RTT의 차로 나타낼 수 있으며, 본 실시예에서 $D_{totalAccep}$ 은 30ms가 될 수 있다.
- [0049] 각 라우터 장치(300) 당 허용되는 딜레이 버짓은 $(D_{totalAccep})/(N_{switches})$ 이며, 본 실시예에서 각 라우터 장치(300) 당 허용되는 딜레이 버짓은 $30ms/5=6ms$ 가 될 수 있다.
- [0050] 각 라우터 장치(300) 당 허용되는 딜레이 버짓은 ECN 인디케이터라 표현될 수 있다. 각 라우터 장치(300)가 ECN 인디케이터 내에서 데이터 패킷을 처리할 경우 요구 RTT가 보장될 수 있다.
- [0051] 다음으로, 라우터 장치(300)는 추정된 ECN 인디케이터에 기초하여 ECN 임계값을 제어한다(S610). 도 7 및 도 8은 라우터 장치(300)가 ECN 임계값을 제어하는 원리를 설명하는 도면이다. 도 7과 같이, ECN 인디케이터 내에 데이터 패킷이 꽉 차서 네트워크가 혼잡하다고 판단되는 경우, 라우터 장치(300)는 ECN 임계값을 줄이게 된다. 또는, 도 8과 같이, ECN 인디케이터 내에 데이터 패킷이 차지 않아 네트워크가 혼잡하지 않은 것으로 판단되는 경우, 라우터 장치(300)는 ECN 임계값을 증가시키게 된다.
- [0052] 다음으로, 라우터 장치(300)는 ECN 임계값(ECN threshold)을 초과하는 데이터 패킷의 IP 헤더에 ECN 비트를 마킹하는 것에 의하여 임박한 혼잡을 알릴 수 있다(S620). 이때, 도 7과 같이 ECN 임계값을 줄이는 경우, 데이터 패킷의 IP 헤더에 ECN 비트가 마킹되는 시간이 더 빨라지게 되므로, 더 빠른 시간 내에 임박한 혼잡을 알리는 것이 가능하다.
- [0053] 이후, 수신 장치(200)가 ECN 비트가 표시된 데이터 패킷을 수신하면, ACK의 TCP 헤더에 ECN 비트를 표시하며, 송신 장치(100)가 ECN 비트가 표시된 ACK를 수신한 경우, 송신 장치(100)는 TCP 레이트 제어 룰에 따라 윈도우 사이즈를 감소시킬 수 있다.
- [0055] 이하, 라우터 장치(300)가 ECN 인디케이터를 설정하는 방법을 더욱 구체적으로 설명한다.
- [0056] 큐당 ECN 인디케이터(ECN indicator per queue)는 하기 수학적 식 1에 따라 설정될 수 있다.

수학적 식 1

$$ECN_{ind} = \frac{D_{totalAccep}}{N_{switches}} * LinkCapacity$$

- [0057]
- [0058] 여기서, $D_{totalAccep}$ 은 허용 가능한 총 큐잉 딜레이이고, $N_{switches}$ 는 경로 상 라우터 장치의 개수이며, C_{link} 은 링크 용량이다.
- [0059] 라우터 장치(300)는 송신 장치(100)와 라우터 장치(300) 간에 교환되는 추가 정보(additional information)에

기초하여 $D_{totalAccep}$, $N_{switches}$, C_{link} 등을 추정할 수 있다.

[0060] 추가 정보는 TCP 3-way handshake와 같은 세션 연결(session establishment) 동안 Acknowledge Number 및 Urgent Pointer와 같은 TCP 필드를 이용하여 교환될 수 있다. 이들 TCP 필드는 TCP 3-way handshake 동안 사용되지 않는 필드이다. 이 중 Acknowledge Number는 오직 SYN을 위해서만 사용되지 않는다.

[0061] 허용 가능한 총 큐잉 딜레이인 $D_{totalAccep}$ 은 하기 수학식 2에 따라 계산될 수 있다.

수학식 2

$$D_{totalAccep} = D_{req} - RTT_{base}$$

[0062]

[0063] 여기서, D_{req} 는 송신 장치(100)에 의하여 태그된 Acknowledge Number 코드 내 마크된 요구 지연이고, RTT_{base} 는 하기 수학식 3에 따라 계산될 수 있다.

수학식 3

$$RTT_{base} = t_{SYN, SYN-ACK} + t_{SYN-ACK, ACK} - D_{queuing}$$

[0064]

[0065] 여기서, $t_{\alpha, \beta}$ 는 수신된 α 데이터 패킷과 β 데이터 패킷 간 시간 간격을 의미하고, 경험 큐잉 딜레이(experienced queuing delay)인 $D_{queuing}$ 은 하기 수학식 4에 따라 계산될 수 있다.

수학식 4

$$D_{queuing} = D_{SYN, SYN-ACK} + D_{SYN-ACK, ACK}$$

[0066]

[0067] 여기서, $D_{\alpha, \beta}$ 는 데이터 패킷 α 를 송신한 후 데이터 패킷 β 를 수신하기까지 누적 큐잉 딜레이를 의미한다. 라우터 장치(300)는 Urgent Pointer 필드로부터 누적 큐잉 딜레이를 획득하며, 자체의 추정 큐잉 딜레이를 추가하고, 추가된 최종 값을 마크할 수 있다.

[0068] 경로 상 라우터 장치의 개수인 $N_{switches}$ 는 하기 수학식 5와 같이 계산될 수 있다.

수학식 5

$$N_{switches} = 2 * TTL_{default} - TTL_{SYN} - TTL_{SYN-ACK}$$

[0069]

[0070] 여기서, TTL_{α} 는 데이터 패킷 α 의 IP 헤더 내 TTL 값이다.

[0071] 다음으로, 라우터 장치(300)가 ECN 인디케이터에 기초하여 ECN 임계값을 제어하는 방법을 더욱 구체적으로 설명한다.

[0072] ECN 임계값은 AIMD(additive increase multiplicative decrease)에 기초하여 제어될 수 있으며, 하기 알고리즘과 같이 계산될 수 있다.

If ($ECN_{ind} \leq L_{queue}$)

$$ECN_{thr} = ECN_{thr} / 2$$

Else

$$ECN_{thr} = ECN_{thr} + \beta$$

[0073]

[0074]

여기서, ECN_{ind} 는 ECN 인디케이터이고, ECN_{thr} 는 ECN 임계값이며, L_{queue} 는 현재 큐 길이이다. 그리고 추가 파라미터 β 는 측정된 데이터 패킷 도착 간격(measured packet arrival interval)/데이터 패킷의 처리 시간(processing time of a packet)이고, 데이터 패킷의 처리 시간은 데이터 패킷의 크기(packet size)/링크 용량(link capacity)에 따라 정해질 수 있다.

[0075]

즉, ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 작거나 같으면, ECN 임계값은 반으로 줄어들게 되고, ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 크면, ECN 임계값은 β 만큼 늘어나게 된다.

[0077]

도 9는 본 발명의 한 실시예에 따른 라우터 장치가 ECN 인디케이터를 설정하고, ECN 임계값을 제어하는 방법을 나타내는 순서도이다.

[0078]

도 9를 참조하면, 라우터 장치(300)가 데이터 패킷을 수신하기 전에 세션 연결을 위한 TCP 3-way handshake를 시작하며(S900), 이 과정에서 추가 정보를 획득한다.

[0079]

즉, 라우터 장치(300)는 TCP 3-way handshake 단계 중 SYN를 통하여, TTL 값, 지연 요구, 누적 큐잉 딜레이, 수신 시간에 관한 정보를 획득하고(S902), 추가된 누적 큐잉 딜레이에 관한 정보를 마크할 수 있다(S904).

[0080]

그리고, 라우터 장치(300)는 TCP 3-way handshake 단계 중 SYN-ACK을 통하여, TTL 값, 누적 큐잉 딜레이 및 수신 시간에 관한 정보를 획득하고(S906), 추가된 누적 큐잉 딜레이에 관한 정보를 마크할 수 있다(S908).

[0081]

그리고, 라우터 장치(300)는 TCP 3-way handshake 단계 중 ACK를 통하여 누적 큐잉 딜레이 및 수신 시간에 관한 정보를 획득하고(S910), 추가된 누적 큐잉 딜레이에 관한 정보를 마크하며(S912), ECN 인디케이터를 설정하며 업데이트할 수 있다(S914).

[0082]

그리고, 라우터 장치(300)는 TCP 3-way handshake 단계가 완료된 경우(S916), ECN 인디케이터를 업데이트할 수 있다(S918).

[0083]

이후, 라우터 장치(300)가 데이터 패킷을 수신하면, ECN 인디케이터와 현재 큐 길이를 비교한다(S920).

[0084]

비교 결과, ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 크면, ECN 임계값을 추가적으로 증가시키며(S922), ECN 인디케이터가 현재 큐 길이보다 작거나 같으면, ECN 임계값을 반으로 줄인다(S924).

[0085]

이와 같이, 본 발명의 실시예에 따르면, 라우터 장치(300)는 낮은 지연 및 높은 자원 사용률을 동시에 보장할 수 있다.

[0086]

특히, 본 발명의 실시예에 따른 라우터 장치(300)는 허용 가능한 큐잉 수준, 즉 ECN 인디케이터를 예측할 수 있다. 즉, 본 발명의 실시예에 따른 라우터 장치(300)는 세션 형성을 위한 TCP 3-way handshake 과정 중 저지연 요구 조건 및 각 라우터 장치(300)에서 예측한 자체 딜레이가 추가된 누적 큐잉 딜레이를 마킹하며, 송신 장치(100)와 수신 장치(200) 사이에 있는 라우터 장치(300)의 개수를 예측하여, ECN 인디케이터를 예측할 수 있다.

[0087]

그리고, 본 발명의 실시예에 따른 라우터 장치(300)는 허용 가능한 큐잉 수준, 즉 ECN 인디케이터를 기준으로 네트워크 혼잡을 감지하며, 이에 따라 ECN 임계값을 동적으로 제어할 수 있다.

[0088]

이에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 라우터 장치(300)는 저지연 요구 조건을 위해 허용 가능한 큐잉 수준을 예측하고, 초과되지 않게 함으로써 저지연 네트워킹을 보장할 수 있으며, 이와 동시에 큐잉을 가능한 크게 유지함으로써 높은 자원 사용률을 달성할 수 있다.

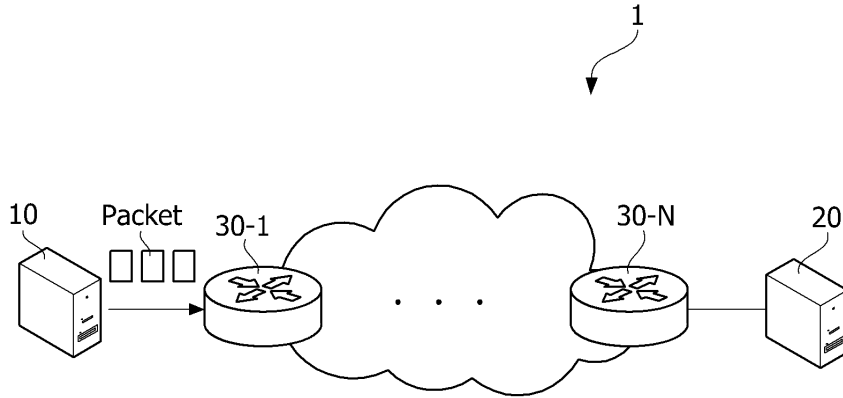
[0089]

상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정

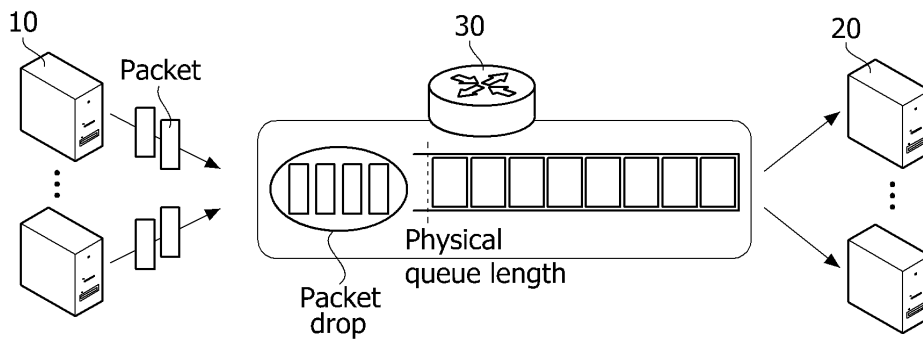
및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

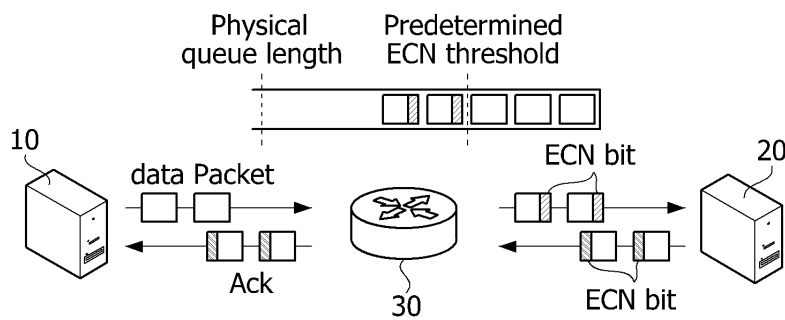
도면1



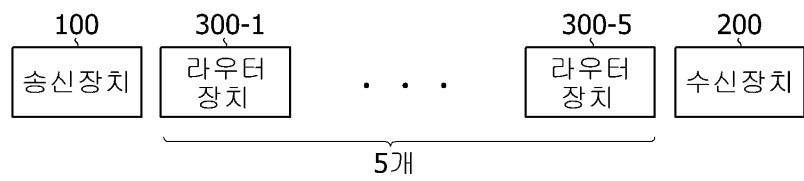
도면2



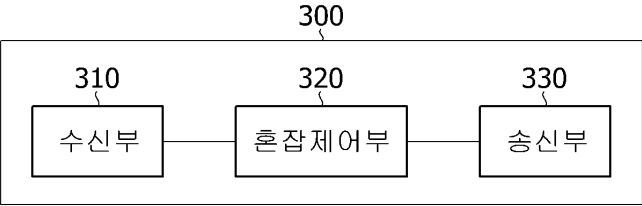
도면3



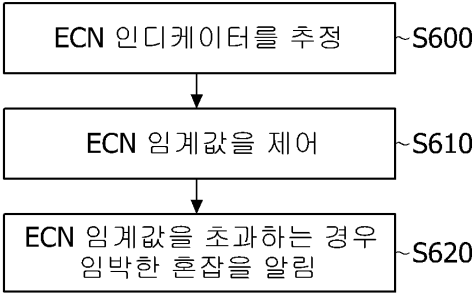
도면4



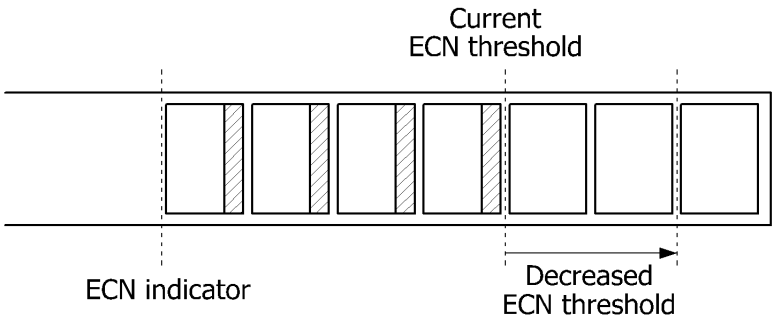
도면5



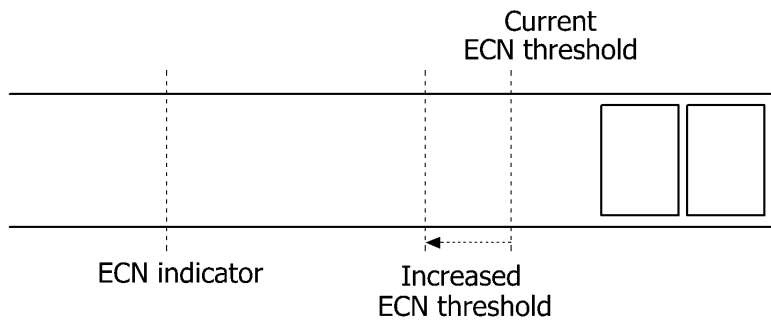
도면6



도면7



도면8



도면9

