

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2020년 3월 5일 (05.03.2020)



(10) 국제공개번호

WO 2020/045797 A1

(51) 국제특허분류:

H04L 12/807 (2013.01)

H04L 12/801 (2013.01)

H04L 12/707 (2013.01)

H04L 12/26 (2006.01)

H04L 12/841 (2013.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2019/006224

(22) 국제출원일:

2019년 5월 23일 (23.05.2019)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2018-0103190 2018년 8월 31일 (31.08.2018) KR

(71) 출원인: 연세대학교 산학협력단 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) [KR/KR]; 03722 서울시 서대문구 연세로 50(신촌동, 연세대학교), Seoul (KR).

(72) 발명자: 정종문 (CHUNG, Jong-Moon); 03722 서울시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 C203-1(신촌동), Seoul (KR). 이창성 (LEE, Chang Sung); 03722 서울시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 C203-1(신촌동), Seoul (KR). 송수은 (SONG, Soo Eun); 03722 서울시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 C203-1(신촌동), Seoul (KR).

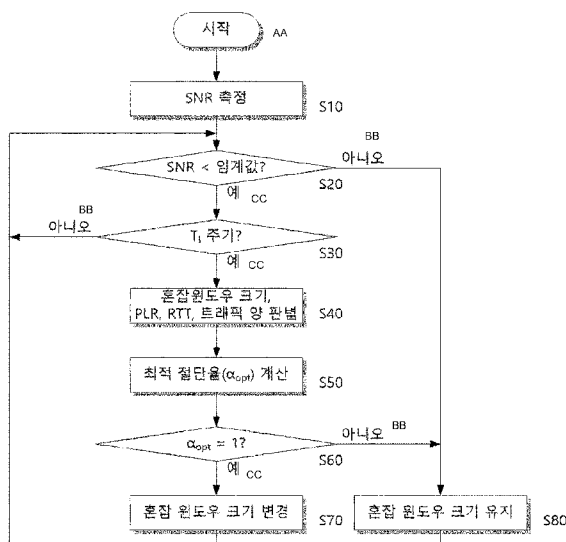
(74) 대리인: 민영준 (MIN, Young Joon); 06296 서울시 강남구 남부순환로2706, 3층(도곡동, 차우빌딩), Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR CONTROLLING CONGESTION WINDOW FOR MULTIPATH TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL

(54) 발명의 명칭: 다중경로 전송제어프로토콜을 위한 혼잡 윈도우 제어 장치 및 방법



S10 ... Measure SNR
S20 ... Is SNR less than threshold value?
S30 ... Does T1 period occur?
S40 ... Determine congestion window size, PLR, RTT and traffic amount
S50 ... Calculate optimum cutoff rate (α_{opt})
S60 ... Is α_{opt} equal to 1?
S70 ... Change congestion window size
S80 ... Maintain congestion window size
AA ... Start
BB ... No
CC ... Yes

(57) Abstract: A device and a method for controlling a congestion window for a multipath transmission control protocol, according to an embodiment of the present invention, measure a channel signal-to-noise ratio of a main network path before reducing the congestion window size of the main network path by half according to an LIA congestion control scheme, thereby enabling optimization of the congestion window size of the main network path. Therefore, the amount of data transmission that can be transmitted through the multipath can be maintained at maximum at all times.

(57) 요약서: 본 발명의 실시예에 따른 다중경로 전송제어프로토콜을 위한 혼잡 윈도우 제어 장치 및 방법은 LIA 혼잡 제어 기법에 따라 메인 네트워크 경로의 혼잡 윈도우 크기를 1/2로 줄이기 이전에, 메인 네트워크 경로의 채널 신호대 잡음비를 측정하여, 메인 네트워크 경로의 혼잡 윈도우 크기를 최적화할 수 있다. 그러므로 다중 경로를 통해 전송할 수 있는 데이터 전송량이 항상 최대로 유지되도록 할 수 있다.

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 다중경로 전송제어프로토콜을 위한 혼잡 윈도우 제어 장치 및 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 다중경로 전송제어프로토콜을 위한 혼잡 윈도우 제어 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 다중경로 전송제어프로토콜에서 최적의 데이터 오프로딩을 위한 혼잡 윈도우 제어 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 차세대 이동통신 네트워크인 5G 네트워크는 높은 데이터 전송율과 낮은 지연율을 필요로 하는 증강현실(Augmented Reality, AR), 가상현실(Virtual Reality, VR), 자율주행차와 같은 다양한 차세대 응용들을 지원할 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 5G 서비스의 요구사항을 만족시키기 위해 3GPP(3rd Generation Partnership Project)는 5G NR(New Radio) 기술의 표준화를 준비중이다. 5G에서 이용되는 밀리미터파(Millimeter-wave) 기술은 기존 셀룰러 망의 3 GHz 대역과 비교했을 때 훨씬 넓은 대역폭을 지원하기 때문에 5G NR 서비스 시나리오 중 하나인 초광대역 이동 통신(enhanced Mobile Broadband: eMBB) 서비스를 실현하기 위해 필수적인 역할을 할 것으로 보인다.
- [3] 하지만 밀리미터파 신호는 높은 경로 감쇄(path-loss)를 가지며 건물, 나무, 사람 등과 같은 장애물(blockage)에 의한 영향을 극심하게 받게 된다. 이러한 밀리미터파의 채널 특성 때문에 5G 네트워크에서는 물리 계층(Physical layer)과 MAC 계층(Media Access Control layer)뿐만 아니라 전송 계층(transport layer)에서의 신중한 설계가 필요하게 되었다. 상기한 바와 같이, 밀리미터파 신호는 장애물에 취약하기 때문에 LOS(Line-Of-Sight)에서 NLOS(Non-Line-Of-Sight) 상태로의 변화를 겪게 되고, 이로 인해 급작스런 수신신호 품질의 저하를 겪게 된다. 즉 NLOS 지역의 밀리미터파는 낮은 신호세기를 가지기 때문에, NLOS 지역에 있는 통신 기기는 LOS 지역에 있는 통신 기기보다 더 많은 패킷 수신 실패를 겪게 된다. 이는 밀리미터파 링크의 높은 패킷 손실률(Packet Loss Rate: 이하 PLR)로 이어지게 된다.
- [4] 이에 최근 전송 계층에서 다중경로 전송제어프로토콜(Multipath Transmission Control Protocol: 이하 MPTCP)에 대한 연구가 활발하다. 높은 전송 성능을 목표로 하는 MPTCP는 다수의 네트워크 인터페이스를 동시에 셋업하고 관리할 수 있다. 그러나 MPTCP를 이용하는 경우에도 장애물에 취약한 밀리미터파 링크의 채널 특성은 여전히 전송 계층의 성능을 심각하게 저해할 수 있다.
- [5] 이러한 문제를 해소하기 위해 일반적으로 TCP(Transmission Control Protocol)는 가산적 증가 배수적 감소(Additive Increase Multiplicative Decrease: 이하 AIMD)기법에 따라 혼잡 윈도우(congestion window)의 크기를 조절한다. AIMD

기법은 패킷 손실이 발생할 때마다, 혼잡 윈도우의 크기를 배수적(예를 들면, 1/2)로 줄이며, 패킷 손실이 발생되지 않으면 ACK를 확인할 때 RTT(Round-Trip-Time)마다 혼잡 윈도우 크기를 1 mss(maximum segment size)씩 가산적으로 증가시킨다.

- [6] 그러나 상기한 바와 같이, AIMD 기법은 증가 보다 감소에 더 큰 변화율을 가지므로, 패킷 손실률이 높아지면 TCP 전송률이 크게 감소되는 문제가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [7] 본 발명의 목적은 다중경로에 각각 대한 혼잡 윈도우, RTT 및 패킷 손실률과 같은 경로 상태를 반영하여 전송 데이터를 오프로딩 시킴으로써, 경로 상태에 따른 전송량을 최대로 유지할 수 있는 다중경로 전송제어프로토콜을 위한 혼잡 윈도우 제어 장치 및 방법을 제공하는데 있다.
- [8] 본 발명의 다른 목적은 채널의 신호대 잡음비에 응답하여, 혼잡 윈도우의 절단율을 다중경로의 경로별 패킷 손실률에 기반하여 연산하고, 연산된 혼잡 윈도우의 절단율에 따라 혼잡 윈도우의 크기를 감소시킴으로써, 다중경로 전송 제어프로토콜의 데이터 오프로딩을 최적화 할 수 있는 다중경로 전송제어프로토콜을 위한 혼잡 윈도우 제어 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제 해결 수단

- [9] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 다중경로 전송제어프로토콜을 위한 혼잡 윈도우 제어 장치는 지정된 다중경로 다중 경로(r_{NR}, r_{LTE}) 중 메인 네트워크 경로(r_{NR})에 대한 신호대 잡음비(이하 SNR)를 측정하고, 측정된 SNR이 기지정된 임계값 미만인지 판별하는 SNR 측정부; 상기 SNR이 상기 임계값 미만이면 활성화되고, 기지정된 시간 주기(T_I)마다 다중 경로(r_{NR}, r_{LTE}) 각각에 대한 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR}, w_{LTE}), 패킷 손실률(p_{NR}, p_{LTE}) 및 RTT(τ_{NR}, τ_{LTE})과 전송해야 할 트래픽의 양(R_{app})에 따라 기설정된 방식으로 다중 경로를 이용하여 데이터를 전송할 수 있는 전체 전송량($\bar{x}_{total}$)이 최대가 되도록 혼잡 윈도우의 크기를 가변하기 위한 최적 절단율(α_{opt})을 계산하는 절단율 연산부; 및 상기 시간 주기(T_I)로 인가되는 상기 최적 절단율(α_{opt})에 따라 상기 메인 네트워크 경로(r_{NR})에 대한 혼잡 윈도우 크기(w_{NR})를 가변하는 혼잡 윈도우 제어부; 를 포함한다.

- [10] 상기 절단율 연산부는 수학적식

$$[11] \quad \alpha_{opt} = \min \left\{ \max \left\{ \frac{x_{LTE} p_{LTE}}{2x_{NR} p_{NR}}, \frac{R_{app} - x_{LTE}}{x_{NR}} \right\}, 1 \right\}$$

- [12] 에 따라 상기 최적 절단율(α_{opt})을 계산할 수 있다.

- [13] 상기 혼잡 윈도우 제어부는 상기 메인 네트워크 경로(r_{NR})에 대한 혼잡 윈도우 크기(w_{NR})를 ($\alpha_{opt} * w_{NR}$)로 가변할 수 있다.

- [14] 상기 혼잡 윈도우 제어부는 가변된 혼잡 윈도우의 크기($\alpha_{opt} * w_{NR}$)에 따라 상기 메인 네트워크 경로(r_{NR})로 데이터를 전송할 최적 전송량($x_{NR}^{OBR} = \alpha_{opt} * x_{NR}$)을 결정하고, 상기 트래픽의 양(R_{app})에서 상기 메인 네트워크 경로(r_{NR})의 최적 전송량(x_{NR}^{OBR})을 제외한 나머지를 다른 경로로 전송하기 위해 최적 전송량($x_{LTE}^{OBR} = \rho_{LTE} * x_{LTE}$)을 결정할 수 있다.
- [15] 상기 메인 네트워크 경로는 상기 다중 경로 중 RTT가 가장 작은 경로이다.
- [16] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 다중경로 전송제어프로토콜을 위한 혼잡 윈도우 제어 방법은 지정된 다중경로 다중 경로(r_{NR}, r_{LTE}) 중 메인 네트워크 경로(r_{NR})에 대한 신호대 잡음비(이하 SNR)를 측정하는 단계; 측정된 SNR이 기지정된 임계값 미만인지 판별하는 단계; 상기 SNR이 상기 임계값 미만이면, 기지정된 시간 주기(T_I)마다 다중 경로(r_{NR}, r_{LTE}) 각각에 대한 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR}, w_{LTE}), 패킷 손실률(p_{NR}, p_{LTE}) 및 RTT(τ_{NR}, τ_{LTE})과 전송해야 할 트래픽의 양(R_{app})에 따라 기설정된 방식으로 다중 경로를 이용하여 데이터를 전송할 수 있는 전체 전송량($\bar{x}_{total}$)이 최대가 되도록 혼잡 윈도우의 크기를 가변하기 위한 최적 절단율(α_{opt})을 계산하는 단계; 및 상기 최적 절단율(α_{opt})에 따라 상기 시간 주기(T_I)로 상기 메인 네트워크 경로(r_{NR})에 대한 혼잡 윈도우 크기(w_{NR})를 가변하는 단계; 를 포함한다.

발명의 효과

- [17] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 다중경로 전송제어프로토콜을 위한 혼잡 윈도우 제어 장치 및 방법은 LIA 혼잡 제어 기법에 따라 메인 네트워크 경로의 혼잡 윈도우 크기를 1/2로 줄이기 이전에, 메인 네트워크 경로의 채널 신호대 잡음비를 측정하여, 메인 네트워크 경로의 혼잡 윈도우 크기를 최적화할 수 있다. 그러므로 다중 경로를 통해 전송할 수 있는 데이터 전송량이 항상 최대로 유지되도록 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [18] 도1 은 MPTCP의 스택 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- [19] 도2 는 MPTCP의 개념을 설명하기 위한 도면이다.
- [20] 도3 은 본 발명의 일 실시예에 따른 MPTCP 시스템을 나타낸다.
- [21] 도4 는 본 발명의 일 실시예에 따른 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 장치를 나타낸다.
- [22] 도5 는 본 발명의 일 실시예에 따른 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 방법을 나타낸다.
- [23] 도6 은 도5 의 OBR 기법을 소프트웨어 프로그램으로 구현하기 위한 OBR 알고리즘을 나타낸다.
- [24] 도7 은 본 발명의 실시예에 따른 OBR 기법의 성능을 시뮬레이션한 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [25] ", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [26] 도1 은 MPTCP의 스택 구조를 설명하기 위한 도면이고, 도2 는 MPTCP의 개념을 설명하기 위한 도면이다.
- [27] 도1 에서 (a)는 기존의 TCP 통신을 위한 스택 구조를 나타내고, (b)는 MPTCP 통신을 위한 스택 구조를 나타낸다. (b)에 도시된 바와 같이 MPTCP에서는 TCP 계층을 하나의 MPTCP 계층과 그 하위에 다수의 TCP 서브플로우(subflow)로 구분하고, 다수의 TCP 서브 플로우 개수에 대응하여 IP 계층 또한 또한 다수 개로 구분한다.
- [28] 여기서 TCP 서브플로우는 각각의 네트워크 인터페이스를 통해 설정된 종단간 연결에 흐르는 패킷의 흐름을 의미한다.
- [29] 즉 도2 에 도시된 바와 같이, MPTCP에서는 하나의 어플리케이션(Application) 또는 호스트(Host)가 각각 서로 다른 다수의 경로를 구성하고, 다수의 경로를 통해 동시에 하나의 데이터를 송수신할 수 있다.
- [30] 도2 에서는 클라이언트(client)-서버(server)의 2개의 호스트가 MPTCP 통신 방식에 따라 3개의 서로 다른 경로를 통해 통신을 수행하는 경우를 도시하였다.
- [31] 도2 에 나타난 바와 같이, 2개의 호스트는 각각 3개의 경로를 통해 통신을 수행하며, 이중 제1 경로(TCP sub-flow1)는 6mbps의 속도로 통신을 수행할 수 있고, 제2 경로(TCP sub-flow2)는 2mbps의 속도로 통신을 수행할 수 있으며, 제3 경로(TCP sub-flow3)는 1mbps의 속도로 통신을 수행할 수 있다.
- [32] 따라서 2개의 호스트는 3개의 경로를 통해 9mbps의 속도로 통신을 수행할 수 있게 되며, 3개의 경로 중 적어도 하나가 혼잡하거나 차단되더라도, 데이터를 송수신 할 수 있게 된다.
- [33] 즉 MPTCP는 다수의 경로를 이용하므로, 특정 경로에 혼잡(congestion)이 발생하거나 연결이 끊어지더라도 다른 경로를 통해 연속적으로 데이터를 주고 받을 수 있어 항상 최선의 연결을 보장하는 장점이 있다.
- [34] 도3 은 본 발명의 일 실시예에 따른 MPTCP 시스템을 나타낸다.
- [35] 현재 3GPP에서는 5G 네트워크의 최초 버전으로 5G NR과 4G LTE 자원을 동시에 이용하는 NSA(non-standalone)을 고려하고 있다. 이에 도3 에서도 5G NR과 4G LTE의 이중 네트워크 경로를 이용하는 MPTCP를 도시하였다. 즉 MPTCP는 단지 상이한 경로를 통한 데이터 전송을 의미하는 것이 아니라 이중 네트워크의 경로를 이용할 수 있다.
- [36] MPTCP를 이용한 5G NR과 LTE의 어그리게이션(aggregation)은 5G eMBB 서비스의 높은 데이터 전송량 요구조건을 만족시키기 위한 기술 중 하나이다. 하지만 5G NR과 LTE가 어그리게이션 되어 동시에 사용될 지라도, 상기한 바와 같이, 밀리미터파의 장애물에 취약한 채널 특성은 전송 계층의 성능을 심각하게 저하할 수 있다. 이에 5G NR 경로의 혼잡 윈도우 크기를 조절하여 최적의

오프로딩(offloading)을 통해 최적의 전송률을 달성할 필요가 있다.

- [37] 이하에서는 MPTCP가 일예로 5G NR과 4G LTE 네트워크를 이용하는 것으로 가정하여 설명한다. 즉 경로(r)은 5G NR 네트워크의 경로(r_{NR})과 4G LTE 네트워크의 경로(r_{LTE})를 포함할 수 있다. 그러나 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 실시예에 따른 혼잡 윈도우 제어 장치 및 방법은 5G NR과 4G LTE 네트워크뿐만 아니라 서로 다른 네트워크를 이용하는 MPTCP에 모두 적용될 수 있다.
- [38] 도4는 본 발명의 일 실시예에 따른 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 장치를 나타낸다.
- [39] 도4를 참조하면, 본 실시예에 따른 혼잡 윈도우 제어 장치는 SNR 측정부(110), 데이터 입력부(120), 절단율 연산부(130) 및 혼잡 윈도우 제어부(140)를 포함한다.
- [40] 우선 SNR 측정부(110)는 다수의 전송 경로 중 적어도 하나의 경로에 대한 신호대 잡음비(signal-to-noise ratio: 이하 SNR)(γ_{meas})를 측정한다. 특히 SNR 측정부(110)는 다수의 경로 중 혼잡 윈도우의 크기를 조절할 필요가 있는 메인 네트워크 경로의 신호대 잡음비(이하 SNR)를 측정한다. 여기서 메인 네트워크 경로는 MPTCP의 다수의 경로 중 RTT가 가장 작은 경로를 의미하며, 5G NR 일 수 있다.
- [41] 그리고 SNR 측정부(110)는 측정된 SNR(γ_{meas})이 기지정된 임계값(γ_{TH}) 미만인지 판별하고, SNR(γ_{meas})이 임계값(γ_{TH}) 미만이면 절단율 연산부(130)를 활성화한다.
- [42] 한편 데이터 입력부(120)는 전송할 데이터를 혼잡 윈도우 제어부(140)로 전달한다. 여기서 전송할 데이터는 어플리케이션 계층에서 생성되어 전송되어야 하는 데이터로서, 데이터의 크기는 전송할 트래픽의 양(R_{app})이다. 데이터 입력부(120)는 트래픽의 양(R_{app})을 절단율 연산부(130)로 전달한다.
- [43] 활성화된 절단율 연산부(130)는 기설정된 시간 주기(T)마다 혼잡 윈도우의 크기를 조절하기 위한 최적 절단율(α_{opt})을 계산한다. 본 실시예에서 최적 절단율(α_{opt})은 MPTCP에서 다수의 경로를 이용하여 데이터를 전송할 수 있는 전체 전송량의 기대값($\bar{x}_{total}$)이 최대가 되도록, 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기를 가변하기 위한 파라미터를 의미한다. 또한 최적 절단율(α_{opt})은 메인 네트워크 경로의 혼잡 윈도우의 크기를 가변하는 절단율(α , 여기서, $0 \leq \alpha \leq 1$)의 최적화 값을 의미한다. 즉 5G NR 네트워크의 절단율(α_{NR})의 최적화 값을 의미할 수 있다.
- [44] 따라서 최적 절단율(α_{opt})을 계산하기에 앞서, MPTCP 전체 전송량의 기대값($\bar{x}_{total}$)을 우선 계산해야 하며, MPTCP 전송량의 기대값($\bar{x}_{total}$)을 계산하기 위해서는 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기에 따른 MPTCP 전송량의 변화량을 계산해야 한다.

- [45] 5G NR과 4G LTE 과 같은 특정 네트워크의 경로(r)에서의 혼잡 윈도우 크기, 패킷 손실률(packet loss rate: PLR), RTT(round-trip-time) 및 전송량을 각각 w_r , p_r , τ_r , x_r 이라 하고, 경로(r)에서 Ack 수신 시 마다 발생하는 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기 증가량과 경로(r)에서 패킷 손실 시 마다 발생하는 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기 감소량을 각각 I_r , D_r 이라 하면, 경로(r)에서 RTT(τ_r) 동안 발생하는 혼잡 윈도우 크기(w_r)의 총 변화량(Δw_r)은 수학식 1과 같이 계산될 수 있다.

- [46] [수식1]

$$\Delta w_r = w_r (I_r (1 - p_r) - D_r p_r)$$

- [47] 수학식 1에서

$$(I_r (1 - p_r) - D_r p_r)$$

는 1개의 패킷 전송에 대한 혼잡 윈도우 크기 변화의 기대값을 나타내며, 혼잡 윈도우 크기(w_r)는 RTT동안 경로(r)을 통해 전송되는 패킷의 수를 의미한다.

- [48] 그리고 수학식 1로부터 경로(r)에서 RTT(τ_r) 동안의 전송량 변화량($\dot{x}_r$)은 수학식 2와 같이 계산될 수 있다.

- [49] [수식2]

$$\dot{x}_r = \dot{w}_r / \tau_r = w_r (I_r (1 - p_r) - D_r p_r) / \tau_r^2$$

- [50] 수학식 2에서

$$\dot{w}_r$$

는 경로(r)에서 혼잡 윈도우 크기(w_r)의 변화량을 의미한다.

- [51] 상기한 바와 같이, 절단율 연산부(130)는 기설정된 시간 주기(T_r)로 최적 절단율(α_{opt})을 계산하며, 시간 주기(T_r)이 매우 짧은 시간(예를 들면 10ms)이면, 경로(r)에서 시간 주기(T_r)동안의 전송량($\bar{x}_r$)은 1차 함수로 근사화될 수 있다. 따라서 시간 주기(T_r)동안의 평균 전송량($\bar{x}_r$)은 수학식 3과 같이 표현될 수 있다.

- [52] [수식3]

$$\bar{x}_r = x_r + (T_r / 2) \cdot \dot{x}_r$$

- [53] 한편 MPTCP는 일반적으로 스케줄링 방식으로 가장 기본적인 MPTCP 스케줄링 방식인 LowRTT(Lowest-RTT-First) 방식을 이용하고, 혼잡 제어 방식으로서는 LIA(Linked-Increase Algorithm)를 이용한다.

- [54] LowRTT 스케줄링 방식에 의하면, 다수의 네트워크 경로 중 RTT가 작은 경로는 이용률을 최대화 하여 스케줄링하고, RTT가 큰 경로에서는 RTT가 작은

경로에서는 RTT가 작은 경로로 전송하지 못하는 나머지 패킷들을 전송하도록 스케줄링하게 된다.

- [55] 도3 에서와 같이, MPTCP가 5G NR과 LTE 2개의 경로를 이용하도록 구성된 경우, LowRTT 스케줄링 방식에서는 기본적으로 RTT가 작은 메인 네트워크 경로인 5G NR 경로의 이용률(ρ_{NR})을

$$\rho_{NR}$$

)을 최대로 설정하고, LTE의 이용률(ρ_{LTE})은

$$\rho_{LTE}$$

)은 어플리케이션 계층에서 생성되는 트래픽의 양(R_{app}), 즉 전송할 데이터의 크기에 의해 조절된다. 어플리케이션 계층에서 생성되는 트래픽의 양(R_{app})은

$$\rho_{NR}(\alpha x_{NR}) + \rho_{LTE} x_{LTE} = R_{app}$$

를 만족하며, 5G NR의 이용률(ρ_{NR})은

$$\rho_{NR}$$

)은 5G NR 경로가 혼잡하지 않는 경우에 최대($\rho_{NR} = 1$)로

$$\rho_{NR}$$

설정되므로, LTE 경로의 이용률(ρ_{LTE})은

$$\rho_{LTE}$$

)은

$$\rho_{LTE} = (R_{app} - \alpha x_{NR}) / x_{LTE}$$

를 만족하도록 설정된다.

- [56] 여기서 절단율(α)은 메인 네트워크인 5G NR에 대한 절단율을 의미하며, 5G NR과 LTE 전송량(x_{NR}, x_{LTE})는 현재 혼잡 윈도우 크기(w_{NR}, w_{LTE})와 현재 RTT(τ_{NR}, τ_{LTE})에 기반하여 계산된 전송량($x_{NR} = w_{NR} / \tau_{NR}, x_{LTE} = w_{LTE} / \tau_{LTE}$)을 의미한다.

- [57] 상기한 바와 같이, 절단율 연산부(130)는 MPTCP 전송량의 기대값($\bar{x}_{total}$)을

$$\bar{x}_{total}$$

최대로 하는 절단율(α)을 최적 절단율(α_{opt})로 연산하며, 이에 따른 최적화 조건은 수학식 4로 설정될 수 있다.

- [58] [수식4]

$$\text{Maximize}_{\alpha} \quad \bar{x}_{total}(\alpha)$$

$$\text{Subject to} \quad \frac{R_{app} - x_{LTE}}{x_{NR}} \leq \alpha \leq 1$$

- [59] 수학식 4 의 조건은 LTE 경로의 이용률(ρ_{LTE})은

$$\rho_{LTE}$$

상계(upper bound)가 1(

ρ_{LTE}

≤ 1)이고, 절단율(α)은 $0 \leq \alpha \leq 1$ 의 범위 내의 값이기 때문이다.

- [60] 그리고 LIA 혼잡 제어 기법을 이용하므로, 5G NR 경로와 LTE 경로에서의 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기 증가율(I_{NR}, I_{LTE})과 감소율(D_{NR}, D_{LTE})은 각각 수학적식 5 및 6으로 계산된다.

- [61] [수식5]

$$I_{NR} = \frac{\max\{\alpha w_{NR} / \tau_{NR}^2, w_{LTE} / \tau_{LTE}^2\}}{(\alpha w_{NR} / \tau_{NR} + w_{LTE} / \tau_{LTE})^2}, \quad D_{NR} = \alpha w_{NR} / 2$$

- [62] [수식6]

$$I_{LTE} = \frac{\max\{\alpha w_{NR} / \tau_{NR}^2, w_{LTE} / \tau_{LTE}^2\}}{(\alpha w_{NR} / \tau_{NR} + w_{LTE} / \tau_{LTE})^2}, \quad D_{LTE} = w_{LTE} / 2$$

- [63] LIA 혼잡 제어 기법은 수학적식 5 및 6에 따라 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기를 증가시키는 경우에는 5G NR 경로에 대한 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기를 절단율(α)로 변경한 경우의 전송량과 LTE 경로의 전송량 중 큰 값을 갖는 쪽을 선택하여, 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기를 증가 시킨다. 반면, 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기를 감소시키는 경우에는 각 경로의 혼잡 윈도우 크기를 1/2로 감소시킨다.

- [64] 따라서 LIA 혼잡 제어 기법은 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기를 1/2로 감소시켜, 전송량의 감소가 매우 크다는 문제가 있다. 이에 본 실시예에서는 LIA 혼잡 제어 기법이 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기가 1/2로 줄이지 않도록, LIA 혼잡 제어 기법이 적용되기 이전에 측정된 SNR(

γ_{meas}

)을 기반으로 메인 네트워크 경로의 최적 절단율(α_{opt})을 연산하고, 연산된 최적 절단율(α_{opt})에 따라 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기를 선제적으로 가변한다.

- [65] 최적 절단율(α_{opt})을 연산하기 위해서는 우선 5G NR 경로와 LTE 경로 각각에서의 전송량 변화량(

$\dot{x}_{NR}$

,

$\dot{x}_{LTE}$

)을 계산할 필요가 있다. 수학적식 2와 함께 수학적식 5 및 6을 참조할 때, 5G NR 경로와 LTE 경로 각각에서의 전송량 변화량(

$\dot{x}_{NR}$

,

$\dot{x}_{LTE}$

)은 수학적식 7 및 8과 같이 계산될 수 있다.

- [66]

[수식7]

$$\dot{x}_{NR} = \frac{\alpha x_{NR}}{\tau_{NR}} \left(\frac{\max \left\{ \alpha w_{NR} / \tau_{NR}^2, w_{LTE} / \tau_{LTE}^2 \right\}}{(\alpha x_{NR} + x_{LTE})^2} (1 - p_{NR}) - \frac{\alpha w_{NR}}{2} p_{NR} \right)$$

[67] [수식8]

$$\dot{x}_{LTE} = \frac{\rho_{LTE} x_{LTE}}{\tau_{LTE}} \left(\frac{\max \left\{ \alpha w_{NR} / \tau_{NR}^2, w_{LTE} / \tau_{LTE}^2 \right\}}{(\alpha x_{NR} + x_{LTE})^2} (1 - p_{LTE}) - \frac{w_{LTE}}{2} p_{LTE} \right)$$

[68] 그리고 수식식 3과 수식식 7 및 8에 의해 MPTCP 전송량의 기대값($\bar{x}_{total}$)은 수식식 9와 같이 표현될 수 있다. $\bar{x}_{total}$

[69] [수식9]

$$\begin{aligned} \bar{x}_{total}(\alpha) &= \bar{x}_{NR}(\alpha) + \bar{x}_{LTE}(\alpha) \\ &= -\frac{x_{NR}^2 p_{NR} T_I}{4} \alpha^2 + \frac{x_{NR} x_{LTE} p_{LTE} T_I}{4} \alpha + R_{app} \left(1 - \frac{x_{LTE} p_{LTE} T_I}{4} \right) \\ &\quad + \max \left\{ \frac{\alpha x_{NR}}{\tau_{NR}}, \frac{x_{LTE}}{\tau_{LTE}} \right\} \frac{\left(\frac{1-p_{NR}}{\tau_{NR}} - \frac{1-p_{LTE}}{\tau_{LTE}} \right) x_{NR} T_I \alpha + \frac{R_{app} (1-p_{LTE}) T_I}{\tau_{LTE}}}{2(\alpha x_{NR} + x_{LTE})^2} \end{aligned}$$

[70] 한편 수식식 9의 MPTCP 전송량의 기대값($\bar{x}_{total}$)은 수식식 10으로 근사화 될 수 있다. $\bar{x}_{total}$

[71] [수식10]

$$\begin{aligned} \tilde{x}_{total}(\alpha) &= -\frac{x_{NR}^2 p_{NR} T_I}{4} \alpha^2 + \frac{x_{NR} x_{LTE} p_{LTE} T_I}{4} \alpha \\ &\quad + R_{app} \left(1 - \frac{x_{LTE} p_{LTE} T_I}{4} \right) \end{aligned}$$

[72] 수식식 10의 근사화된 MPTCP 전송량의 기대값($\tilde{x}_{total}$)은 2차 함수의 형태이기 때문에, 근사화된 MPTCP 전송량의 기대값($\tilde{x}_{total}$)을 최대화하는 절단율(α)을 계산할 수 있다. 상기한 바와 같이, MPTCP 전송량의 기대값($\tilde{x}_{total}$)을 최대화하는 절단율(α)은 메인 네트워크인 5G NR에서 최적 절단율(α_{opt})이며, 수식식 11에 따라 계산될 수 있다. $\tilde{x}_{total}$ $\tilde{x}_{total}$ $\tilde{x}_{total}$ $\tilde{x}_{total}$ $\tilde{x}_{total}$ $\tilde{x}_{total}$

[73]

[수식11]

$$\alpha_{opt} \approx \arg_{\alpha} \left[\frac{\partial \tilde{x}_{total}(\alpha)}{\partial \alpha} = 0 \right], \text{ if } \frac{R_{app} - x_{LTE}}{x_{NR}} \leq \alpha \leq 1$$

$$= \min \left\{ \max \left\{ \frac{x_{LTE} p_{LTE}}{2x_{NR} p_{NR}}, \frac{R_{app} - x_{LTE}}{x_{NR}} \right\}, 1 \right\}$$

[74] 수학식 11을 참조하면, 최적 절단율(α_{opt})은 $(x_{LTE} p_{LTE} / 2x_{NR} p_{NR})$ 과 $((R_{app} - x_{LTE}) / x_{NR})$ 중 큰 값과 1을 비교하여 작은 값으로 계산된다. 이는 상기한 바와 같이, 최적 절단율(α_{opt})은 $0 \leq \alpha_{opt} \leq 1$ 의 범위의 값으로 설정되어야 하기 때문이다.

[75] 절단율 연산부(130)는 최적 절단율(α_{opt})이 계산되면, 계산된 최적 절단율(α_{opt})을 혼잡 윈도우 제어부(140)로 전달한다.

[76] 혼잡 윈도우 제어부(140)는 최적 절단율(α_{opt})에 따라 메인 네트워크인 5G NR 경로(r_{NR})의 혼잡 윈도우 크기를 $(\alpha_{opt} * w_{NR})$ 로 최적화하고, 최적화된 혼잡 윈도우의 크기에 따라 5G NR 경로로 데이터를 전송할 최적 전송량(x_{NR}^{OBR})을 결정한다. 5G NR 경로로 전송할 최적 전송량(x_{NR}^{OBR})은 최적 절단율(α_{opt})과 전송량(x_{NR})의 곱($x_{NR}^{OBR} = \alpha_{opt} * x_{NR}$)으로 계산될 수 있다. 한편 혼잡 윈도우 제어부(140)는 어플리케이션 계층에서 생성되는 트래픽의 양(R_{app})에서 5G NR 경로로 전송할 최적 전송량(x_{NR}^{OBR})을 제외한 나머지를 LTE 경로로 전송하기 위해 LTE 경로의 최적 전송량(x_{LTE}^{OBR})을 결정한다. LTE 경로로 전송할 최적 전송량(x_{LTE}^{OBR})은 전송량(x_{LTE})과 LTE 경로의 이용률(ρ_{LTE})의 곱으로 계산($x_{LTE}^{OBR} = \rho_{LTE} * x_{LTE}$)될 수 있다. 그리고 결정된 경로별 전송량(x_{NR}^{OBR})을 결정한다.

x_{NR}^{OBR}

x_{NR}^{OBR}

x_{NR}^{OBR}

x_{NR}^{OBR}

x_{LTE}^{OBR}

x_{LTE}^{OBR}

ρ_{LTE}

x_{LTE}^{OBR}

ρ_{LTE}

x_{NR}^{OBR}

- ,
 x_{LTE}^{OBR}
)에 따라 데이터 입력부(120)에서 인가되는 데이터를 분산하여 서로 다른 경로를 통해 전송한다.
- [77] 활성화된 절단을 연산부(130)가 기지정된 시간 주기(T_I)마다 최적 절단을(α_{opt})을 연산하여 전달하므로, 혼잡 윈도우 제어부(140) 또한 시간 주기(T_I)마다 네트워크인 5G NR 경로(r_{NR})의 혼잡 윈도우 크기를 ($\alpha_{opt} * w_{NR}$)로 최적화하여 데이터를 전송할 수 있다.
- [78] 혼잡 윈도우 제어부(140)는 최적 절단을(α_{opt})이 1인 경우, 혼잡 윈도우의 크기는 ($1 * w_{NR}$)로 최적화되므로, 가변하지 않는다. 즉 현재 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR}, w_{LTE})가 유지된다. 또한 혼잡 윈도우 제어부(140)는 SNR 측정부(110)에서 측정된 SNR(
 γ_{meas}
)이 임계값(
 γ_{TH}
) 이상이면, 현재 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR}, w_{LTE})를 유지한다.
- [79] 그러나 경우에 따라서 혼잡 윈도우 제어부(140)는 SNR 측정부(110)에서 측정된 SNR(
 γ_{meas}
)이 임계값(
 γ_{TH}
) 이상이면, LIA 혼잡 제어 기법에 따라 5G NR 경로와 LTE 경로에서의 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기를 수학적 5 및 6의 증가율(I_{NR}, I_{LTE})만큼 증가시키도록 구성될 수 있다.
- [80] 상기에서는 혼잡 윈도우 제어부(140)가 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR}, w_{LTE})를 조절할 뿐만 아니라 데이터 입력부(120)로부터 데이터를 인가받고, 결정된 경로별 전송량에 따라 전송하는 것으로 설명하였으나, 혼잡 윈도우 제어부(140)는 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR}, w_{LTE})만을 조절하고, 데이터는 별도의 구성을 통해 전송되도록될 수도 있다.
- [81] 도5는 본 발명의 일 실시예에 따른 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 방법을 나타낸다.
- [82] 도4를 참조하여, 도5의 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 방법을 설명하면, 우선 SNR 측정부(110)가 MPTCP의 다중 경로 중 적어도 하나, 특히 메인 네트워크 경로(r_{NR})의 SNR(
 γ_{meas}
)을 측정한다(S10).
- [83] 그리고 측정된 SNR(
 γ_{meas}
)이 임계값(
 γ_{TH}
) 이상이면, 현재 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR}, w_{LTE})를 유지한다.

γ_{meas}

)이 기지정된 임계값(γ_{TH})

γ_{TH}

) 미만인지 판별한다(S20). 만일 측정된 SNR(γ_{meas})

γ_{meas}

)이 기지정된 임계값(γ_{TH})

γ_{TH}

) 이상이면, 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR} , w_{LTE})를 유지한다(S80). 그러나 상기한 바와 같이, 혼잡 윈도우 제어부(140)는 SNR 측정부(110)에서 측정된 SNR(γ_{meas})

γ_{meas}

)이 임계값(γ_{TH})

γ_{TH}

) 이상이면, LIA 혼잡 제어 기법에 따라 5G NR 경로와 LTE 경로에서의 혼잡 윈도우(cwnd)의 크기를 수학적 5 및 6의 증가율(I_{NR} , I_{LTE})만큼 증가시킬 수도 있다.

[84] 반면, 측정된 SNR(γ_{meas})

γ_{meas}

)이 기지정된 임계값(γ_{TH})

γ_{TH}

) 미만이면, SNR 측정부(110)는 절단을 연산부(130)를 활성화하고, 활성화된 절단을 연산부(130)는 기설정된 시간 주기(T_J)에 도달하였는지 판별한다(S30). 기설정된 시간 주기(T_J)에 도달하면, 절단을 연산부(130)는 각 경로(r_{NR} , r_{LTE})에 대한 현재 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR} , w_{LTE}), 패킷 손실률(PLR)(p_{NR} , p_{LTE}), RTT(τ_{NR} , τ_{LTE})을 획득한다. 또한 데이터 입력부(130)으로부터 전송할 데이터의 크기, 즉 트래픽의 양(R_{app})을 확인한다(S40).

[85] 그리고 절단을 연산부(130)는 획득된 각 경로(r_{NR} , r_{LTE})에 대한 현재 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR} , w_{LTE}), 패킷 손실률(PLR)(p_{NR} , p_{LTE}), RTT(τ_{NR} , τ_{LTE}) 및 트래픽의 양(R_{app})을 기초로, 수학적 11에 따라 최적 절단을(α_{opt})을 계산하여 획득한다(S50).

[86] 혼잡 윈도우 제어부(140)는 절단을 연산부(130)에서 계산된 최적 절단을(α_{opt})을 인가받고, 최적 절단을(α_{opt})이 1인지 판별한다(S60). 최적 절단을(α_{opt})은 $0 \leq \alpha_{opt} \leq 1$ 의 범위의 값을 가지므로, 최적 절단을(α_{opt})의 값 1은 최대값을 의미한다. 따라서, 최적 절단을(α_{opt})이 1이면, 혼잡 윈도우 제어부(140)는 메인 네트워크 경로인 5G NR 네트워크(r_{NR})에 대한 혼잡 윈도우 크기(w_{NR})를 변경하지 않고 유지한다(S80).

[87] 반면, 최적 절단을(α_{opt})이 1이 아니면, 즉 최적 절단을(α_{opt})이 1 미만이면, 메인 네트워크 경로(r_{NR})에 대한 혼잡 윈도우 크기(w_{NR})를 ($\alpha_{opt} * w_{NR}$)로 변경한다(S70).

- [88] 그리고 혼잡 윈도우 제어부(140)는 최적화된 혼잡 윈도우의 크기($\alpha_{opt} * w_{NR}$)에 따라 5G NR 경로로 데이터를 전송할 최적 전송량(x_{NR}^{OBR})을 결정하고, LTE 경로의 최적 전송량(x_{LTE}^{OBR})을 결정한다. 그리고 결정된 경로별 전송량에 따라 데이터 입력부(120)에서 인가되는 데이터를 분산하여 서로 다른 경로를 통해 전송할 수 있다.
- [89] 상기한 바와 같이, 트래픽의 양(R_{app})과 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR}, w_{LTE}), 패킷 손실률(PLR)(p_{NR}, p_{LTE}), RTT(τ_{NR}, τ_{LTE})에 따라 다중 경로 각각으로 전송될 전송량을 조절하는 본 실시예의 혼잡 윈도우 제어 방법을 OBR(Offloading by Restriction) 기법이라 할 수 있다.
- [90] 도6은 도5의 OBR 기법을 소프트웨어 프로그램으로 구현하기 위한 OBR 알고리즘을 나타내고, 도7은 본 발명의 실시예에 따른 OBR 기법의 성능을 시뮬레이션한 도면이다.
- [91] 도7은 본 실시예에 따른 OBR 기법의 패킷 손실률(PLR) 대비 전체 전송량($\bar{x}_{total}$)의 변화를 기존의 MPTCP의 혼잡 제어 기법인 LIA와 MOA와 비교하여 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.
- [92] 도7에 나타난 바와 같이, 본 실시예에 따른 OBR 기법은 MOA 대비 평균 6.21%, 4.08% 성능 이득 ($p_{LTE}=0.1\%, p_{LTE}=0.3\%$), LIA 대비 평균 28.89%, 25.54% 성능 이득 ($p_{LTE}=0.1\%, p_{LTE}=0.3\%$)을 얻을 수 있다는 것이 확인되었다. 즉 OBR 기법이 MPTCP의 전체 전송량($\bar{x}_{total}$)을 크게 증가시킬 수 있음이 확인되었다.
- [93] 결과적으로 본 발명의 실시예에 따른 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 장치 및 방법은 LIA 혼잡 제어 기법에 따라 메인 네트워크 경로의 혼잡 윈도우 크기를 1/2로 줄이기 이전에, 메인 네트워크 경로의 채널 SNR(γ_{meas})을 측정하여, 메인 네트워크 경로의 혼잡 윈도우 크기(w_{NR})를 ($\alpha_{opt} * w_{NR}$)로 최적화한다. 따라서, 다중 경로를 통해 전송할 수 있는 데이터 전송량이 항상 최대로 유지되도록 할 수 있다.
- [94] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행 시키기 위한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 여기서 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 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.

[95] 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.

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

청구범위

- [청구항 1] 다중경로 전송제어프로토콜(이하 MPTCP)을 위한 혼잡 윈도우 제어 장치에 있어서,
 지정된 다중경로 다중 경로(r_{NR} , r_{LTE}) 중 메인 네트워크 경로(r_{NR})에 대한 신호대 잡음비(이하 SNR)을 측정하고, 측정된 SNR이 기지정된 임계값 미만인지 판별하는 SNR 측정부;
 상기 SNR이 상기 임계값 미만이면 활성화되고, 기지정된 시간 주기(T_1)마다 다중 경로(r_{NR} , r_{LTE}) 각각에 대한 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR} , w_{LTE}), 패킷 손실률(p_{NR} , p_{LTE}) 및 RTT(τ_{NR} , τ_{LTE})과 전송해야 할 트래픽의 양(R_{app})에 따라 기설정된 방식으로 다중 경로를 이용하여 데이터를 전송할 수 있는 전체 전송량($\bar{x}_{total}$)이 최대가 되도록 혼잡 윈도우의 크기를 가변하기 위한 최적 절단율(α_{opt})을 계산하는 절단율 연산부; 및
 상기 시간 주기(T_1)로 인가되는 상기 최적 절단율(α_{opt})에 따라 상기 메인 네트워크 경로(r_{NR})에 대한 혼잡 윈도우 크기(w_{NR})를 가변하는 혼잡 윈도우 제어부; 를 포함하는 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 장치.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서, 상기 절단율 연산부는
 수학적식
- $$\alpha_{opt} = \min \left\{ \max \left\{ \frac{x_{LTE} p_{LTE}}{2x_{NR} p_{NR}}, \frac{R_{app} - x_{LTE}}{x_{NR}} \right\}, 1 \right\}$$
- 에 따라 상기 최적 절단율(α_{opt})을 계산하는 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 장치.
- [청구항 3] 제1 항에 있어서, 상기 혼잡 윈도우 제어부는
 상기 메인 네트워크 경로(r_{NR})에 대한 혼잡 윈도우 크기(w_{NR})를 ($\alpha_{opt} * w_{NR}$)로 가변하는 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 장치.
- [청구항 4] 제3 항에 있어서, 상기 혼잡 윈도우 제어부는
 가변된 혼잡 윈도우의 크기($\alpha_{opt} * w_{NR}$)에 따라 상기 메인 네트워크 경로(r_{NR})로 데이터를 전송할 최적 전송량($x_{NR}^{OBR} = \alpha_{opt} * x_{NR}$)을 결정하고, 상기 트래픽의 양(R_{app})에서 상기 메인 네트워크 경로(r_{NR})의 최적 전송량(x_{NR}^{OBR})을 제외한 나머지를 다른 경로로 전송하기 위해 최적 전송량($x_{LTE}^{OBR} = \rho_{LTE} * x_{LTE}$)을 결정하는 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 장치.
- [청구항 5] 제1 항에 있어서, 상기 메인 네트워크 경로는
 상기 다중 경로 중 RTT가 가장 작은 경로인 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 장치.
- [청구항 6] 다중경로 전송제어프로토콜(이하 MPTCP)을 위한 혼잡 윈도우 제어 방법에 있어서,

지정된 다중경로 다중 경로(r_{NR}, r_{LTE}) 중 메인 네트워크 경로(r_{NR})에 대한 신호대 잡음비(이하 SNR)을 측정하는 단계;
 측정된 SNR이 기지정된 임계값 미만인지 판별하는 단계;
 상기 SNR이 상기 임계값 미만이면, 기지정된 시간 주기(T_I)마다 다중 경로(r_{NR}, r_{LTE}) 각각에 대한 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR}, w_{LTE}), 패킷 손실률(p_{NR}, p_{LTE}) 및 RTT(τ_{NR}, τ_{LTE})과 전송해야 할 트래픽의 양(R_{app})에 따라 기설정된 방식으로 다중 경로를 이용하여 데이터를 전송할 수 있는 전체 전송량($\bar{x}_{total}$)이 최대가 되도록 혼잡 윈도우의 크기를 가변하기 위한 최적 절단율(α_{opt})을 계산하는 단계; 및
 상기 최적 절단율(α_{opt})에 따라 상기 시간 주기(T_I)로 상기 메인 네트워크 경로(r_{NR})에 대한 혼잡 윈도우 크기(w_{NR})를 가변하는 단계; 를 포함하는 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 방법.

- [청구항 7] 제6 항에 있어서, 상기 최적 절단율(α_{opt})을 계산하는 단계는 기지정된 시간 주기(T_I)마다 다중 경로(r_{NR}, r_{LTE}) 각각에 대한 혼잡 윈도우의 크기(w_{NR}, w_{LTE}), 패킷 손실률(p_{NR}, p_{LTE}) 및 RTT(τ_{NR}, τ_{LTE})과 전송해야 할 트래픽의 양(R_{app})을 획득하는 단계; 및 수학적

$$\alpha_{opt} = \min \left\{ \max \left\{ \frac{x_{LTE} p_{LTE}}{2x_{NR} p_{NR}}, \frac{R_{app} - x_{LTE}}{x_{NR}} \right\}, 1 \right\}$$

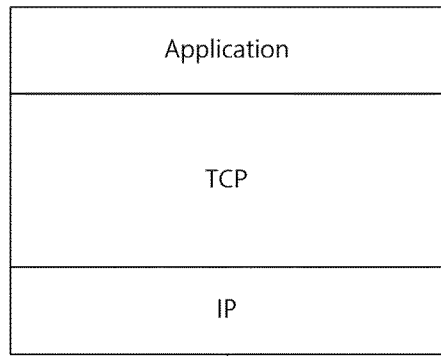
에 따라 상기 최적 절단율(α_{opt})을 계산하는 단계; 를 포함하는 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 방법.

- [청구항 8] 제6 항에 있어서, 상기 혼잡 윈도우 크기(w_{NR})를 가변하는 단계는 상기 메인 네트워크 경로(r_{NR})에 대한 혼잡 윈도우 크기(w_{NR})를 ($\alpha_{opt} * w_{NR}$)로 가변하는 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 방법.

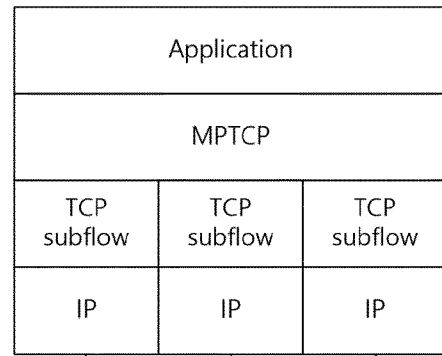
- [청구항 9] 제8 항에 있어서, 상기 혼잡 윈도우 크기(w_{NR})를 가변하는 단계는 가변된 혼잡 윈도우의 크기($\alpha_{opt} * w_{NR}$)에 따라 상기 메인 네트워크 경로(r_{NR})로 데이터를 전송할 최적 전송량($x_{NR}^{OBR} = \alpha_{opt} * x_{NR}$)을 결정하는 단계; 및
 상기 트래픽의 양(R_{app})에서 상기 메인 네트워크 경로(r_{NR})의 최적 전송량(x_{NR}^{OBR})을 제외한 나머지를 다른 경로로 전송하기 위해 최적 전송량($x_{LTE}^{OBR} = \rho_{LTE} * x_{LTE}$)을 결정하는 단계; 를 더 포함하는 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 방법.

- [청구항 10] 제6 항에 있어서, 상기 메인 네트워크 경로는 상기 다중 경로 중 RTT가 가장 작은 경로인 MPTCP를 위한 혼잡 윈도우 제어 방법.

[도 1]

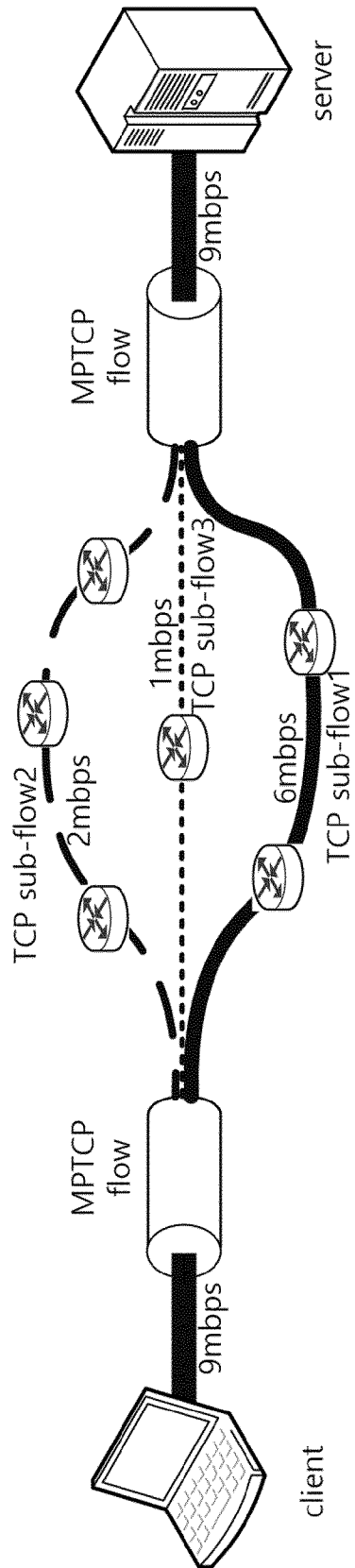


(a)

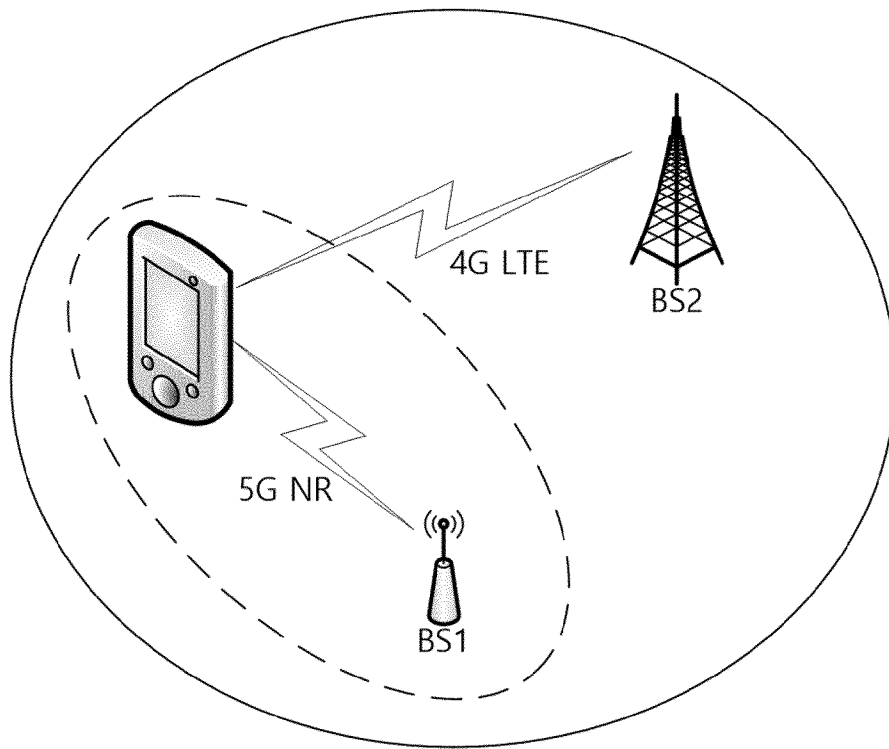


(b)

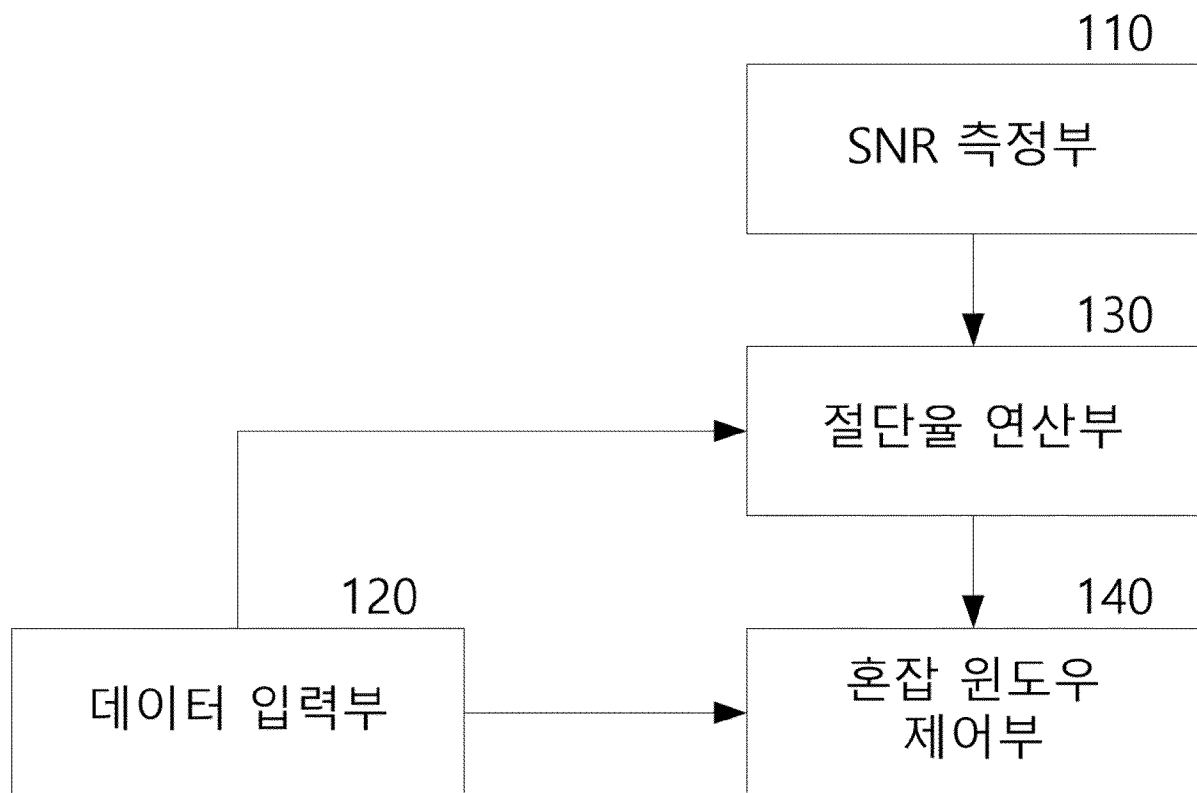
[도2]



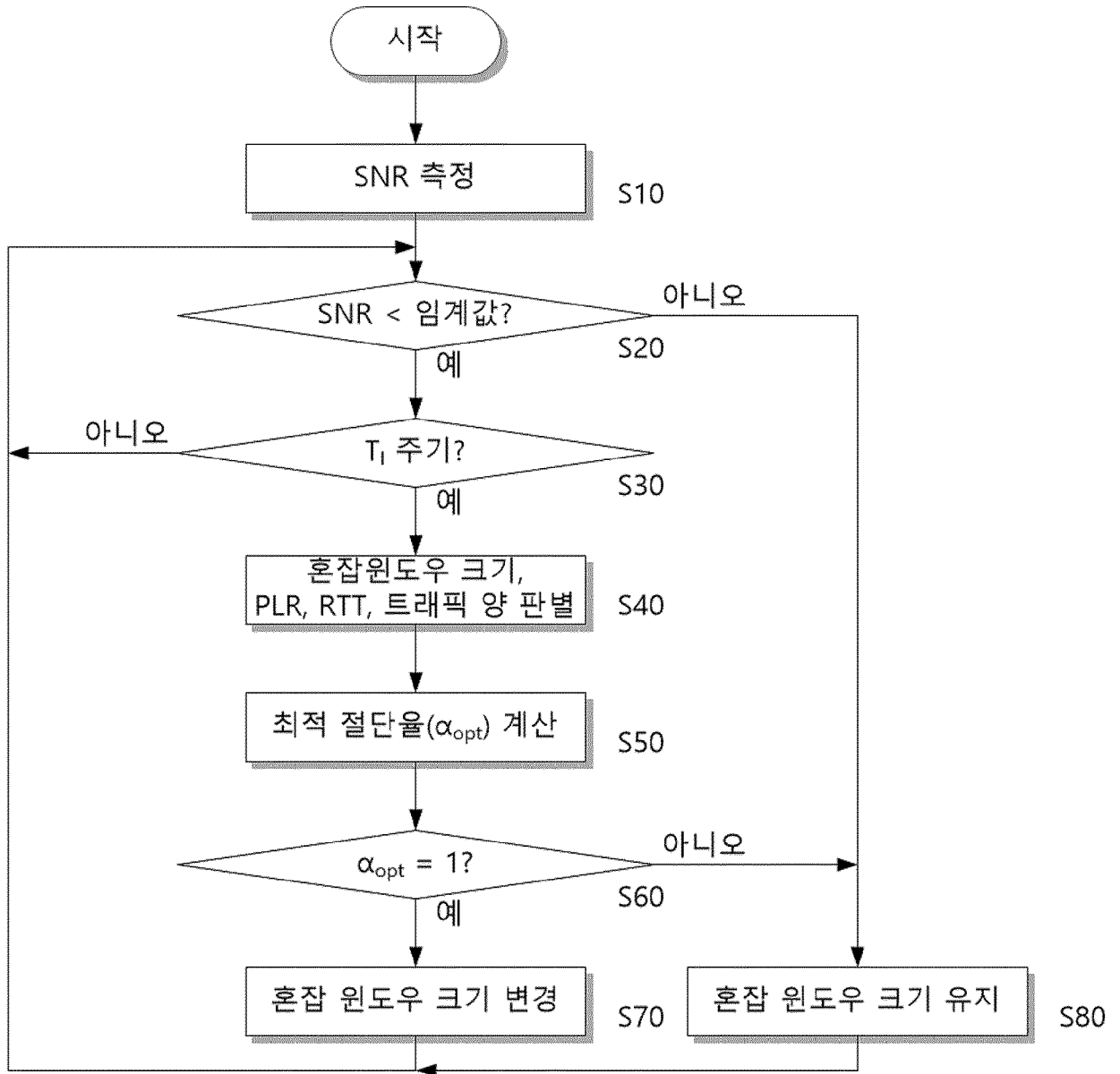
[도3]



[도4]



[도5]



[도6]

Algorithm 1: OBR Algorithm

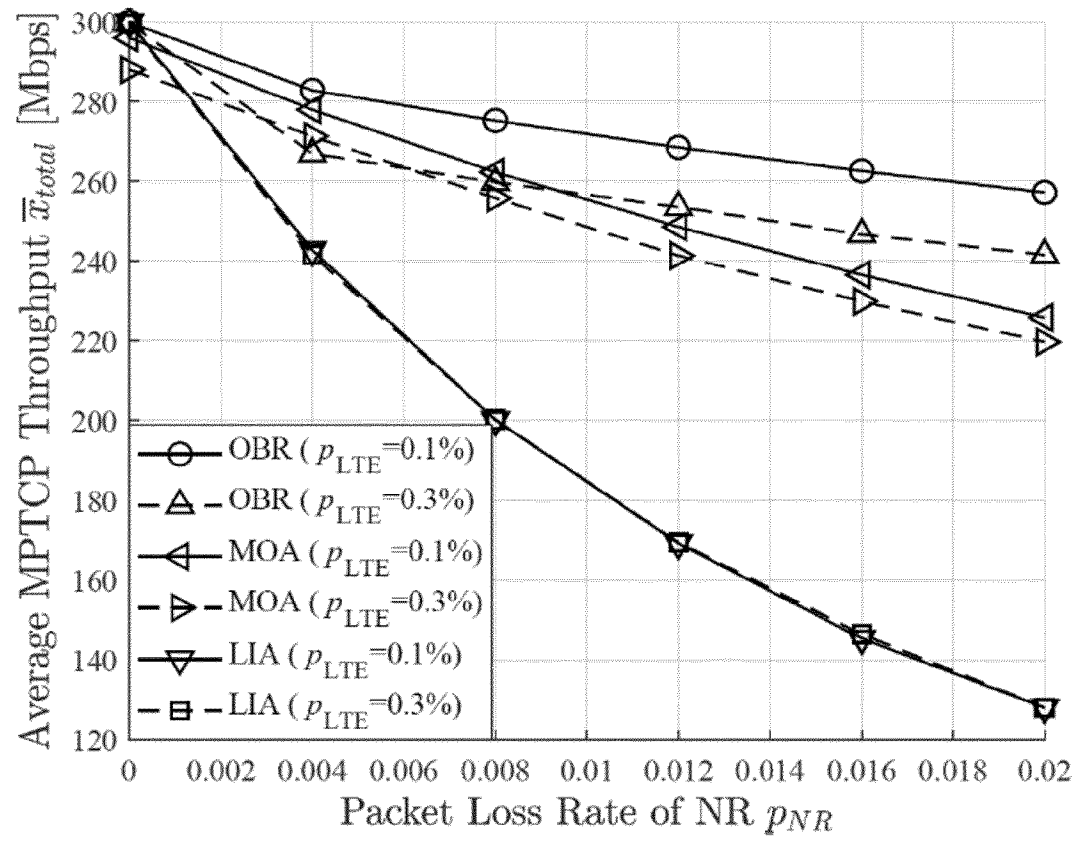
Input: cwnd size w_r , RTT value τ_r , PLR value p_r
based on $r \in \{NR, LTE\}$

```

1 if  $\gamma_{meas} < \gamma_{TH}$  then
2   for every time interval  $T_I$  do
3     Get  $w_r$ ,  $\tau_r$ ,  $p_r$  based on  $r \in \{NR, LTE\}$ 
4     Compute optimal cwnd cutoff factor  $\alpha_{opt}$ 
5     if  $\alpha_{opt} = 1$  then
6       Maintain cwnd of NR as  $w_{NR}$ 
7     else
8       Reduce cwnd of NR from  $w_{NR}$  to  $\alpha_{opt}w_{NR}$ 

```

[도7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/006224

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 12/807(2013.01)i, H04L 12/707(2013.01)i, H04L 12/841(2013.01)i, H04L 12/801(2013.01)i, H04L 12/26(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L 12/807; H04L 12/707; H04L 12/721; H04L 12/801; H04L 12/825; H04W 28/08; H04W 72/12; H04L 12/841; H04L 12/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above

Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: multipath transmission control protocol(MPTCP), congestion window, signal to noise ratio(SNR), optimization

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2018-0013597 A (KONGJU NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION) 07 February 2018 See paragraphs [0048]-[0062]; and figure 1.	1-10
A	KR 10-2017-0063203 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 08 June 2017 See paragraphs [0076]-[0084].	1-10
A	KR 10-2016-0092737 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. et al.) 05 August 2016 See paragraphs [0043]-[0090]; claim 1; and figure 3.	1-10
A	KR 10-2016-0144257 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. et al.) 16 December 2016 See paragraphs [0048]-[0074]; and figure 8.	1-10
A	CN 105025524 A (BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 04 November 2015 See claims 1-6.	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 AUGUST 2019 (20.08.2019)

Date of mailing of the international search report

21 AUGUST 2019 (21.08.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2019/006224

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2018-0013597 A	07/02/2018	KR 10-1849302 B1	16/04/2018
KR 10-2017-0063203 A	08/06/2017	CN 108293221 A	17/07/2018
		EP 3342210 A1	04/07/2018
		EP 3342210 A4	10/10/2018
		US 10299157 B2	21/05/2019
		US 2017-0156078 A1	01/06/2017
		WO 2017-095114 A1	08/06/2017
KR 10-2016-0092737 A	05/08/2016	US 2018-0026898 A1	25/01/2018
		WO 2016-122225 A1	04/08/2016
KR 10-2016-0144257 A	16/12/2016	US 2018-0159778 A1	07/06/2018
		WO 2016-200154 A1	15/12/2016
CN 105025524 A	04/11/2015	CN 105025524 B	13/11/2018

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H04L 12/807(2013.01)i, H04L 12/707(2013.01)i, H04L 12/841(2013.01)i, H04L 12/801(2013.01)i, H04L 12/26(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H04L 12/807; H04L 12/707; H04L 12/721; H04L 12/801; H04L 12/825; H04W 28/08; H04W 72/12; H04L 12/841; H04L 12/26

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 다중 경로 전송제어프로토콜(MPTCP), 혼잡 윈도우(congestion window), 신호대잡음비(SNR), 최적(optimization)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-2018-0013597 A (공주대학교 산학협력단) 2018.02.07 단락 [0048]-[0062]; 및 도면 1 참조.	1-10
A	KR 10-2017-0063203 A (삼성전자주식회사) 2017.06.08 단락 [0076]-[0084] 참조.	1-10
A	KR 10-2016-0092737 A (삼성전자주식회사 등) 2016.08.05 단락 [0043]-[0090]; 청구항 1; 및 도면 3 참조.	1-10
A	KR 10-2016-0144257 A (삼성전자주식회사 등) 2016.12.16 단락 [0048]-[0074]; 및 도면 8 참조.	1-10
A	CN 105025524 A (BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 2015.11.04 청구항 1-6 참조.	1-10

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일

2019년 08월 20일 (20.08.2019)

국제조사보고서 발송일

2019년 08월 21일 (21.08.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

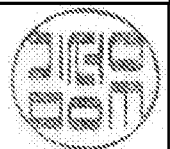
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

김성우

전화번호 +82-42-481-3348



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2018-0013597 A	2018/02/07	KR 10-1849302 B1	2018/04/16
KR 10-2017-0063203 A	2017/06/08	CN 108293221 A	2018/07/17
		EP 3342210 A1	2018/07/04
		EP 3342210 A4	2018/10/10
		US 10299157 B2	2019/05/21
		US 2017-0156078 A1	2017/06/01
		WO 2017-095114 A1	2017/06/08
KR 10-2016-0092737 A	2016/08/05	US 2018-0026898 A1	2018/01/25
		WO 2016-122225 A1	2016/08/04
KR 10-2016-0144257 A	2016/12/16	US 2018-0159778 A1	2018/06/07
		WO 2016-200154 A1	2016/12/15
CN 105025524 A	2015/11/04	CN 105025524 B	2018/11/13