

WiMedia WLP 망에서의 DiffServ QoS 성능 향상을 위한 Bridge-Station 패킷 Marker

이승범[†], 혀 경^{††}, 엄두섭^{†††}, 주양익^{††††}

요 약

WLP 기반 모바일 IP의 무선 네트워크에서, 사용자의 이동에 의한 핸드오프로 발생하는 패킷 손실은 TCP 수율 성능을 심각하게 악화시킬 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 사용자의 이동에 의하여 손실된 패킷을 복원하는 Bridge Station(BS) 패킷 버퍼링 방식이 제안됐다. BS 패킷 버퍼링 방식을 이용하면 핸드오프 동안 손실되는 패킷들이 이전 BS에서 저장되고, 핸드오프 종료시 저장된 패킷들이 새로운 BS로 포워딩되어, 복구된다. 그러나 WLP 디바이스가 새로운 WLP 서브 네트워크의 혼잡한 BS로 이동한 경우, 이전 BS가 포워딩하는 패킷들은 손실되고, 이전 BS가 포워딩하는 패킷들의 베스트한 도착 특성으로 심화된 혼잡이 BS 내 WLP 디바이스 플로우들의 TCP 전송 성능을 저하시킨다. 본 논문에서는 이러한 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 WLP 기반 모바일 IP 무선 네트워크에서, AS(Assured Service) WLP 디바이스의 in-profile(IN) 및 전체 패킷 수율 감소를 막기 위해, 핸드오프 시 버퍼링된 out-of-profile(OUT) 패킷을 IN 패킷으로 Re-Marking하는 PBM(Packet Bridge Marker) 방식을 제안한다. 시뮬레이션 결과는 제안하는 PBM 방식을 사용하여 AS WLP 디바이스의 버퍼링된 OUT 패킷의 손실을 막아 핸드오프 시 IN 패킷의 수율뿐만 아니라 전체 패킷 수율도 향상시킬 수 있음을 보인다.

A Bridge-Station Packet Marker for Performance Improvement of DiffServ QoS in WiMedia WLP-based Networks

Seung-Beom Lee[†], Kyeong Hur^{††}, Doo-Seop Eom^{†††}, Yang-Ick Joo^{††††}

ABSTRACT

Performance of TCP can be severely degraded in WLP-based Mobile IP wireless networks where packet loss not related to network congestion occurs frequently during WLP-based inter-subnetwork handoff by user mobility. To resolve such a problem in the networks using WLP-based Mobile IP, the packet buffering method recovering seamlessly the packets dropped due to user mobility has been proposed. The packet buffering method at a bridge station recovers those packets dropped during handoff by forwarding buffered packets at the old bridge station to the WLP device. But, when the WLP device moves to a congested bridge station in a new WLP foreign subnetwork, those buffered packets forwarded by the old bridge station are dropped and TCP transmission performance of a WLP device in the congested bridge station degrades due to increased congestion by those forwarded burst packets. In this paper, a PBM(Packet Bridge Marker) is proposed for preventing buffered out-of-profile(OUT) packets from reducing the throughput of in-profile(IN) packets of an Assured Service WLP device. From this operation, the packet losses of buffered OUT packets are avoided and the throughput of IN and Total packets of an AS WLP device are increased.

Key words: WiMedia(와이미디어), DiffServ(차등화 서비스), Packet Buffering(패킷 버퍼링)

* 교신저자(Corresponding Author): 혀경, 주소: 인천시 계양구 교대길 45 (407-753), 전화: 032)540-1289, FAX: 032)548-0288, E-mail: khur@ginue.ac.kr

접수일: 2009년 11월 27일, 수정일: 2010년 1월 20일
완료일: 2010년 1월 20일

[†] 정희원, 고려대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정
(E-mail : rikioh@korea.ac.kr)

^{††} 정희원, 경인교육대학교 컴퓨터교육과 부교수
^{†††} 고려대학교 전자컴퓨터공학과 정교수

(E-mail : eomds@korea.ac.kr)

^{††††} 고려대학교 전자컴퓨터공학과 대학원
(E-mail : yijoo@korea.ac.kr)

* 이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-331-D00334)

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2009-C1090-0902-0044)

1. 서 론

UWB(Ultra-Wideband)[1] 기술은 기존의 스펙트럼에 비해 매우 넓은 대역(3.1~10.6GHz 대역)에 걸쳐 낮은 전력으로 100Mbps 이상의 초고속통신을 실현하는 근거리 무선 통신 기술로 규정하고 있다. 이전에 주로 군사용 목적으로 사용되었는데 2002년 FCC(Federal Communications Commission)에서 상용을 허용한 이후 IEEE 802.15.3a와 IEEE 802.15.4a에서 각각 고속 UWB와 저속 UWB 표준화가 시작되었다. 고속 UWB는 IEEE 802.15.3에서 표준화된 2.4GHz 고속 WPAN(Wireless Personal Area Network)에서 제공하는 11~55Mbps의 전송대역을 확장하기 위하여 연구되었으며, 물리계층 기술 채택에 있어서 DS-CDMA(Direct Sequence CDMA) 방식과 MB-OFDM(MultiBand OFDM) 방식이 제안되어 표준안 도출을 위한 노력이 오랫동안 지속되었으나, 표준안 도출에 성공하지 못하여 2006년 1월 IEEE 802.15.3a의 활동 중단을 선언하기에 이르렀으며, 이후 각 방식의 표준 활동은 MB-OFDM 방식의 WiMedia Alliance와 DS-CDMA 방식의 UWB Forum에서 계속하면서 시장 점유에 의한 사실상의 표준으로 자리하기 위한 경쟁에 놓이게 되었다. Intel, Microsoft, TI 등이 주축인 WiMedia(Wireless Multimedia) Alliance는 2002년 “PAN에서 장치들 간의 무선 멀티미디어 연결과 상호 운용성을 장려”하기 위하여 구성되었으며, 2005년 3월 MBOA(MB-OFDM Alliance)[1]와 합병하여 MBOA 기반의 물리계층과 분산제어 기반의 MAC(Distributed Control MAC: 이하 D-MAC)[2] 계층 기능 뿐만 아니라 상호 운용성 및 기타 응용에 필요한 규격 등을 개선 및 재정하고 있다. WiMedia Alliance는 2005년 ECMA International(유럽 정보 통신 시스템 표준화 기구) 등의 표준 채택, WiMedia 표준 규격 제정, 상호 운용성 시험 지원, 그리고 USB Forum, Bluetooth, 무선 1394, DLNA(Digital Living Networking Alliance) 등의 응용에 활용하기 위한 활동을 활발하게 전개하고 있다.

WiMedia는 현재 Alereon, HP, Intel, NXP, Samsung, Sony, Staccato, STMicroelectronics, TI, Wisair 등의 13개사가 Promoters로 활동하고 있고, 그 외 Contributors 55개, Adopters 56개, Supporters 195개 등으로 다수의 회원을 확보하고 있으며, 최근 1년간 회

원 증가는 10여개 contributors, 10여개 Adopters 및 80여개 Supporters 등으로 WiMedia 규격을 따르는 응용에 활용하기 위한 관심이 계속 증가하고 있다. WiMedia에서 제시하는 UWB Platform에서 MBOA 기반의 물리계층 및 MAC 계층 상위에 다양한 응용이 제공될 수 있다. MAC 계층 상위에 Convergence 계층 또는 Cooperation 계층 등을 두어 다중화 등 공동 기능을 수행하는 부분은 WiMCA(WiMedia MAC Convergence Architecture) 규격에서 다루려고 하였으나, 각각의 MAC 상위 기능에 이를 기능을 포함하는 것으로 정의하였다. 최대 480Mbps 전송대역을 서비스하는 응용으로는 PC 주변 장치를 접속하는 기존 USB를 무선으로 대체하는 Wireless USB(WUSB)가 있고, Multimedia 서비스에 대한 무선 1394 응용 및 최대 1Mbps 통신 서비스 용의 Bluetooth 응용, 그리고 기존의 TCP/IP 기반 서비스를 확장하여 WLP(WiMedia Logical Link Control Protocol)[3]를 통해 고속 WPAN에서 IP 서비스를 제공하기 위한 IP 응용 등이 있다. 그 외에도 홈 네트워크 조기 확산을 위해 기기들 간 상호 호환을 보장하는 표준의 제정과 이에 맞는 제품을 생산하는 데 협력하는 것을 목적으로 하는 DLNA도 WLP를 이용한 IP 기반 응용으로 서비스하기 위한 연구가 진행되고 있다. 현재 WiMedia 물리계층, MAC 계층, WLP 규격 및 WUSB 표준 규격은 2007년에 표준화가 일정 수준 완료되어 일반 사용자에게 공개되었다.

WLP는 IP 기반 응용을 지원하기 위한 LLC(Logical Link Control) 계층의 기능을 표준화하고 있으며, Secured Wireless 접속을 통하여 IP 패킷을 전송하기 위한 규격이다. 그림 1은 Client Device(D), Bridge(B), 그리고 Remote Bridge(RB)를 포함하고 있는 망의 예를 나타낸 것으로 Bridge들은 Ethernet(E) 망으로 연결되어 있다. 그림 1에서 Bridge는 무선 Device

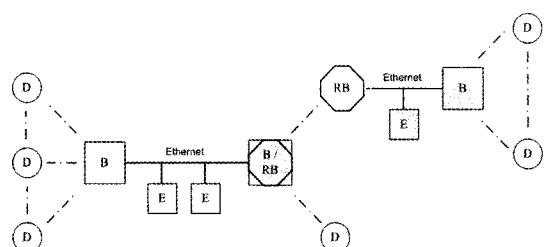


그림 1. Device와 Bridge를 포함한 WLP IP 서비스 망 구조 예

들의 데이터를 Ethernet으로 Forwarding하는 기능을 수행하며, Remote Bridge는 서로 다른 Bridge 간의 전송 기능을 수행한다. 장치의 대부분은 단일기능을 수행하지만 B/RB 등의 장치는 Bridge 기능과 Remote Bridge 기능과 같이 여러 가지 기능을 수행할 수도 있다. WiMedia Alliance에서는 DIP(Digital Image and Printing) 및 SMP(Streaming Media Profile) 규격이 IP기반에서 제공되고, DLNA도 IP기반의 WLP상위에서 서비스하는 형태로 제안되면서 IP기반 프로토콜에 대한 상호 공동연구의 필요성이 제기되고 있다.

모든 WLP 디바이스들은 그림 2와 같이 WSS(WLP Service Sets) 내에서 사용자에 의해 조절 가능한 멤버쉽에 기초하여 트래픽을 분리하기 위해 한 개 이상의 WSS에 속한다. WSS는 다양한 공격으로부터 보호받을 수 있는 트래픽을 허용하기 위해 secure 모드에서 동작하거나 프레임의 도청이나 거짓 프레임을 구분하지 않고 트래픽을 분리하기 위해 non-secure 모드로 동작할 수 있다. 임의의 두 WLP 디바이스들은 데이터 프레임을 교환하기 전에, WSS 속성을 이용하여 디바이스들은 서로의 존재를 발견하고 WSS에 등록하고 활성화하며 연결을 설정한다. 디바이스는 언제든지, 새로운 WSS를 설정하거나, 기존의 WSS에 등록할 수 있다. 일단 디바이스가 WSS를 생성하거나 등록한다면, 디바이스는 WSS에 등록된 다른 디바이스와 통신하기 위해 WSS를 활성화 시킨다. WSS를 활성화시킨 디바이스는 같은 WSS를 활성화시킨 모든 디바이스와 연결이 가능하다.

본 논문에서는 그림 2의 WSS 기반 이동 IP 서비스 망에서, WLP 디바이스의 TCP 플로가 이전 Bridge(RB)에서 새로운 Bridge(RB)로 핸드오프한 경우, 핸

드오프 동안 발생한 패킷 손실로 인해 TCP DiffServ QoS 수율 성능이 악화되는 것을 방지하기 위한 Bridge 베페관리기법을 연구하여 WLP 시스템의 다중홉 IP 이동성 성능을 향상시키고자 한다.

IETF(Internet Engineering Task Force)는 사용자들이 요구하는 다양한 서비스 품질(Quality of Service: QoS)을 보장하기 위한 차세대 네트워크 구조로 Differentiated Services(DiffServ)[4]를 제시하였다. DiffServ 방식은 각 사용자 플로별 관리가 아닌 집합 단위의 클래스별 관리를 사용하고, DiffServ Code Point(DSCP)를 이용하여 IP(Internet Protocol) 패킷에 대한 Per Hop Behavior(PHB)를 규정하여 같은 DSCP 코드를 가진 모든 패킷들은 동일한 방식으로 처리된다. DiffServ에서 고려하는 서비스는 Premium Service(PS), Assured Service(AS) 그리고 Best-Effort(BE) Service가 있으며, AS 트래픽은 Internet Service Provider(ISP)와의 계약된 트래픽 프로파일(traffic profile) 준수 여부에 따라 in-profile(IN) 패킷과 out-of-profile(OUT) 패킷으로 표기되어 네트워크 혼잡 시 OUT 패킷을 우선적으로 폐기하여 IN 패킷을 보호한다[5]. 이를 위한 베페관리방식으로는 일반적으로 RED(Random Early Detection)를 확장한 RIO(RED with In and Out) 방식이 사용된다[5].

본 논문에서는 DiffServ registration-domain[6] 네트워크의 WSS 기반 이동 모바일 IP 망에서 무선링크가 병목인 일반적인 혼잡 상황을 고려하여 패킷 베페링 방식을 사용하지 않는 경우와 패킷 베페링 방식이 결합된 Mobile IPv4 스무스 핸드오프 방식을 사용한 경우 각각에 있어서, DiffServ assured service WLP 디바이스가 여러 개의 best-effort service WLP 디바이스들이 통신 중인 새로운 WLP 서브 네트워크의 혼잡한 Bridge Station(BS)로 이동할 때, 패킷 베페링 방식이 혼잡한 BS를 통과하는 TCP 플로에게 미치는 영향을, 혼잡한 BS에서의 RIO 베페 관리 방식을 통하여 분석한다. 또한, 같은 상황에서 패킷 베페링 방식이 AS WLP 디바이스의 IN 패킷 수율에 미치는 영향을 알아보고, 문제점을 제기한다. 그리고 이를 해결하기 위한 Packet Bridge Marker(PBM)를 제안하여, BS에서 PBM을 사용하는 경우 TCP 플로에게 미치는 영향을 RIO 베페 관리 방식을 통해 분석하며, PBM이 패킷 베페링 방식을 보완하여, BS에서 PBM을 사용하는 경우 AS WLP 디바이스의 IN 패킷 수율

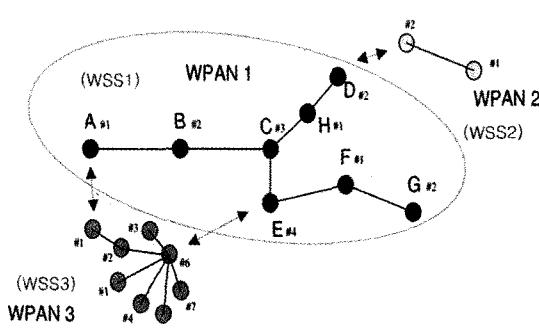


그림 2. WSS에 따른 다중홉 WPAN 구성 예

을 높일 수 있음을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 WLP 모바일 IP 망에서의 BS 패킷 버퍼링 방식을 소개하고 제 3장에서는 DiffServ registration-domain 기반 무선망에서의 기존의 패킷 버퍼링 방식 사용 시 문제 점과 이를 해결하기 위한 PBM을 제안한다. 제 4장에서는 제 3장에서 소개한 모델을 시뮬레이션 환경에 적용하여 WLP 모바일 IP 망에서 assured service의 TCP 핸드오프 성능을 향상시킬 수 있는 방안에 대해 알아본다. 끝으로 제 5장에서 결론을 맺는다.

2. WLP 기반 모바일 IP 경로최적화 확장에서 BS 패킷 버퍼링 방식

본 논문에서는 그림 3과 같이 WLP 기반 모바일 IP[7]를 기반으로 하는 네트워크의 구성을 고려한다. 그림 3에서 각 WLP 서브 네트워크에 있는 라우터가 또한 FA(Foreign Agent)의 역할을 수행한다고 가정 한다. WLP 기반 모바일 IP 경로 최적화 확장에서는, 새로운 FA가 WLP 디바이스로부터 등록 요청 메시지를 수신할 경우, 새로운 FA는 등록 요청 메시지를 HA로 중계하는 것과 더불어 이전 FA에게 바인딩 갱신 메시지(binding update message)를 보내어 새로운 care-of address(즉, 새로운 FA의 IP 주소)를 통지한다[8]. 따라서, 이전 FA는 아직 새로운 care-of address를 알지 못하는 대응디바이스(Correspondent Host: CH)로부터 패킷을 수신할 때마다, 수신된 패킷을 새로운 FA에게 전달한다. 또한, 이전 FA는 바인딩 경고 메시지(binding warning message)를 HA에

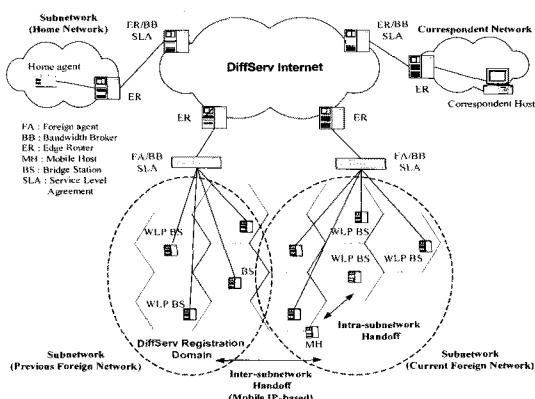


그림 3. DiffServ registration-domain 기반 WLP 무선 망의 개념도

게 보내어, HA가 대응디바이스에게 새로운 care-of address를 통지할 수 있도록 한다. HA가 바인딩 경고 메시지를 수신할 경우, HA는 바인딩 갱신 메시지를 대응디바이스에게 보내어 새로운 care-of address를 통지한다. 대응디바이스는 바인딩 갱신 메시지를 수신한 후에는 이전 FA 대신에 새로운 FA에게 패킷을 보낼 수 있게 된다. 일반적으로 새로운 FA와 이전 FA 간의 거리가 새로운 FA와 HA 간의 거리에 비해 훨씬 짧기 때문에, 새로운 care-of address를 이전 FA에게 통지함으로써 핸드오프 동안에 손실되는 패킷의 수를 줄일 수 있다. WLP 기반 모바일 IP에서는 이를 스무스 핸드오프라 부른다.

WLP 기반 모바일 IP 표준은 에이전트 광고 메시지에 의해 발생하는 네트워크의 부하를 줄이기 위하여 에이전트 광고 메시지의 최대 송신 레이트를 초당 1회로 제한할 것을 권고한다[7]. 따라서 새로운 외부 네트워크에 이동한 후에 최악의 경우 1초 동안 에이전트 광고 메시지를 수신할 수 없다. WLP 디바이스는 에이전트 광고 메시지를 수신하기 전에는 등록 요청 메시지를 송신할 수 없기 때문에, 이는 최악의 경우 1초 이상 WLP 디바이스를 향하여 전달되고 있는 패킷들이 손실될 수 있음을 의미한다. 이러한 문제 때문에 그림 4의 프로토콜이 제안되었고, 동일 WLP 서브 네트워크 안에 존재하는 BS 간의 핸드오프를 수행하는 로컬 핸드오프 프로토콜(local handoff protocol)을 WLP 기반 모바일 IP의 경로 최적화 확장에 결합하였다. WLP 디바이스는 에이전트 광고 메시지와 비

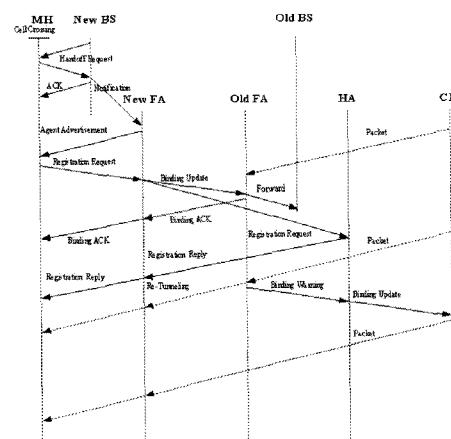


그림 4. BS 패킷 버퍼링 방식을 지원하는 WLP 기반 모바일 IP 프로토콜의 경로 최적화 확장

슷한 역할을 하는 비이콘 메시지(beacon message)를 새로운 BS로부터 수신한 후에 핸드오프 요청 메시지(handoff request message)를 새로운 BS에 보낸다. 새로운 BS는 그 후에 통보 메시지(notification message)를 새로운 FA에게 보내어 에이전트 광고 메시지를 요청한다. 새로운 FA는 통보 메시지를 받자마자 새로운 BS에게 에이전트 광고 메시지를 보낸다. 이러한 방법은 WLP 서브 네트워크에 존재하는 모든 BS에게 주기적으로 에이전트 광고 메시지를 방송하는 방법에 비하여 훨씬 빠르게, WLP 디바이스가 에이전트 광고 메시지를 수신할 수 있도록 하여 패킷 손실 시간을 비이콘 메시지 주기로 감소시킬 수 있다. 왜냐하면, 일반적으로 로컬 핸드오프 프로토콜에서 사용되는 비이콘 메시지는 에이전트 광고 메시지에 비하여 훨씬 짧고 비이콘 메시지의 송신 레이트 또한 에이전트 광고 메시지의 송신 레이트에 비하여 훨씬 높기 때문이다. WLP 기반 모바일 IP 표준은 이러한 로컬 핸드오프 프로토콜과의 협력을 허용한다는 것을 주목하기 바란다[7]. 또한 그림 4의 프로토콜은 BS 패킷 버페링 방식을 지원한다. 이를 위해 이전 FA가 바인딩 갱신 메시지를 수신하는 시점에서 이전 BS가 핸드오프 동안 버페링한 패킷들을 새로운 FA로 포워딩하도록 지시하는 forward 메시지가 추가되어 WLP 기반 모바일 IP 프로토콜이 수정되었다[9-10].

로컬 핸드오프 프로토콜이 결합된 WLP 기반 모바일 IP 경로 최적화 확장에 대한 패킷 손실 시간 T_{loss} 및 연결 왕복시간(round trip time) T_{RTT} 와 전체 핸드오프 소요시간 T_h 에 대해 정리하면 식 (1)과 같다[9]. 전체 핸드오프 소요시간 T_h 는 그림 4에서 보면 WLP 디바이스의 이동시점에서 대응디바이스가 HA로부터 바인딩 갱신 메시지를 받는 시점까지이다. 즉, 전체 핸드오프 소요시간 동안 대응디바이스가 송신한 패킷들이 손실 없이 이전 FA를 경유하여 새로운 FA로 전달된다. 한편 WLP 디바이스는 TCP의 ACK 패킷들을 대응디바이스에게 직접 송신한다.

$$\begin{aligned} T_{loss} &= T_B + T_N + T_O \\ T_h &= T_B + T_N + T_{HA} + T_{CH} \\ T_{RTT} &= 2 \cdot D_{CH-FA} + \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

T_B : WLP 디바이스가 새로운 외부 네트워크에 진입한 시점부터 새로운 BS로부터 비이콘 메시지를 수신하는 시점까지의 시간

T_N : WLP 디바이스가 비이콘 메시지를 수신한 시점부터 새로운 FA가 등록요청 메시지를 수신, 또

는 바인딩 갱신 메시지를 송신하는 시점까지 시간

T_{HA} : 새로운 FA가 등록 요청 메시지를 수신하는 시점부터 HA가 이를 수신하는 시점까지의 시간

T_O : 새로운 FA가 바인딩 갱신 메시지를 송신하는 시점부터 이전 FA가 이를 수신하는 시점까지의 시간

T_{CH} : HA가 바인딩 갱신 메시지를 송신하는 시점부터 CH가 이를 수신하는 시점까지의 시간

D_{CH-FA} : CH와 FA간의 지연

α : FA와 WLP 디바이스 간의 왕복시간

WLP 기반 모바일 IP 프로토콜의 경로 최적화 확장을 사용하는 이동 네트워크에서 핸드오프 시 발생하는 TCP의 성능저하 문제를 근본적으로 해결하기 위해 그림 4와 같이 핸드오프 동안에 손실되는 패킷들을 이전 BS에서 저장하여 이를 WLP 디바이스에게 패킷 손실 없이 포워딩하는 패킷 버페링 방식이 제안되었다. BS 패킷 버페링 방식은 다수의 TCP 플로들을 관리해야 하는 FA 패킷 버페링 방식과 달리 확장성의 문제없이 WLP 기반 모바일 IP 네트워크에 적용될 수 있다. 또한, BS 패킷 버페링 방식은 ARQ 기법을 사용하여 이미 WLP 디바이스가 수신한 패킷의 버페링을 방지할 수 있다. 본 논문에서는 BS 패킷 버페링 방식을 사용하고 ARQ 방식을 이용하여 이미 WLP 디바이스가 수신한 패킷을 버페링하는 것은 방지되었다고 가정하였으며, 이전 FA가 수신한 패킷들은 반드시 이전 BS를 경유하여 새로운 FA로 포워딩 되도록 설정하였다.

한편, DiffServ에서는 플로 단위의 정보관리를 실시하지 않는 특성에 적합한 접속제어 방안이 연구되고 있으며, RED를 확장한 RIO 방식을 이용하여 AS 트래픽에 대한 혼잡 제어를 실시한다[5]. RIO 방식은 사용자와 네트워크 간에 약속된 traffic profile을 준수하는 IN 패킷과 그렇지 못한 OUT 패킷들에 대해서로 다른 패킷 폐기 수준을 설정하여 네트워크 혼잡 시에는 IN 패킷을 우선적으로 보호하고 혼잡이 없는 경우에는 OUT 패킷들을 이용하여 링크 이용률을 향상시키기 위한 목적으로 제안된 것이다[5,11].

그림 5는 IN 패킷과 OUT 패킷으로 나뉘어 적용되는 RIO 방식의 알고리즘을 설명한 것이다. IN 패킷

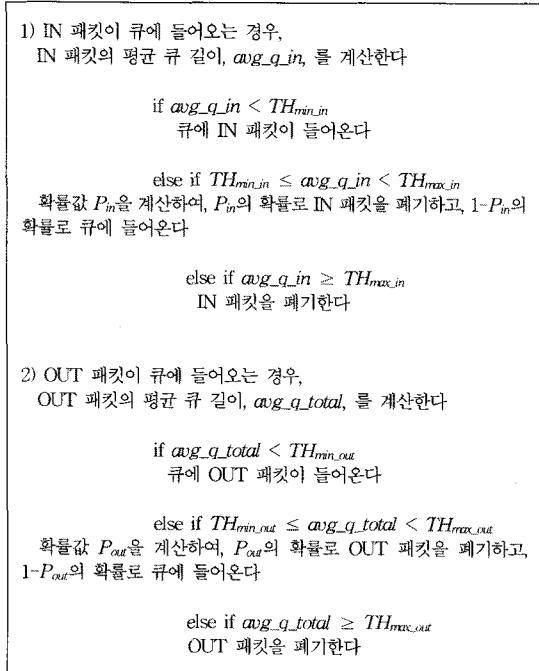


그림 5. RIO 버퍼 관리 방식

의 경우, IN 패킷이 큐에 들어오면 IN 패킷의 평균 큐 길이인 avg_q_in 을 계산한다. 계산된 avg_q_in 값이 미리 설정한 값인 TH_{min_in} 과 비교하여 작으면 큐에 IN 패킷이 들어오게 된다. avg_q_in 값이 TH_{min_in} 보다 크고 TH_{max_in} 보다 작은 경우 확률값 P_{in} 을 계산하여 P_{in} 의 확률로 IN 패킷을 폐기한다. 만약, avg_q_in 값이 TH_{max_in} 보다 큰 경우는 무조건 IN 패킷을 폐기한다[12]. 이러한 방법을 이용하여 RIO 버퍼 관리 방식에서 IN 패킷의 폐기 여부를 결정할 수 있다. OUT 패킷의 경우도 마찬가지 방법으로 적용할 수 있다. 즉, 패킷이 IN 패킷이면 IN 패킷에 대한 평균 큐 길이(avg_q_in)를 이용하여 IN 패킷 폐기 확률을 계산하고, OUT 패킷이 도착하면 IN 패킷과 OUT 패킷의 큐 길이를 합한 전체 길이(avg_q_total)를 이용하여 OUT 패킷의 폐기 확률을 계산한다.

3. TCP 성능향상을 위한 Packet Bridge Marker(PBM)의 제안

DiffServ registration-domain 기반 무선망이 WLP 기반 모바일 IP BS 패킷 버퍼링 방식을 지원하는 경우, 특히 AS WLP 디바이스가 BE WLP 디바이스들

이 통신하고 있는 혼잡한 BS로 이동하는 상황을 고려해본다. AS WLP 디바이스의 트래픽은 사업자와 계약을 준수하는 패킷인 IN 패킷과 계약에 따르지 않고 BE WLP 디바이스 트래픽을 구성하는 패킷과 같은 수준인 OUT 패킷으로 구성된다. 그리고 식 (1)에서 연결 왕복시간 T_{RTT} 와 전체 핸드오프 소요시간 T_h 를 살펴보면, WLP 기반 모바일 IP에서는 일반적으로 핸드오프 소요시간이 연결 왕복시간보다 크며, 이로 인해서 WLP 디바이스가 핸드오프 시 최대 윈도우 크기, mws (maximum window size)에 해당하는 패킷이 버퍼링되어 새로운 BS로 포워딩된다. 이러한 특성은 우리가 고려하는 환경에도 그대로 적용되며 AS WLP 디바이스가 핸드오프 시 패킷이 mws 만큼 버퍼링되며, IN 패킷과 OUT 패킷을 모두 포함한다. 한편, 혼잡한 BS에서는 RIO 버퍼 관리 방식을 사용하므로 IN 패킷은 최소한의 손실로 수신되겠지만, 버퍼링되어 포워딩된 OUT 패킷은 혼잡한 BS를 통과하는 기존 BE WLP 디바이스의 TCP 플로들에 의해 손실될 가능성이 매우 높으며 이러한 OUT 패킷의 손실로 인해서 AS TCP 플로는 혼잡 제어 메커니즘을 수행하여 AS WLP 디바이스의 트래픽을 줄이게 된다. 결과적으로 버퍼링되어 포워딩된 OUT 패킷의 손실이 AS WLP 디바이스의 IN 패킷의 수율을 감소시키는 영향을 가져온다. WLP 기반 모바일 IP BS 패킷 버퍼링 방식의 목적은 핸드오프 동안에 손실되는 패킷들을 버퍼에 저장하고 저장된 패킷들을 WLP 디바이스에게 전달하여 핸드오프 동안의 패킷 손실로 발생하는 TCP 성능 저하를 방지하려는 것이다. 하지만 이와 같은 방식은 버퍼링되어 포워딩된 OUT 패킷의 손실 가능성이 높아 TCP 핸드오프 성능 저하를 방지하지 못하므로 이에 대한 수정, 보완이 필요하다.

본 논문에서는 WLP 기반 모바일 IP BS 패킷 버퍼

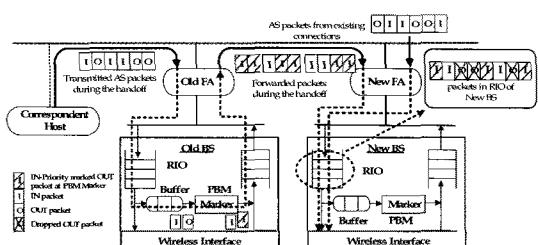


그림 6. Bridge 간을 이동하는 WLP IP Device의 TCP 핸드오프 성능 향상을 위한 PBM 마커

링 방식을 지원하는 DiffServ registration-domain 기반 무선망에서, BE WLP 디바이스들이 통신하고 있는 새로운 WLP 서브 네트워크의 혼잡한 BS로 AS WLP 디바이스가 이동한 경우, WLP 기반 모바일 IP 프로토콜의 수정 없이 AS WLP 디바이스의 TCP 성능을 향상시키기 위해 이전 BS에서 버퍼링된 패킷들에 대한 포워딩 트래픽 관리 방안으로서 Packet Bridge Marker(PBM)를 제안한다. 제안하는 PBM에서는 AS WLP 디바이스가 핸드오프 시에 버퍼링되는 OUT 패킷의 DSCP를 그 WLP 디바이스의 IN 패킷에 해당되는 DSCP로 변환시켜, 버퍼링된 OUT 패킷이 RIO 버퍼 관리 방식을 사용하는 새로운 BS로 포워딩될 때 발생하는 손실을 방지하고자 하는 것으로, forward 메시지가 이전 FA에서 이전 BS에 도착하여 이전 BS의 버퍼에 저장되어 있던 패킷들이 새로운 FA로 포워딩되기 전에 BS에 저장된 버퍼링된 패킷들은 PBM을 거치게 되며, PBM에 의해 OUT 패킷의 DSCP가 IN 패킷의 DSCP로 변환된 후, 이전 FA를 경유하여 새로운 BS로 포워딩된다. 즉, 그림 6에 설명된 PBM 방식을 적용하면 AS WLP 디바이스가 핸드오프 시 이전 BS로부터 버퍼링되어 포워딩된 OUT 패킷들이 보호되어 seamless 핸드오프가 보장되므로 핸드오프 하는 AS WLP 디바이스의 TCP 수율 성능을 향상 시킬 수 있다.

4. 시뮬레이션 모델 및 성능 평가

4.1 시뮬레이션 모델 설정

본 논문에서는 무선링크가 병목인 일반적인 혼잡 상황을 고려하여, DiffServ registration-domain을 기반으로 하는 무선망에서 AS WLP 디바이스가 BE WLP 디바이스들이 통신하고 있는 새로운 WLP 서브 네트워크의 혼잡한 BS로 이동하는 경우, TCP 플로 가 받는 영향을 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하지 않는 경우와 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 경우, 그리고 제안하는 PBM을 추가하여 보완된 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 세 가지 경우 각각에 있어서 BS에서의 핸드오프 도착에 따라 RIO 버퍼 및 AS WLP 디바이스의 수율의 변화에 대하여 분석한다. 이를 위해 그림 7과 표 1의 시뮬레이션 모델을 사용하였다.

한편, PS의 경우에는 무선링크를 관리하는 BS에

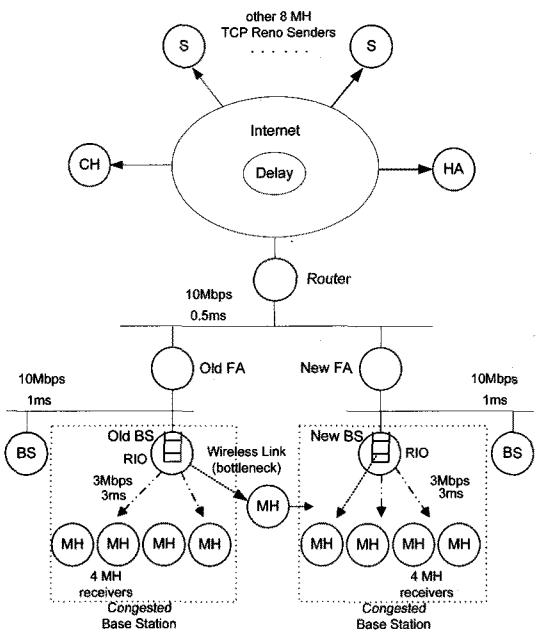


그림 7. 혼잡한 BS로 버퍼링된 패킷들을 포워딩한 경우의 시뮬레이션 모델

표 1. 핸드오프 지연시간을 구성하는 각 노드간 지연시간

변수	T_B	T_N	T_{HA}	T_{CH}	T_O
값	50ms	12ms	60ms	60ms	1ms
변수	D_{CH-FA}	a	T_h	T_{loss}	T_{RTT}
값	40ms	8ms	182ms	63ms	88ms

PS만을 위한 별도의 큐를 사용하여 PS 트래픽을 포워딩한다. 그러므로 PBM은 버퍼링되는 패킷의 DSCP를 통해 PS 패킷과 AS 패킷을 구분할 수 있으며, 패킷이 PS 패킷인 경우 PBM은 작동하지 않는다. 즉, PS의 경우에도 PBM을 사용할 수 있으며, 본 논문에서 PS는 고려하지 않는다.

그림 8은 그림 4의 BS 패킷 버퍼링 방식이 결합된 WLP 기반 모바일 IP 경로 최적화 확장의 스무스 핸드오프 방식으로 WLP 디바이스가 새로운 WLP 서브 네트워크의 혼잡한 BS로 이동한 경우에 대해 WLP 기반 모바일 IP 시그널링과 패킷의 흐름을 설명한 것이다. 그림 8은 시뮬레이션 환경을 나타낸 것으로 3Mbps 무선링크를 갖는 BS는 10Mbps Ethernet과 연결되어 있다. 그리고 각 WLP 디바이스(Mobile Host: MH)에 대한 대응디바이스(Correspondent Host: CH)는 10Mbps Ethernet에 연결되어 있다고 가정하

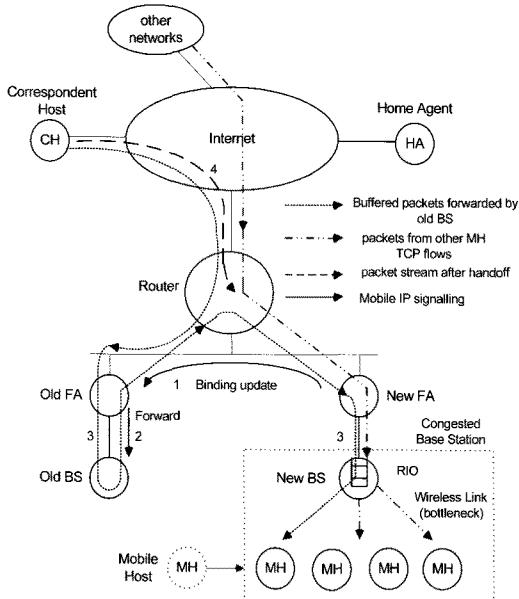


그림 8. 혼잡한 BS로 버퍼링된 패킷들의 포워딩 플로우

였고, FA 간의 패킷 전송 지연 시간은 10Mbps Ethernet을 고려하여 1ms로 설정되었으며, 동일한 방식으로 FA와 BS간의 지연시간도 1ms로 설정되었다. 또한 그림 7에서 WLP 디바이스의 핸드오프 소요시간 및 RTT를 구성하는 각 노드 간의 지연 시간은 표 1에 나타내었다. 표 1에서 BS와 WLP 디바이스 간 무선링크의 비이콘 메시지 주기, T_B 는 50msec로 고정하였다[9,13]. 그림 7에서 혼잡한 새로운 BS에서 통신 중인 4 개 WLP 디바이스 간의 RTT는 2ms 씩 차이가 나며, 86ms에서 90ms까지의 값을 갖는다. 이전 WLP 서브네트워크의 혼잡한 BS에서도 통신 중인 4개 WLP 디바이스 간의 RTT는 마찬가지로 2ms씩 차이가 나며 86ms에서 90ms까지 값을 갖는다. 통신 중인 총 8 개의 WLP 디바이스는 핸드오프 없이 통신하고 DiffServ 서비스 중 BE 서비스를 사용한다. 이전 BS에서 혼잡한 BS로 핸드오프 하는 WLP 디바이스는 DiffServ 서비스 중 AS를 사용하며, 서비스 사업자와 0.5Mbps, 1.0Mbps 그리고 1.5Mbps의 계약 데이터 전송률을 갖는 세 가지 경우를 고려하였다. 또한, 모든 WLP 디바이스의 TCP 연결에 있어서 TCP Reno에서 채택된 혼잡 제어 알고리즘을 고려하였고 TCP 연결의 패킷 크기, *packet_size* 및 최대 윈도우 크기, *mws*는 각각 512 바이트 및 64 패킷으로 설정하였다. 그리고 전송 에러로 인한 패킷 손실은 없

다고 가정하였고, 혼잡한 무선링크를 관리하는 BS는 RIO 버퍼 관리 방식을 사용하여 RIO 큐 버퍼 길이, *buff_size*는 120 패킷으로, TH_{min_in} 과 TH_{max_in} 은 각각 80과 100으로 TH_{min_out} 과 TH_{max_out} 은 각각 30과 60으로 설정하였고, P_{max_in} 과 P_{max_out} 은 각각 0.0125와 0.05로 $w_{q,in}$ 과 $w_{q,out}$ 의 값은 모두 0.002로 설정하였다[12].

그림 7의 실험 환경에서 하나의 AS WLP 디바이스가 혼잡한 BS로 핸드오프하는 경우에 핸드오프 소요시간 T_h 가 연결 왕복시간 T_{RTT} 보다 상당히 길기 때문에 이전 BS가 포워딩하는 패킷양의 최대값은 *mws*로서 64 패킷이고 이전 FA와 새로운 FA가 가까운 거리에 있어 64개의 패킷들이 10Mbps의 링크에서 최소 약 26ms의 상대적으로 짧은 시간 동안 혼잡한 BS에 버스트하게 포워딩된다. 본 논문에서는 ns-2 시뮬레이터를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다[14].

4.2 시뮬레이션 결과 분석

4.2.1 혼잡한 BS로 AS WLP 디바이스가 1회 핸드오프하는 경우

먼저 AS WLP 디바이스가 핸드오프하는 상황을 고려하여 처음에는 혼잡이 없는 이전 BS에서 통신 중인 AS WLP 디바이스가 4 개의 BE WLP 디바이스가 통신하고 있는 혼잡한 BS로 이동하는 경우를 분석한다. 이 경우에 AS WLP 디바이스의 계약 전송률은 1Mbps로 설정하였다.

그림 9는 AS WLP 디바이스가 혼잡이 전혀 없는 이전 BS에서 통신하다가 처음으로 새로운 WLP 서

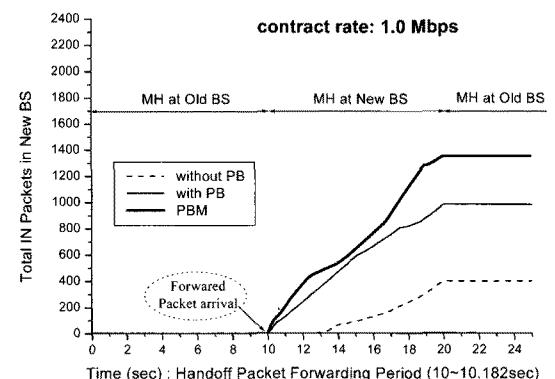


그림 9. 핸드오프 시 혼잡한 BS 무선링크에서의 IN 패킷 수

브 네트워크의 혼잡한 BS로 이동할 때 혼잡한 BS의 무선링크에서의 IN 패킷의 수를 나타내는 그림이다. 10초까지는 AS WLP 디바이스가 이전 BS에서 통신하고 있으므로 새로운 BS의 무선링크에는 IN 트래픽이 없다. AS WLP 디바이스가 핸드오프를 완료하는 10초 이후에는 혼잡한 BS 무선링크에서 AS WLP 디바이스의 IN 트래픽이 증가한다. BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하지 않는 경우에 IN 트래픽은 12.73 초에서부터 완만하게 증가하는 것을 볼 수 있는데 이는 핸드오프 동안에 패킷이 모두 손실되었기 때문이다. BS 패킷 버퍼링 방식을 사용한 경우와 PBM을 추가하여 보완된 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용한 경우에는 모두 10초에서 급격히 증가하는 것을 볼 수 있으며, 이는 버퍼링된 IN 패킷이 버스트하게 도착하기 때문이다. 그리고 PBM 방식을 사용하는 경우 버퍼링되어 포워딩된 OUT 패킷이 보호되므로 패킷 버퍼링 방식만을 사용하는 경우보다 IN 패킷의 수가 증가한 것을 확인할 수 있다.

그림 10은 사업자와의 계약전송률이 1Mbps이며, 88ms의 RTT를 갖는 AS WLP 디바이스가 처음으로 핸드오프하는 시점에서 무선링크를 관리하는 혼잡한 BS가 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하지 않는 경우에 RIO 큐의 IN 패킷과 전체 패킷(IN 패킷과 OUT 패킷)의 큐 길이 및 평균 큐 길이 측면에서 분석한 결과이다. 먼저 IN 패킷의 큐 길이를 살펴보면, 10초까지는 새로운 FA와 새로운 BS를 지나는 트래픽은 오직 OUT 패킷 뿐이므로 IN 패킷은 나타나지 않는다. 또한 WLP 디바이스가 새로운 BS의 혼잡한 무선링크에서 통신하는 시점인 10초가 지나도 12.73초까지 IN 패킷이 나타나지 않는 것을 볼 수 있는데, 이는

WLP 디바이스의 핸드오프 소요시간 동안, 대응디바이스가 전송하는 패킷들은 모두 손실되고, TCP를 사용하는 대응디바이스는 사용자의 이동성으로 인한 패킷 손실을 네트워크 혼잡의 신호로 해석하여 불필요하게 혼잡제어를 수행하게 됨으로써 나타나는 현상이다. 한편, IN 패킷의 평균 큐 길이는 TH_{min_in} 미만으로 확률적인 패킷 폐기는 이루어지지 않는 것을 알 수 있다. 하지만, 전체 패킷의 큐 길이를 살펴보면, AS WLP 디바이스가 새로운 BS의 혼잡한 무선링크에서 통신하는 시점인 10초 이전에 이미 큐 길이가 0이 되는 global synchronization 현상이 발생하였으며 [15-17], 10초를 지난 시점에서는 AS WLP 디바이스가 새로운 BS로 핸드오프를 완료하면서 혼잡한 BS의 트래픽에 혼잡을 더욱 가중시켜 전체 패킷의 평균 큐 길이는 증가하고, 평균 큐 길이가 TH_{min_out} 을 초과하게 되면서 패킷의 확률적인 폐기가 이루어지기 때문에 다시 전체 패킷의 큐 길이는 급격히 줄어든다.

그림 11과 그림 12는 사업자와의 계약전송률이 1Mbps이며, 88ms의 RTT를 갖는 AS WLP 디바이스가 이동하여 이전 BS가 버퍼링한 최대 mws , 64개의 패킷들이 10초에서부터 182ms의 핸드오프 소요시간인 T_h 동안, 즉 10.182초까지 BS의 혼잡한 무선링크에 도착한 경우를 기준 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 경우와 PBM을 추가하여 보완된 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 경우에 혼잡한 무선링크를 관리하는 RIO 큐에서 IN 패킷과 전체 패킷의 큐 길이 및 평균 큐 길이 측면에서 분석한 결과이다.

기존 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 그림 11에서 IN 패킷의 큐 길이를 살펴보면, 10초까지는 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하지 않는 경우와 마찬가지

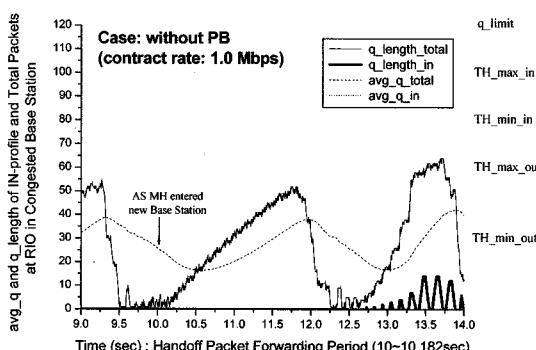


그림 10. Packet Buffering을 사용하지 않는 경우 RIO 큐의 관찰

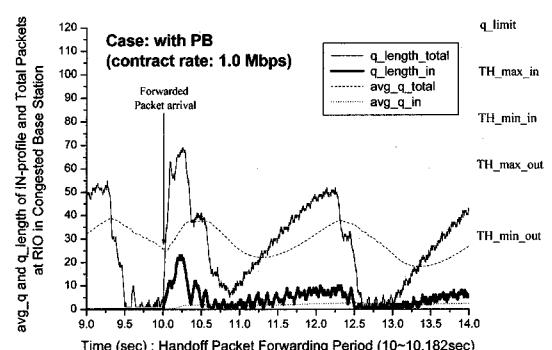


그림 11. Packet Buffering을 사용하는 경우 RIO 큐에서 이전 BS가 포워딩하는 패킷들의 버스트한 도착 특성

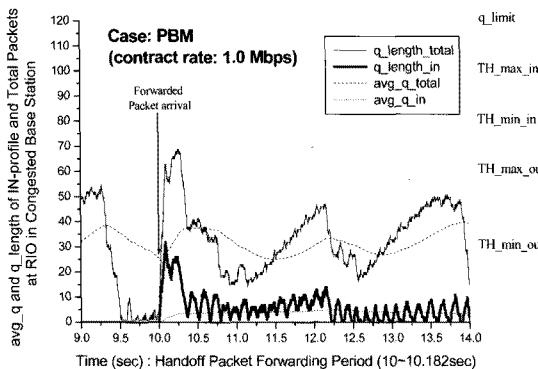


그림 12. PBM을 사용하는 경우 RIO 큐에서 이전 BS가 포워딩하는 패킷들의 버스트한 도착 특성

로 새로운 BS를 지나는 트래픽은 오직 OUT 패킷뿐이므로 IN 패킷은 나타나지 않는다. 하지만, AS WLP 디바이스가 새로운 BS의 혼잡한 무선링크에서 통신하는 시점인 10초에서부터 182 ms의 핸드오프 소요시간, T_h 동안 10.182 초까지 버퍼링된 IN 패킷이 버스트하게 포워딩되는 것을 볼 수 있다. 그리고 IN 패킷의 평균 큐 길이는 TH_{min_in} 미만으로 확률적인 패킷 폐기는 이루어지지 않는 것을 알 수 있다. 그렇지만 전체 패킷의 큐 길이를 살펴보면, 큐 길이가 10초에서부터 10.182 초까지의 패킷 포워딩 기간 동안 mws , 64만큼 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 이로 인해 TH_{min_out} 을 초과하여 급격하게 증가한 전체 패킷의 평균 큐 길이로 인한 확률적인 패킷 폐기의 증가로 전체 패킷의 수는 급격히 줄어든다. 그리고 10.8초부터는 혼잡한 BS의 트래픽에 AS WLP 디바이스가 혼잡을 더욱 가중시켜 전체 패킷의 큐 길이는 계속 증가하다가 12.6초에서 큐 길이가 0이 되는 TCP 플로틀의 global synchronization 현상이 발생함을 알 수 있다.

그림 12는 제안된 PBM을 추가하여 보완된 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 경우이며, 10초까지 IN 패킷은 나타나지 않지만 10초부터 182ms 핸드오프 소요시간, T_h 동안 즉, 10.182초까지 버퍼링된 IN 패킷이 버스트하게 포워딩되는 것을 볼 수 있다. 전체 큐 길이는 기존 BS 패킷 버퍼링을 사용하는 경우와 동일하게 패킷 포워딩 기간 동안 mws , 64 만큼 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있으며, IN 패킷의 평균 큐 길이는 여전히 TH_{min_in} 미만이므로 IN 패킷의 확률적인 패킷 폐기는 이루어지지 않는다. 이 경우 mws ,

64 만큼 버스트하게 포워딩되는 전체 패킷 중에서 IN 패킷의 수는 그림 11의 경우보다 훨씬 많다는 것을 알 수 있다. 그리고 제안하는 PBM 방식은 OUT 패킷을 IN 패킷으로 일시적으로 만들어주어, 이전 BS에서 버퍼링된 패킷들이 버스트하게 포워딩될 때 유입되는 OUT 패킷들을 IN 패킷들로 변환함에 따라 현재 BS의 RIO 버퍼에 유입되는 전체 OUT 패킷들의 양을 감소시킨다. 따라서, 현재 BS의 RIO 버퍼 내 OUT 패킷에 대한 폐기 기준인 avg_q_total 의 증가를 방지하여 유입되는 OUT 패킷들의 버스트한 폐기 현상을 막아 global synchronization 현상 발생 가능성을 감소시킨다.

그림 10, 그림 11 그리고 그림 12의 결과에서 보면, 핸드오프하는 AS WLP 디바이스의 패킷을 보호하고자 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하고 BS에 RIO 버퍼 관리 방식을 사용하였을 때, IN 패킷의 경우에는 평균 큐 길이로 인한 확률적인 패킷 폐기 현상은 일어나지 않았으며, 전체 패킷의 경우에는 buffer overflow에 의한 패킷 폐기 현상은 일어나지 않았지만 평균 큐 길이의 증가로 인한 확률적인 패킷 폐기 현상은 막을 수 없었다. 한편, WLP 기반 모바일 IP에서는 일반적으로 핸드오프 소요시간이 RTT보다 상당히 길기 때문에 WLP 디바이스가 핸드오프 시에 이전 BS에서 버퍼링된 패킷이 포워딩되는 패킷양의 최대값은 mws 로서 64 패킷이며, AS WLP 디바이스가 혼잡한 BS로 핸드오프하는 경우에는 mws 에 IN 패킷과 OUT 패킷이 모두 포함된다. 즉, 혼잡한 BS로 버퍼링되어 포워딩된 OUT 패킷들이 손실된다면 핸드오프하는 AS WLP 디바이스의 seamless 핸드오프를 보장할 수 없으므로, BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 DiffServ registration-domain 기반 망에서 PBM의 사용은 필수적이다.

4.2.2 혼잡한 BS로 AS WLP 디바이스가 10회 핸드오프하는 경우

그림 12까지의 시뮬레이션 결과 분석으로 WLP 기반 모바일 IP BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 Diff-Serv registration-domain 기반 무선망에서 PBM의 필요성을 알아보았다. 그림 13부터는 PBM이 핸드오프하는 DiffServ AS WLP 디바이스의 수율에 미치는 영향을, 기존 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하지 않은 경우(without PB)와 기존 BS 패킷 버퍼링 방식을

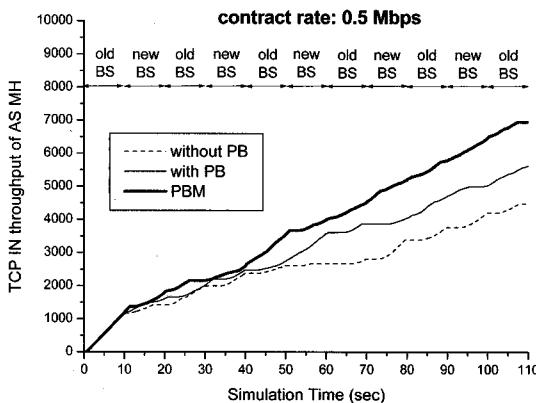


그림 13. 10 회의 핸드오프 동안 AS WLP 디바이스가 수신하는 IN 패킷 수

사용한 경우(with PB) 그리고 PBM을 추가하여 보완된 새로운 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용한 세 가지 경우, 각각에 대해 비교, 분석해 본다. AS WLP 디바이스의 TCP 수율을 QoS 관점에서 살펴보기 위하여 이전 BS와 새로운 BS 모두 4개씩의 BE WLP 디바이스들이 통신하고 있는 혼잡한 상황을 고려한다. 그림 7에서 새로운 WLP 서브 네트워크의 혼잡한 BS에서 통신 중인 4 개 BE 서비스 WLP 디바이스들 간의 RTT는 2ms 씩 차이가 나며 86ms에서 90ms까지의 값을 가지며, 이전 WLP 서브 네트워크의 혼잡한 BS에서 통신 중인 4개 BE 서비스 WLP 디바이스들 간의 RTT도 마찬가지로 2ms씩 차이가 나며 86ms에서 90ms까지의 값을 갖는다. 초기에 이전 BS에서는 BE WLP 디바이스가 하나도 없이 AS WLP 디바이스만 통신을 하고 있다고 가정한다. 10초에 AS WLP 디바이스는 4개의 BE WLP 디바이스가 통신하고 있는 혼잡한 새로운 BS로 핸드오프하며, AS WLP 디바이스가 완전히 핸드오프한 후, 이전 BS에서 4개의 BE WLP 디바이스가 통신하기 시작한다. 20초에 AS WLP 디바이스는 혼잡한 새로운 BS에서 혼잡한 이전 BS로 다시 핸드오프하며, 이후 매 10초마다 AS WLP 디바이스가 핸드오프하는 상황을 실험하여, 총 10회의 핸드오프에 대해서 AS WLP 디바이스의 TCP 수율을 분석한다.

그림 13은 AS WLP 디바이스가 사업자와 0.5Mbps의 계약전송률로 계약을 하고 있는 경우에 AS WLP 디바이스가 수신하는 IN 패킷의 수를 10회의 핸드오프 구간에 따라 보여주고 있다. 그림 13에서 AS WLP 디바이스는 매 순간마다 기존 BS 패킷 버퍼링 방식을

사용하지 않는 경우보다는 사용하는 경우에 더 많은 IN 패킷을 수신하며, PBM을 사용하는 경우가 기존 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 경우보다 더 증가된 IN 패킷 수율을 나타내는 것을 알 수 있다.

그림 14는 그림 13의 결과에 따라 AS WLP 디바이스의 핸드오프 횟수에 따른 IN 패킷의 수율을 bps 단위로 비교한 것이다. 핸드오프 횟수가 증가함에 따라 핸드오프 하는 WLP 디바이스는 점점 더 열악한 상황을 겪게 되므로 AS WLP 디바이스의 TCP 풀로 수율은 감소하게 된다. BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하지 않는 경우에는 AS WLP 디바이스가 핸드오프 할 때마다 핸드오프 소요시간 동안의 패킷이 모두 손실되어, 수율은 핸드오프를 겪으면서 큰 폭으로 감소한다. 한편, 그림 14에서 기존 BS 패킷 버퍼링을 사용하는 경우와 PBM을 사용하는 경우에도 버퍼링되는 패킷의 지연시간을 무시할 수 없고, AS WLP 디바이스가 혼잡한 BS에서 통신할 때 IN 패킷을 최대한 보호하더라도 OUT 패킷의 확률적인 폐기로 인해서 IN 패킷 수율은 계약전송률 0.5Mbps보다 떨어지지만, 기존 패킷 버퍼링 방식을 사용하지 않는 경우에 비해서는 높은 수율을 보인다. 특히, PBM을 사용하는 경우의 IN 패킷 수율은 기존 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 경우보다 상당히 높은 수율을 나타냄을 알 수 있다.

그림 15는 AS WLP 디바이스의 핸드오프 횟수에 따른 전체 패킷의 수율을 bps 단위로 비교한 것이다. 세 가지 경우 모두 핸드오프 횟수가 증가함에 따라 수율은 지수적으로 감소하며, 패킷버퍼링 방식을 사용하지 않는 경우, 기존 BS 패킷버퍼링 방식을 사용한 경우, PBM 방식을 사용한 경우의 순서로 전체 패

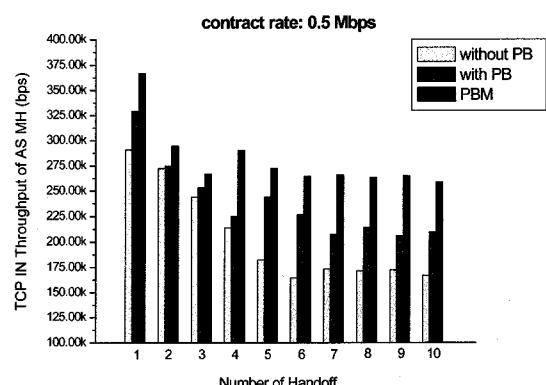


그림 14. 핸드오프 횟수에 따른 AS WLP 디바이스의 IN 패킷 수율

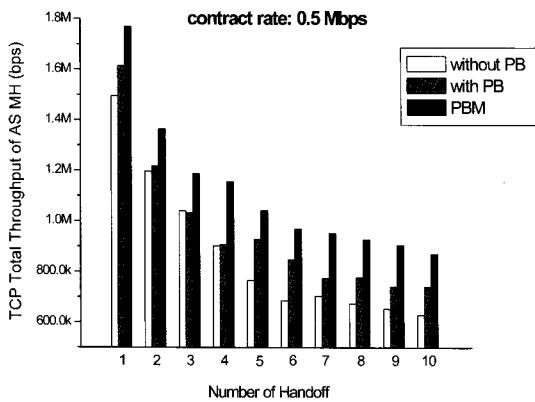


그림 15. 핸드오프 횟수에 따른 AS WLP 디바이스의 전체 패킷 수율

컷 수율이 높아지는 모습을 확실하게 알 수 있다. 그림 16은 PBM의 일반적인 성능 향상을 분석하기 위해 AS WLP 디바이스의 계약전송률에 대한 실제 수율의 비율을 assurance로 정의하고, 총 10회의 핸드오프에 대해서 AS WLP 디바이스의 계약전송률이 0.5Mbps, 1.0Mbps, 1.5Mbps인 각각의 경우에 대한 전체 패킷의 assurance를 계산하여 기존 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 경우와 PBM 방식을 사용하는 경우에 대해 결과를 비교한 것이다. 그림 16을 보면, AS WLP 디바이스의 계약전송률이 0.5Mbps, 1.0Mbps, 1.5Mbps인 경우에 PBM을 사용하는 경우의 assurance는 기존 패킷 버퍼링 방식만을 사용하는 경우보다 높은 값을 보인다. 한편, PBM을 사용하는 경우 계약전송률이 늘어날수록 assurance가 감소하는 것을 볼 수 있는데, 이는 AS WLP 디바이스의 계약전송률은 증

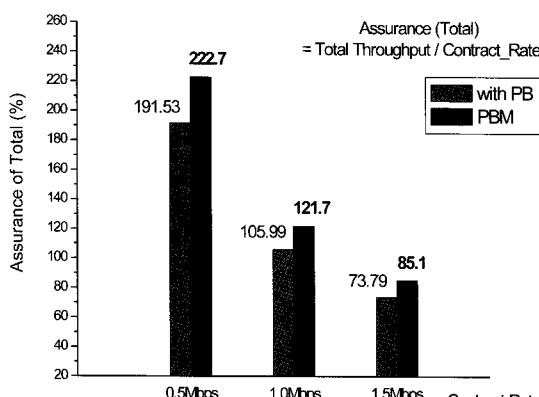


그림 16. 통신 중인 BE 디바이스들에 대한 핸드오프 AS WLP 디바이스의 전체 패킷에 대한 계약전송률별 Assurance

가하여도 동일한 *mws*를 사용하기 때문에 발생하는 현상이며, 계약전송률의 변화에 따라 *mws*도 변화하는 메커니즘을 사용한다면, assurance가 보상될 것으로 추측된다.

5. 결 론

본 논문에서는 무선링크가 병목인 일반적인 혼잡 상황을 고려하여, DiffServ registration-domain 기반 무선망에서 DiffServ의 assured service WLP 디바이스가 best-effort service WLP 디바이스들이 통신하고 있는 혼잡한 BS로 이동하는 경우, AS WLP 디바이스의 TCP 플로가 받는 수율 영향을 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하지 않는 경우와 사용하는 경우, 그리고 제안하는 PBM을 추가하여 보완된 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 경우 각각에 있어서 BS에서의 핸드오프 도착에 따라 RIO 버퍼 관리 방식 및 TCP 수율 성능에 대하여 분석하였다. 또한, PBM을 사용하면 *mws* 내의 IN 패킷의 양이 증가하는 것과 AS WLP 디바이스의 핸드오프 직후 RIO 버퍼에서 전체 패킷의 큐 길이와 IN 패킷의 큐 길이가 기존 패킷 버퍼링 방식보다 큰 상태를 유지한다는 것을 확인하였다. 즉, 기존 패킷 버퍼링 방식을 사용하는 경우 핸드오프 시에 버퍼링되는 OUT 패킷의 손실로 인해서 AS WLP 디바이스의 TCP 핸드오프 수율 성능은 저하되고, 이를 방지하기 위해서는 제안하는 PBM을 사용하여 보완된 BS 패킷 버퍼링 방식을 사용해야 할 필요가 있다는 것을 시뮬레이션 결과를 통해 분석하였다.

하지만 PBM을 사용한 방식에서도 버퍼링되는 패킷의 지연시간을 무시할 수 없고, AS WLP 디바이스가 혼잡한 BS에서 통신할 때 IN 패킷을 최대한 보호하더라도 OUT 패킷의 확률적인 폐기로 인해서 assured service의 계약전송률을 완전히 보장하지 못하였으며, 이를 해결하기 위해서는 혼잡한 BS의 OUT 트래픽을 제어할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] J. del Prado Pavón, S.N. Shankar, V. Gaddam, K. Challapali, and C.-T. Chou, "The MBOA-WiMedia specification for ultra wideband dis-

- tributed networks," *IEEE Communication Magazine*, Vol.44, No.6, pp. 128-134, 2006.
- [2] WiMedia alliance, "Distributed medium access control for wireless networks," WiMedia MAC Release Spec. 1.01, 2006.
(<http://www.wimedia.org/en/index.asp>)
- [3] WiMedia alliance, "Approved Draft 1.0," WiMedia logical link layer control protocol spec., 2007.
(<http://www.wimedia.org/en/index.asp>)
- [4] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Services," RFC 2475, IETF, 1998.
- [5] D. Clark and W. Fang, "Explicit Allocation of Best Effort Packet Delivery Service," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol.6, No.4, pp. 362-373, 1998.
- [6] Subir Das, Archan Misra, Prathima Agrawal, and Sajal K. Das, "TeleMIP: Telecommunications- Enhanced Mobile IP Architecture for Fast Intradomain Mobility," *IEEE Personal Communications*, Vol.7, pp. 50-58, 2000.
- [7] C. E. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," revised draft-ietf-mobileip-rfc2002-bis-03.txt, 2000.
- [8] C. E. Perkins and D. E. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP," draft-ietf-mobi-leip-optim-10.txt, 2000.
- [9] Doo Seop Eom, Masashi Sugano, Masayuki Murata, and Hideo Miyahara, "Performance Improvement by Packet Buffering in Mobile IP Based Networks," *IEICE Transactions on communications*, Vol.E83-B, No.11, pp. 2501-2512, 2000.
- [10] Doo Seop Eom, HeyungSub Lee, Masashi Sugano, Masayuki Murata, and Hideo Miyahara, "Improving TCP Handoff Performance in Mobile IP Based Networks," *Computer Communications*, Vol.25, No.7, pp. 635-646, 2002.
- [11] Iljun Yeom and A. L. Narasimha Reddy, "Marking for QoS Improvement," *Computer Communications*, Vol.1, No.14, pp. 35-50, 2001.
- [12] S. Floyd and V. Jacobson, "Random Early Detection gateways for Congestion Avoidance," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol.1, No.4, pp. 397-413, 1993.
- [13] R. Caceres and V. Padmanabhan, "Fast and Scalable Handoffs for Wireless Networks," Proceedings of ACM Mobicom'96, pp. 56-66, 1996.
- [14] "The network simulator ns-2," Information sciences institute, 2005. (<http://www.isi.edu/nsnam/ns>)
- [15] Kyeong Hur, Kyun Hyon Tchah, and Doo Seop Eom, "TCP Performance Analysis of Packet Buffering in Mobile IP based Networks," *IEICE Transactions on Communications*, Vol.E87-B, No.11, pp. 3361- 3369, 2004.
- [16] Young-Sup Roh, Kyeong Hur, Doo Seop Eom, Yeon Woo Lee, and Kyun Hyon Tchah, "TCP Performance Enhancement by Implicit Priority Forwarding (IPF) Packet Buffering Scheme for Mobile IP Based Networks," *Journal of Communication and Networks*, Vol.7, No.3, pp. 367-376, 2005.
- [17] Kyeong Hur, Doo-Seop Eom, Yeon-Woo Lee, Jae-Ho Lee, and Seokjoong Kang, "Priority Forwarding for Improving the TCP Performance in Mobile IP Based Networks with Packet Buffering," *Computer Communications*, Vol.30, No.6, pp. 1337-1349, 2007.



이 승 범

2002년 고려대 전기공학과 학사
 2004년 고려대 전자컴퓨터공학과 석사
 2004년 3월~현재 고려대 전자컴퓨터공학과 박사과정
 관심분야: Mobile IP, DiffServ network, Wireless TCP, Buffer Management, Internet QoS, WiMedia



엄 두 섭

1987년 고려대 전자공학과 학사
 1989년 고려대 전자공학과 석사
 1999년 일본 오사카대학 정보통신 공학과 박사
 1989년 2월~1999년 8월 한국전자통신연구소 연구원
 1999년 9월~2000년 8월 원광대학교 전임강사
 2000년 9월~현재 고려대학교 전기전자전파공학부 정교수
 관심분야: 통신네트워크 설계 및 성능분석, 무선 ATM, IP 네트워크



허 경

1998년 고려대 전자공학과 학사
 2000년 고려대 전자공학과 석사
 2004년 8월 고려대 전자공학과 통신공학 박사
 2004년 8월~2005년 8월 삼성종합기술원(SAIT) 전문연구원
 2005년 9월~현재 경인교대 컴퓨터교육과 조교수
 관심분야: QoS, Mobile IP, Wireless MAC, 컴퓨터교육



주 양 익

1998년 고려대 전자공학과 학사
 2000년 고려대 전자공학과 석사
 2004년 8월 고려대 전자공학과 통신공학 박사
 2004년 8월~현재 삼성전자 통신네트워크 연구소 전문연구원
 관심분야: 무선시스템을 위한 PHY와 MAC 계층 연구, Bluetooth, Wireless PAN, 유비쿼터스 네트워킹