

버티컬 핸드오버 환경에서 종단간 이동성 관리 및 TCP 흐름 제어기법

준회원 서기남*, 정회원 임재성**

An E2E Mobility Management and TCP Flow Control Scheme in Vertical Handover Environments

Ki-nam Seo*, Jae-Sung Lim** *Regular Members*

요약

본 논문에서는 이종망간의 핸드오버 환경에서 MN가 종단간이동성 관리를 하면서 동시에 네트워크의 링크 특성을 고려하여 TCP 흐름 제어를 할 수 있는 새로운 버티컬 핸드오버 기법을 제안한다. MN가 버티컬 핸드오버를 수행할 때 종단간 이동성 관리를 위해서 SIP INFO 메시지를 이용하여 CN에게 새로운 네트워크에서 사용할 자신의 IP 주소를 전달하게 되면 CN는 IP 인캡슐레이션을 통해 MN에게 데이터 패킷을 전달한다. 만약 MN가 WLAN에서 cdma2000망으로 이동하는 상황 핸드오버가 발생하면 RTT의 차이로 TCP 재전송 타임아웃이 발생하게 된다. 그 결과 TCP 혼잡 윈도우 크기가 1로 감소되어 결국 TCP Throughput이 떨어지게 된다. 본 논문에서는 이러한 현상을 방지하기 위해 CN가 probe packet을 전송하여 RTT를 측정하는 방법과 각 네트워크의 전송대역의 비에 따라 재전송 타이머를 조정하는 두 가지 방법을 제안한다. 제안하는 버티컬 핸드오버 기법의 성능을 NS-2 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였다.

Key Words : Vertical Handover, Mobility Management, TCP Flow Control, SIP.

ABSTRACT

In this paper, we propose an end-to-end mobility management and TCP flow control scheme which considers different link characteristics for vertical handover environments. The end-to-end mobility management is performed by using SIP protocol. When a mobile node moves to a new network, it informs its movement of the correspondent node by sending SIP INFO message containing a new IP address which will be used in the new network. And then the corresponding node encapsulates all packets with the new IP address and sends them to the mobile node. In general, RTT of WLAN is shorter than RTT of cdma2000. When the MN moves from WLAN network to cdma2000 network, TCP retransmission timeout will be occurred in spite of non congestion situations. Thus, TCP congestion window size will be decreased and TCP throughput will be also decreased. To prevent this phenomenon, we propose a method using probe packets after handover to estimate a link delay of the new network. We also propose a method using bandwidth ratio of each network to update RTT. It is shown through NS-2 simulations that the proposed schemes can have better performance than the previous works.

* KTF Technologies 연구소 (knseo@ktftech.com),
논문번호 : KICS2005-01-025, 접수일자 : 2005년 1월 12일

** 아주대학교 정보통신전문대학원 (jaslim@ajou.ac.kr)

I. 서론

서비스 사용자들의 다양한 기호에 발맞추어 이동통신망은 많은 변화를 겪어 왔으며 하나의 무선망이 존재하기 보다는 다양한 망들이 공존하는 시대가 도래하고 있다. 특히 WLAN의 보급과 더불어 대학가와 공장장소 등의 인구 밀집지역을 중심으로 WLAN 핫스팟이 증가하여 사용자들이 필요에 따라 핫스팟 내에서 언제나 무선망을 통해 무선 인터넷 서비스를 이용할 수 있게 되었다. 이러한 추세에 맞춰 이미 현재의 3G 이동통신망과 WLAN 망의 연동에 관한 연구가 많이 진행되고 있으며 보다 다양한 액세스 망이 공존하는 향후 4G 망에서의 서로 다른 통신망간의 연동 및 핸드오버에 관한 연구가 중요하게 생각되고 있다.

일반적으로 이러한 이종망간의 이동성 관리를 위하여 IETF(Internet Engineering Task Force)의 Mobile IP를 이용한 네트워크 계층의 이동성 관리 기법^[3-6]과 SIP(Session Initiation Protocol)를 이용한 응용계층의 이동성 관리 기법^[7-9]을 사용하는 연구가 진행되어 왔다.

Mobile IP는 3G 망에서 이동성 관리를 위한 프로토콜로 사용되고 있기 때문에 WLAN을 연동한 이종망간의 이동성 관리 및 핸드오버를 위한 방법으로 WLAN에 Mobile IP에 필요한 에이전트를 추가하여 Mobile IP 기반의 방법을 주로 사용한다. 이러한 방법은 동일 망간의 이동성 관리에 사용되던 Mobile IP를 적용시킨 것이기에 버티컬 핸드오버 환경에 사용하기에 약간의 문제점이 있다. 기제안된 Mobile IP기반의 이동성 관리 기법들은 버티컬 핸드오버 중의 MN(Mobile Node)의 이동성을 고려하지만 각 망의 상이한 링크 특성으로 인해 초래될 문제점은 고려하지 않고 있다. 3G 망은 상대적으로 낮은 대역폭과 높은 RTT(Round-Trip Time)의 특성을 지닌 링크이며 WLAN의 링크는 높은 대역폭과 낮은 RTT의 특징을 갖는다. 따라서 MN가 3G 망에서 WLAN 망으로 이동할 경우에는 CN(Correspondent Node)가 링크를 효율적으로 사용하기 위해 전송속도를 높여 데이터를 전송할 수 있다. 그런데 Mobile IP를 이용할 경우에는 MN의 움직임이 상위계층에 감춰지는 특성이 있어서 CN와의 세션의 속성을 바꿀 수 없다는 단점이 있다.

또한 MN가 버티컬 핸드오버를 수행 도중에 각 링크의 RTT 차이로 인해 TCP의 불필요한 재전송이 발생하여 결국 TCP throughput을 저하시키는 현

상이 초래될 수 있다^[5,6]. 참고문헌 [5]와 [6]에서는 GPRS 망과 WLAN 망간의 Mobile IP를 이용한 버티컬 핸드오버 환경을 테스트 베드로 구축하여 성능을 분석하였다. MN가 상대적으로 RTT가 짧은 WLAN 망에서 RTT가 긴 GPRS 망으로 핸드오버할 때 TCP 재전송 타임아웃으로 인해 재전송이 여러 번 수행되는 현상이 발생한다. 그 결과 링크의 혼잡이 발생하는 상황이 아님에도 불구하고 TCP의 혼잡 윈도우 크기가 1로 감소되어 slow start를 유발함으로써 해서 TCP 성능을 떨어뜨리는 결과를 낳는다^[5]. 참고문헌 [5]에서는 이러한 현상을 방지하기 위한 해결 방안으로 Freeze-TCP 방식을 제안하고 있다. 그러나 Freeze-TCP 방식을 이용하더라도 새로운 링크의 RTT를 적용시킬 수 없기 때문에 큰 효과를 볼 수 없다. 참고문헌 [6]에서도 버티컬 핸드오버 동안의 TCP 시퀀스 변화와 혼잡 윈도우 크기(CWND) 변화를 통해 유사한 현상을 언급하고 있다. 이와 같이 기존 연구에서는 MN가 버티컬 핸드오버를 수행할 때 각 망의 링크 특성의 차이로 인해 MN가 겪을 수 있는 문제점을 지적하고는 있으나 구체적인 방안을 제시하지 못하고 있다.

SIP를 이용하여 MN의 이동성을 지원하기 위한 연구로는 HMMP(Host Mobility Management Protocol)가 있다^[7]. 이 방법은 비록 버티컬 핸드오버 환경을 고려하여 설계된 것은 아니지만 TCP 프로토콜을 수정하지 않고 핸드오버 중 SIP를 이용해서 TCP 응용을 지원할 수 있는 장점이 있다. 이러한 방법을 버티컬 핸드오버 환경에 적용시킨 연구가 있다^[8,9]. 이 방법들은 HMMP에서와 같이 MN의 새로운 IP 주소를 이용하여 CN가 패킷을 터널링하여 전송하도록 하고 있다. 그러나 이와 같이 버티컬 핸드오버를 할 때 SIP를 사용하는 방법에서도 MN의 이동성 관리나 시그널링 오버헤드를 줄이는 방법을 제시할 뿐 각 네트워크의 상이한 링크 특성을 고려한 방법을 제시하고 있지 않다.

앞서 살펴본 기존의 방법들은 대부분 이동성 관리에 초점이 맞춰져 있다. 그러나 이종망간의 핸드오버를 지원할 때는 이동성 관리뿐만 아니라 효율적인 데이터 전송을 위해 각 망의 링크 특성을 고려할 필요가 있다. 본 논문에서는 버티컬 핸드오버 환경에서 MN의 종단간 이동성을 지원하면서 동시에 핸드오프에 따른 TCP의 성능저하를 방지할 수 있는 방안을 제안하고자 한다. 제안하는 기법은 SIP를 사용하기 때문에 사용자가 다른 망으로 이동하더라도 데이터 패킷이 종단간의 최적 경로로 전달

될 수 있다. 또한 TCP freezing 기법을 사용하여 이중망간의 핸드오버 도중 패킷 손실을 줄일 수 있으며 버티컬 핸드오버 환경의 각 링크 RTT를 고려한 TCP 흐름 제어 기법을 제안하며 이를 통해 불필요한 TCP 재전송을 방지하여 TCP 성능을 향상시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안하는 종단간 이동성 보장 기법 및 TCP 성능 향상 방법에 대해 살펴본다. 그리고 III장에서는 시뮬레이션 결과를 통해 성능 평가를 하며 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 제안하는 버티컬 핸드오버 기법

본 논문에서 제안하는 버티컬 핸드오프 기법을 설명하기 위해서 그림 1과 같이 cdma2000 망과 WLAN 망간에 일어나는 핸드오버와 SIP를 지원하는 네트워크를 가정한다. 핸드오버시 SIP를 이용하여 종단간 이동성 지원을 하며 TCP 흐름 제어를 한다. 특히 본 논문에서는 각 망의 RTT 차이로 인한 TCP 성능 저하를 방지하기 위해서 TCP 재전송 타이머 제어를 위한 probe packet 전송 기법과 각 망의 전송속도의 비를 이용하여 TCP 재전송 타이머를 조절하는 기법의 두 가지 방안을 제안한다.

2.1 종단간 이동성 관리 기법

그림 1에서 MN는 cdma2000과 WLAN의 주파수 대역을 동시에 감지할 수 있는 듀얼모드를 지원하며 새로운 망으로의 핸드오버를 할 때 L2 트리거(Layer2 Trigger)를 이용하여 상위계층에게 핸드오버를 알리는 방법을 사용한다고 가정한다.

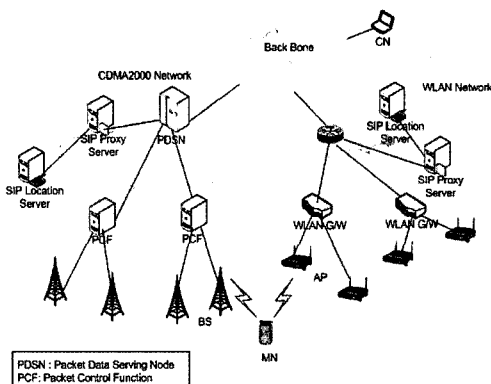


그림 1. 네트워크 모델
Fig 1. Network model

MN는 주기적으로 각 주파수를 감지하면서 새로운 망의 존재를 알 수 있다. cdma2000 망의 경우 PCF가 전송하는 ANID(Access Network Identification)를 수신하는 방법을 사용하며 WLAN의 경우 AP의 beacon을 사용하여 새로운 망을 인지할 수 있다. MN가 새로운 네트워크로 이동했을 때 DHCP로부터 새로운 IP 주소를 부여 받는다. MN의 위치 관리는 SIP를 사용하여 MN가 매번 위치등록 과정을 수행함으로써 이루어지며 Location Server가 MN의 위치정보를 유지한다. MN가 다른 노드와 세션을 열어 통신하는 도중 새로운 네트워크로 이동했을 경우 SIP의 INFO 메시지를 통해 새로운 네트워크의 정보와 핸드오버와 관련된 정보를 상대방 노드에게 알려준다. SIP INFO 메시지는 IETF의 RFC의 내용을 기반으로 사용한다^[10].

그림 2는 MN가 cdma2000 망에서 WLAN 망으로 버티컬 핸드오버를 수행할 때의 메시지 흐름을 나타내고 있다. MN가 WLAN 망으로 이동할 경우 경계 셀의 핸드오버 존에 들어갔을 때, AP를 통해서 다른 네트워크의 영역을 의미하는 beacon을 수신하게 된다. 이렇게 MN가 새로운 네트워크를 감지했을 때 Layer2 트리거를 사용하여 상위계층으로 핸드오버가 일어날 것임을 알린다. Layer2 트리거는 링크계층에서 상위계층으로 새로운 네트워크의 감지를 알리는 방법으로 참고문헌 [11]에 제안되었다. MN는 Layer2 트리거 수행 후 새로운 네트워크에서 사용할 IP 주소를 할당 받고 SIP의 등록 과정을 통해 Location Server에 자신의 위치를 갱신한다. 그 뒤 MN는 새로운 IP 주소를 SIP INFO 메시지를 이용해서 CN에게 알려준다. 그 후 CN은 MN에게 전송되는 데이터 패킷을 MN이 알려준 새로운 IP 주소로 인캡슐레이션하여 전송한다.

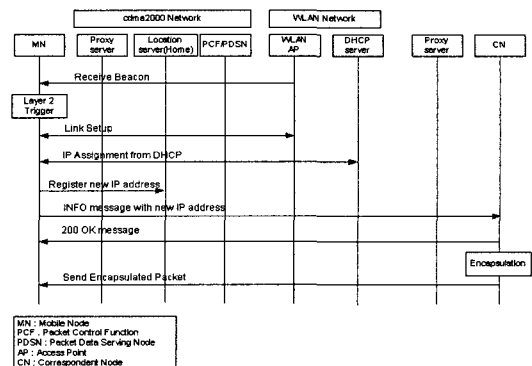


그림 2. 이동성 관리를 위한 메시지 흐름도
Fig 2. Mobility management based on SIP signaling

MN가 WLAN 망에서 cdma2000 망으로 이동할 경우에는 cdma2000의 PCF가 전송하는 ANID를 통해 새로운 네트워크를 감지하게 되며 이동성 관리를 위한 절차는 위의 경우와 같다. 이러한 방법으로 MN의 이동성은 중단간으로 보장받게 된다.

2.2 TCP 흐름제어 기법

본 논문에서는 버티컬 핸드오버시 두 가지 TCP 흐름 제어 방법을 제안한다. 여기에서 관점으로 든 것은 MN이 링크 특성, 특히 RTT가 다른 두 네트워크를 이동할 때 발생할 수 있는 불필요한 TCP 재전송 타이머를 방지함으로써 전송효율을 높이고자 한다. 즉 RTT가 짧은 WLAN 망에서 RTT가 긴 cdma2000 망으로의 버티컬 핸드오버 동안 RTT 차이로 인한 불필요한 TCP 재전송이 발생하여 TCP의 혼잡 윈도우 크기가 줄어들어 결국 TCP 성능저하를 발생시키는 문제점을 극복하기 위한 두 가지 방안을 제안한다.

첫 번째의 방법은 Probe packet을 이용한 것으로 CN이 상향 핸드오버가 시작될 때 TCP 패킷 이외의 별도의 probe packet을 전송하여 그에 대한 응답이 도착할 때까지의 시간을 측정한다. 그 결과 앞서 문제점으로 지적되었던 상향 핸드오버시의 TCP 타임아웃을 방지할 수 있으나 probe packet을 처리하기 위한 추가의 메시지가 필요하며 RTT 측정을 위한 추가의 핸드오버 지연시간이 소요된다는 단점이 있다.

두 번째 방식은 이기종 네트워크의 전송속도 비를 이용하여 RTT 보정값을 계산하여 새로운 네트워크의 RTT를 예측하는 방법이다. 이는 probe packet의 경우처럼 추가의 메시지가 필요치 않으며 CN은 MN이 계산하여 전송하는 RTT 보정값을 사용하기 때문에 추가의 핸드오버 지연시간이 필요치 않는 장점이 있다. 그러나 이러한 방법을 사용하기 위해서는 각 네트워크의 링크 속도와 딜레이를 알고 있어야 하는데 이것은 각 네트워크를 특징짓는 일반적인 값을 링크계층이 2계층 트리거를 통해 상위계층으로 알려줄 수 있다는 것을 가정한다. 다음 각 절에서 이 두 가지 제안하는 기법에 대한 설명을 한다.

2.2.1 Probe Packet을 이용한 TCP 흐름 제어 기법

다음은 probe packet을 전송하여 RTT를 측정하고 뒤 새로운 링크의 TCP 재전송 타이머를 재설정하는 방법에 대해 살펴본다.

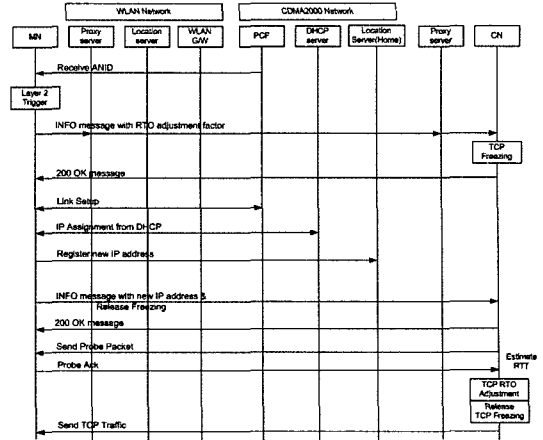


그림 3. Probe Packet을 이용한 방법의 메시지 흐름도
Fig 3. TCP flow control scheme based on a Probe Packet

그림 3은 probe packet을 이용한 방법의 메시지 흐름도를 나타내고 있다. MN가 Layer2 트리거를 통해 cdma2000 망으로의 핸드오버를 인지한 뒤 SIP INFO 메시지를 이용하여 CN에게 핸드오버가 일어남을 알리면서 TCP freezing을 요청한다. CN은 TCP freezing을 수행하며 INFO 메시지에 대한 응답을 보낸다. MN가 새로운 IP 주소를 획득한 뒤에 다시 INFO 메시지를 이용해서 CN에게 핸드오버의 완료를 알려주면 CN은 probe packet을 MN에게 전송하여 그 응답을 받음으로써 RTT를 측정한다. 이렇게 측정된 새로운 링크의 RTT를 이용하여 TCP 재전송 타이머를 재설정함으로써 RTT 차이로 인한 타임아웃을 방지한다. 그리고 앞서 freezing 시켰던 TCP 상태를 풀고 MN에게 데이터 패킷을 전송하기 시작한다.

그러나 이러한 probe packet을 이용한 방법에서는 CN이 MN으로부터 상향 핸드오버가 수행됨을 알게되었을 때 probe packet을 전송하여 이에 대한 ack를 수신하여 RTT를 측정하기 때문에 이러한 probe packet과 ack에 대한 별도의 메시지가 정의되어야 하는 문제점이 존재한다. 또한 핸드오버 도중 probe packet을 처리하는 시간만큼의 핸드오버 처리 지연시간이 늘어나게 된다. 이러한 문제점을 어느정도 극복하기 위해 WLAN 망에서 cdma2000 망으로의 핸드오버와 같은 상향 핸드오버에서는 probe packet을 전송하여 RTT를 측정하는 방법을 사용하고 동일 망으로의 핸드오버나 cdma2000 망에서 WLAN 망으로의 핸드오버(하향 핸드오버)와 같이 RTT의 변화가 거의 없거나 RTT 변화로 인해 불필요한 TCP 재전송이 일어나지 않은 환경에서는

probe packet을 전송하는 방법을 사용하지 않는다. 이렇게 함으로써 probe packet 전송으로 인한 핸드오버 시간 지연을 막을 수 있다. 하지만 RTT 측정을 위한 추가의 메시지가 정의되어야 하는 문제점이 있어 본 논문에서는 다음 절에서 네트워크 전송 속도의 비를 이용한 RTT 측정방식을 제안한다.

2.2.2 각 네트워크의 전송속도 비를 이용한 TCP 흐름 제어 기법

다음은 각 네트워크의 전송속도의 비를 이용하여 TCP 재전송 타이머를 조절하는 방안에 대하여 살펴본다.

그림 4는 MN측에서 수행되는 RTT 보정값을 계산하는 알고리즘을 나타낸 것이다. MN가 버티컬 핸드오버를 수행할 때 새로운 네트워크 ID를 수신하게 되면 현재의 네트워크 ID와 비교하여 버티컬 핸드오버인지 판단한다. 만약에 버티컬 핸드오버라면 현재 링크의 대역폭(전송속도)와 이동하려는 네트워크의 링크 대역폭(전송속도)의 비를 계산하여 상향 핸드오버인지 하향 핸드오버인지 결정한다. MN가 WLAN과 같은 RTT가 짧은 링크 특성을 갖는 망에서 cdma2000과 같은 RTT가 상대적으로 긴 링크 특성을 지닌 망으로 이동할 경우인 상향 핸드오버일 때 각 망의 링크의 전송시간과 전송 딜레이 차이를 이용하여 재전송 타이머를 보상할 RTT 보정값을 계산한다. MN가 수행하는 RTT 보정값의 계산은 식(1)과 같다. 상향 핸드오버에서 RTT 보정값을 적용하는 이유는 MN이 RTT가 더 긴 네트워크로의 핸드오버 수행 중 새로운 네트워크의 RTT를 미리 예측하여 적용함으로써 TCP 타임아웃이 발생하는 현상을 방지하기 위함이다. 이 RTT 보정값의 계산은 두 네트워크에서 패킷이 전달되는 시간의

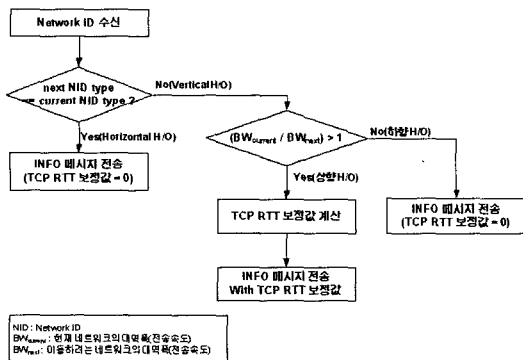


그림 4. RTT 보정값 계산
Fig 4. Calculation of RTT adjustment value

차이로 구할 수 있다. 식 (1)에서 pkt_size는 전송 패킷의 크기이며 BWnext, BWcurrent 그리고 Delaynext와 Delaycurrent는 각각 이동하려는 네트워크와 현재의 네트워크의 전송속도와 전송지연시간을 의미한다. 즉 RTT 보정값은 두 네트워크의 패킷의 전송시간의 차이와 전송지연시간의 차이의 합으로 구할 수 있다.

$$RTT \text{ 보정값} = \text{pkt_size} * (1/BW_{\text{next}} - 1/BW_{\text{current}}) + (\text{Delay}_{\text{next}} - \text{Delay}_{\text{current}}) \quad (1)$$

이렇게 계산된 RTT 보정값을 CN가 수신하여 이를 이용하여 새로운 망의 RTT 값을 식(2)와 같이 예측한다.

$$RTT_{\text{new}} = RTT_{\text{new}} + 2 * (RTT \text{ 보정값}) \quad (2)$$

이와 같은 각 링크의 전송속도와 링크 딜레이는 링크계층의 트리거를 통하여 상위계층으로 알려지게 되며 일반적인 값을 갖는 것으로 가정한다.

그림 5는 이와 같이 계산된 RTT 보정값을 MN이 CN에게 전송하여 TCP 재전송 타이머를 재설정하는 과정을 그린 메시지 흐름도이다. Probe packet을 이용했던 방법과 마찬가지로 MN이 WLAN 망에서 cdma2000 망으로 이동했을 경우 Layer2 트리거가 발생한다. 그러면 MN은 수신된 network ID를 기반으로 RTT 보정값을 계산한 후 SIP INFO 메시지를 이용하여 CN에게 핸드오버가 일어날 것임을 알림과 동시에 RTT 보정값을 전송한다. 이를 수신한 CN은 TCP freezing을 수행하고 MN에게 응답 메시지를 보낸다. MN이 새로운 네트워크에서 사용

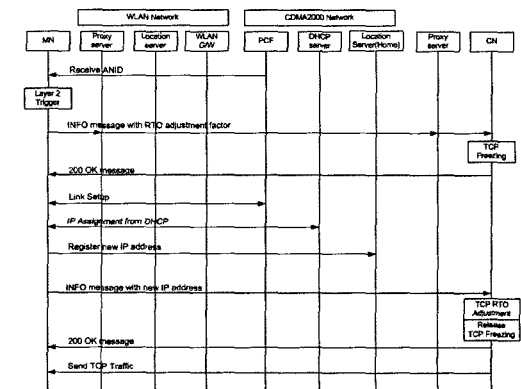


그림 5. 네트워크의 전송속도 비를 이용한 방법의 메시지 흐름도
Fig 5. TCP flow control scheme based on network bandwidth ratio

할 IP 주소를 할당 받고 SIP INFO 메시지를 통해 이를 CN에게 전송하면 CN은 TCP 재전송 타이머를 MN이 보낸 RTT 보정값을 이용하여 재설정한다. 다음 데이터 패킷을 MN에게 전송하기 위해 TCP freezing을 푼다.

III. 시뮬레이션 및 성능평가

NS-2 시뮬레이터를통하여 기존의 기법과 제안한 기법을 비교, 평가 하였다¹³⁾. SIP를 이용한 종단간 이동성 관리는 동일하게 적용되고 TCP Tahoe와 Freeze-TCP, 그리고 제안한 두 가지 방법인 probe packet 기반 RTT 재설정 방법과 각 망의 전송속도의 비를 이용한 기법을 비교하였다.

그림 6은 시뮬레이션에 사용된 네트워크 모델을 나타낸 것이다. 시뮬레이션에서 cdma2000과 WLAN 각 네트워크의 셀이 중첩되어 있는 환경을 가정하였다. 그리고 표 1은 시뮬레이션 사용된 파라미터들의 값을 표현한 것이다. NS-2.27 시뮬레이터를 사용하였으며 CN이 FTP 트래픽을 MN에게 전송한다. TCP는 Tahoe를 이용하여 시뮬레이션을 하였으며 시뮬레이션에 필요한 유, 무선 링크 대역폭 및 링크 딜레이 값은 표 1에 나와있는 바와 같다. MN는 cdma2000 망과 WLAN 망을 이동하며 이 때의 TCP 성능을 시뮬레이션 결과로 도출하였다.

그림 7은 시뮬레이션에서 사용한 cdma2000과 WLAN 셀 위치와 MN의 움직임을 나타낸 것이다. cdma2000과 WLAN의 서비스 영역은 셀 단위로 구성되어 있으며 각 셀의 반경은 570m로 동일하다. 또한 각 셀은 10%의 중첩되는 핸드오버 영역을 가지고 있다. MN는 WLAN의 셀에서 cdma2000 셀

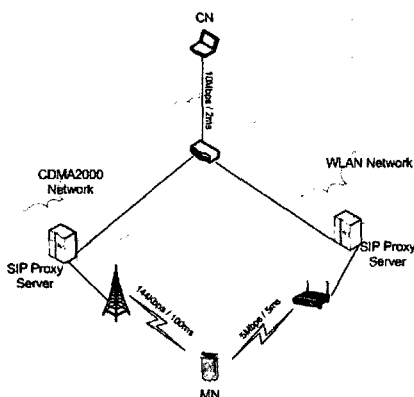


그림 6. 네트워크 시뮬레이션 모델
Fig 6. Network model for simulations

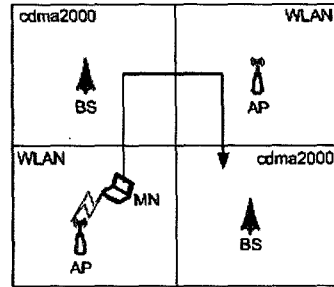


그림 7. MN의 모빌리티 모델
Fig 7. Mobility model of MN

로 또는 그 반대 방향으로 계속 이동하면서 여러 번의 버티컬 핸드오버를 수행한다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터.

| 파라미터 | 설정값 |
|---------------------|-----------|
| Simulator | NS-2.27 |
| Application | FTP |
| TCP version | TCP Tahoe |
| Wired Link 전송속도 | 10Mbps |
| Wired Link Delay | 2ms |
| cdma2000 Link 전송속도 | 144Kbps |
| cdma2000 Link Delay | 100ms |
| WLAN Link 전송속도 | 5Mbps |
| WLAN Link Delay | 5ms |

그림 8과 그림 9는 MN가 cdma2000 망에서 WLAN 망으로 핸드오버를 수행할 때의 시뮬레이션 결과를 나타낸 그래프이다.

그림 8에서는 TCP freezing을 사용하지 않은 TCP Tahoe와 Freeze-TCP 그리고 제안한 기법 중 각 망의 전송속도의 비를 이용하여 RTT를 보정한 기법의 시뮬레이션 결과이다. Freeze-TCP 기법과 제안한 기법을 사용했을 경우 핸드오버를 감지한 MN의 요청에 의해 CN은 18.08초에서 TCP freezing을 수행하기 때문에 freezing을 사용하지 않은 TCP Tahoe와는 달리 핸드오버가 끝날 때까지 TCP 데이터 패킷을 전송하지 않는 것을 알 수 있다. 또한 TCP Tahoe의 경우 핸드오버 도중 유실된 패킷 때문에 핸드오버 후 재전송이 일어나지만 Freeze-TCP와 제안한 기법은 핸드오버 후 재전송이 이루어지지 않고 TCP 혼잡 윈도우 크기만큼의 데이터를 송신하는 것을 확인할 수 있다.

그림 9는 TCP 윈도우 크기의 변화를 나타낸 그래프이다. Freezing을 사용하지 않은 TCP Tahoe의

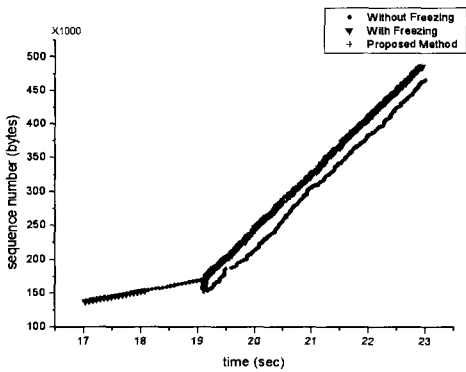


그림 8. 하향 핸드오버 상황에서의 TCP 시퀀스 변화
Fig 8. TCP sequence number during downward handover

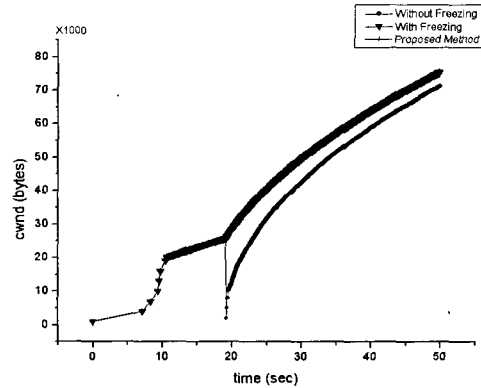


그림 9. 하향 핸드오버 상황에서의 TCP 윈도우 크기 변화
Fig 9. TCP CWND change of downward handover

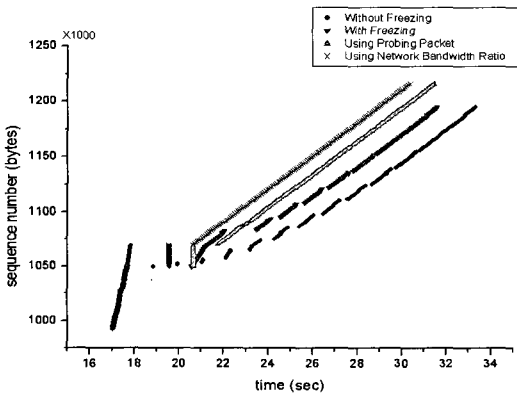


그림 10. 상향 핸드오버 상황에서의 TCP 시퀀스 변화
Fig 10. TCP sequence number of upward handover

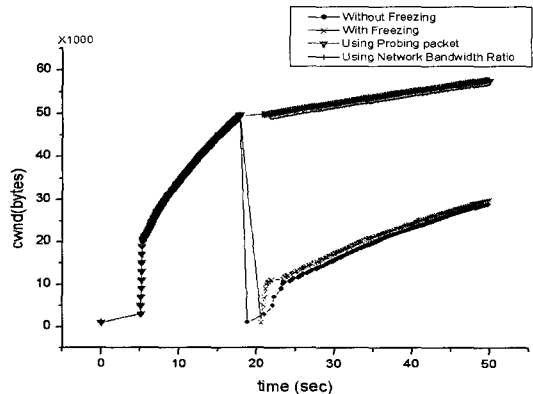


그림 11. 상향 핸드오버시 TCP 윈도우 크기 변화
Fig 11. TCP CWND change of upward handover

경우 핸드오버 도중 유실된 패킷 때문에 핸드오버 후 재전송을 하기 때문에 TCP 윈도우 크기가 1로 줄어들고 Freeze-TCP나 제안한 기법을 사용한 경우에는 핸드오버 중 TCP 윈도우 크기가 줄지 않고 계속 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그 결과 그림 8에서 볼 수 있는 것처럼 Freeze-TCP와 제안하는 기법이 TCP Tahoe 보다는 더 많은 TCP 패킷을 전송한다는 것을 확인할 수 있다.

하향 핸드오버에서는 제안한 핸드오버 기법이 Freeze-TCP와 같은 성능을 보였으며 freezing을 사용하지 않은 TCP Tahoe 보다는 좋은 성능을 보임을 확인할 수 있었다.

그림 10은 MN가 WLAN 망에서 cdma2000 망으로 이동할 때 freezing을 사용하지 않은 TCP Tahoe와 Freeze-TCP 그리고 두 가지 제안한 기법의 시뮬레이션 결과를 비교한 그래프이다. 전체적으로 봤을 때 동일한 시간 동안 전송된 TCP 데이터 패킷의 양을 보면 각 망의 전송속도의 비를 이용하

는 방법이 가장 높고 probe packet을 사용한 방법이 그 다음으로 높으며 Freeze-TCP와 freezing을 사용하지 않은 일반 TCP 순이다.

그림 10에서 freezing을 사용하지 않은 TCP Tahoe의 경우 핸드오버 후 유실된 패킷 때문에 TCP 타임아웃이 발생하여 재전송하는 것을 확인할 수 있으며 Freeze-TCP의 경우에도 WLAN과 cdma2000 RTT 차이로 인해 TCP 타임아웃이 발생한다. 그러나 probe packet을 전송하여 cdma2000 망의 링크를 측정할 경우와 각 망의 전송속도의 비를 사용한 방법에서는 TCP 타임아웃이 발생하지 않아 다른 방식보다 더 많은 패킷을 전송하고 있다. Probe packet을 이용한 경우의 단점으로 그림에서 보이는 것처럼 CN이 probe packet을 전송하여 ACK를 받기까지의 핸드오버 딜레이가 발생한다는 점이 있다.

그림 11은 상향 핸드오버시 TCP 윈도우 크기 변화를 나타낸 그래프이다. 앞서 설명했던 바와 같이

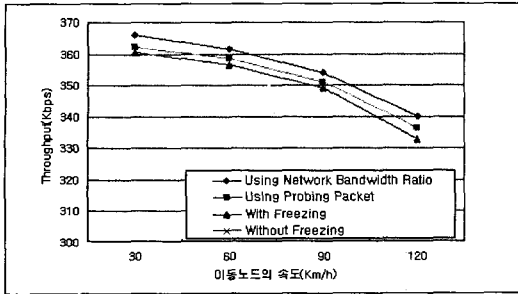


그림 12. MN의 속도에 따른 TCP throughput
Fig 12. TCP throughput according to MN's velocity

freezing을 사용하지 않은 TCP Tahoe나 Freeze-TCP의 경우 TCP 타임아웃이 발생하여 윈도우 크기가 1로 줄어들게 되며 두 가지 제안하는 방법인 probe packet과 각 망의 전송속도의 비를 사용한 경우에는 TCP 타임아웃이 발생하지 않아 윈도우 크기가 줄어들지 않는다는 사실을 확인할 수 있다.

그림 12는 MN의 속도를 달리 했을 때의 TCP throughput을 나타낸 그래프이다. MN의 속도가 증가할수록 버티컬 핸드오버를 수행하는 횟수가 증가하기 때문에 throughput이 저하하게 된다.

IV. 결론

본 논문에서는 이중망간을 MN가 이동하는 환경에서 종단간 이동성 관리를 수행하면서 서로 다른 망의 RTT 차이로 인해 TCP 타임아웃이 발생하여 불필요한 재전송을 수행하고 이로 인해 TCP 혼잡 윈도우 크기가 줄어 TCP 성능을 저하시키는 것을 방지하기 위한 두 가지 TCP 흐름 제어 기법을 제안하였다. 제안하는 기법에서 MN의 이동성은 MN가 SIP INFO 메시지를 이용하여 CN에게 알려주고 CN가 인캡슐레이션 방법을 사용하여 데이터를 전송하는 것이다. TCP 흐름 제어를 위해 MN가 핸드오버를 수행할 때 CN가 probe packet을 전송하여 새로운 네트워크의 링크 RTT를 측정하여 TCP 재전송 타이머를 재설정하는 방식과 MN가 핸드오버할 때 각 네트워크의 링크 대역폭(전송속도)의 비를 통해 RTT 보정값을 계산하여 CN에게 이를 전송한 뒤 TCP 재전송 타이머를 재설정하는 두 가지 방법을 제안하였다. Probe packet을 이용한 방법은 핸드오버 시간이 길어지는 단점이 있었으나 TCP Tahoe와 Freeze-TCP와 함께 비교하였을 경우 전체적으로는 TCP throughput이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 시뮬레이션을 통해 제안한 기법을 사용

했을 때 Freeze-TCP나 freezing을 사용하지 않은 TCP Tahoe보다 throughput 관점에서 보다 나은 성능을 보임을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] C. E. Perkins, "IP Mobility Support," *IETF RFC 2002*, October 1996.
- [2] E. Wedlund and H. Schulzrinne, "Mobility support using SIP", *The second ACM International workshop on Wireless Mobile Multimedia, ACM/IEEE*, pp.76-82, August 1999.
- [3] V. K. Varma, S. Ramesh, K. D. Wong and J. A. Friedhoffer, "Mobility Management in Integrated UMTS/WLAN Networks," *ICC 2003*, pp. 1048-1053, May 2003.
- [4] S. Sharma, I. Baek, Y. Dodia and T. Chiueh, "OmniCon: A Mobile IP-based Vertical Handoff System for Wireless LAN and GPRS Links", *ICPPW'04*, pp.330-337, August 2004
- [5] J. W. Floroiu, R. Ruppelt and D. Sisalem, "Seamless Handover in Terrestrial Radio Networks: A Case Study," *IEEE Communication Magazine*, pp. 110-116, November 2003.
- [6] R. Chakravorty, P. Vidales, K. Subramanian, I. Pratt and J. Crowcroft, "Performance Issues with Vertical Handovers- Experiences from GPRS Cellular and WLAN Hot-spots Integration," *PerCom 2004*, pp. 155-164, March 2004.
- [7] F. Vakil et. al., "Host Mobility Management Protocol Extending SIP to 3G-IP Networks," *IETF Internet Draft*, October 1999.
- [8] J. H. Lee, S. H. Lee, K. N. Seo and J. S. Lim, "Fast End-to-End Mobility Support Using SIP for Vertical Handoffs in 4G Wireless Communication Networks," *Springer-Verlag Berlin, LNCS 3042*, pp. 1390-1394, May 2004.
- [9] N. Sattari, P. Pangalos and H. Aghvami, "Seamless Handover between WLAN and UMTS," *VTC 2004*, May 2004.
- [10] S. Donovan, "The SIP INFO Method," *IETF*

RFC 2976, October 2000.

- [11] A. Yegin, E. Njedjou, S. Veerepalli and N. Montavont, "Link-layer Hints for Detecting Network Attachments," *Internet Draft*, October 2003.
- [12] 서기남, 임재성, "이기종 이동통신망간의 핸드오버시 SIP를 이용한 TCP 성능 향상 기법," *한국통신학회 추계학술대회*, November 2004.
- [13] Network Research Group, Lawrence Berkeley National Laboratory, Network Simulator version 2(NS-2), URL:<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.

서 기 남 (Ki-Nam Seo)

준회원



2002년 2월 아주대학교 정보 및 컴퓨터공학부 졸업
 2005년 2월 아주대학교 정보통신공학과(석사)
 2005년 2월~현재 KTF Technologies 연구소 연구원
 <관심분야> 이동통신

임 재 성 (Jae-Sung Lim)

정회원



1983년 2월 아주대학교 전자공학과 졸업
 1985년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과(석사)
 1994년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과(박사)
 1985년~1988년 대우통신종합연

구소 전임연구원

1988년~1995년 디지콤정보통신연구소 책임연구원
 1995년~1998년 SK 텔레콤 중앙연구원 책임연구원
 1998년~현재 아주대학교 정보통신전문대학원 부교수
 <관심분야> 이동통신, 무선인터넷