

유비쿼터스 환경에서 다중 인터페이스를 탑재한 이동 단말의 인터페이스 선택 기법에 관한 연구

A Study on the Interface Selection Scheme of Mobile Nodes with Multiple Interfaces in Ubiquitous Environments

김성철*, 문일영**, 조성준*

Seong-Chul Kim*, Il-Young Moon**, and Sung-Joon Cho*

요 약

유비쿼터스 환경에서 사용자가 언제 어디서나 네트워크에 접속할 수 있도록 하기 위해 다중 인터페이스 기술에 대한 관심과 연구가 늘고 있다. 본 논문에서는 다중 인터페이스를 탑재한 이동 단말이 이동 중에 단일 인터페이스만 고정적으로 이용하지 않고, 계속해서 변화하는 무선 채널의 상태에 따라 적절한 인터페이스를 적극적으로 이용하기 위한 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 각 인터페이스의 전송률과 패킷 오류율, 그리고 종단간 지연시간에 따라 가장 적절한 무선 인터페이스를 판단할 수 있다. 시뮬레이션 결과 본 논문에서 제안한 기법이 쓰였을 때 단일 인터페이스만 사용한 환경보다 약 20% 더 많은 패킷 전송을 할 수 있었다.

Abstract

Any user in Ubiquitous environments have to be able to access networks in anywhere and anytime. Thus interests and researches are increasing. In this paper, we propose an interface selection scheme that adaptively utilizes a proper interface, as the wireless channel condition changes, instead of utilizing only one interface while the node is in move. The proposed scheme can determine which interface would be the most proper one by measuring data rate, packet error rate (PER), and end-to-end delay of each interface. From the simulation results, it is verified that the proposed scheme is able to enhance packet transmission about 20% better.

Key words : Ubiquitous, Multiple Interfaces, move network, Link adaptation scheme

I. 서 론

언제, 어디서나, 어떤 장치로든 네트워크에 연결돼 있는 유비쿼터스 네트워크 시대가 다가오고 있다. 이미 어떤 상황에서도 한 가지 이상의 방법으로 인터넷에 접속할 수 있는 유/무선 통신기술을 지원하며, 현

재는 서비스의 다양화를 위해 통신기술이 고속화/안정화를 꾀하는 방향으로 발전하고 있다[1]. 통신방식이 고속화 될수록 네트워크 사업자는 동일한 비용으로 보다 많은 사용자에게 더 높은 전송률을 보장할 수 있으므로, 고품질 및 광대역의 서비스를 제공하는 동시에 통신비용을 낮출 수 있게 된다. 그리고 다양

* 한국항공대학교 대학원 정보통신공학과 (Graduate School of Information and Telecommunication Eng., Korea Aerospace University)

** 한국기술교육대학교 (Korea University of Technology and Education)

· 제1저자 (First Author) : 김성철

· 투고일자 : 2010년 3월 8일

· 심사(수정)일자 : 2010년 3월 8일 (수정일자 : 2010년 4월 15일)

· 게재일자 : 2010년 4월 30일

한 사용자 요구를 만족시키기 위해 안정화 또한 필수적인데, 특히 무선통신의 경우 예측 불가능한 무선 채널의 특성상 안정적인 연결을 위한 연구가 다양한 계층에서 이루어지고 있다[2, 3].

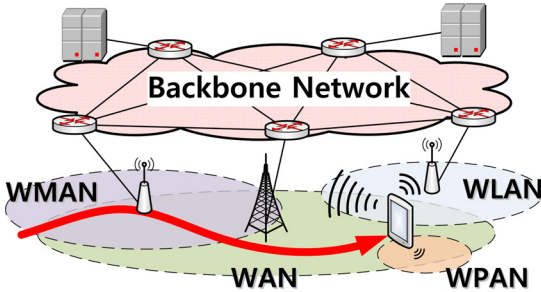


그림 1. 유비쿼터스 환경의 다중 인터페이스 단말
Fig. 1. Mobile node with multiple interfaces in Ubiquitous environment.

한편 점점 여러 가지 무선통신기술이 등장하고 단말제조기술이 발전함에 따라 다수의 무선통신 인터페이스를 탑재한 단말이 보급되기 시작했다. 그림 1에 예시한 바와 같이, 이동 중인 사용자는 WiBro나 3세대 셀룰러 망을 통해 네트워크에 접속하며, 가정 및 직장에서는 유무선 LAN (Local Area Network) 기술을 이용하거나 테더링[4]을 통해 네트워크에 접속할 수 있다. 이와 같은 단일 사용자뿐만 아니라 소규모 이동 네트워크 전체를 지원하기 위한 NeMo (Network Mobility) 표준화 그룹은 다중 인터페이스를 활용해 고속으로 안정적인 서비스를 제공할 수 있도록 표준화 단계에서부터 여러 가지 상황을 고려해 표준화를 진행하고 있다[5]. 그밖에도 차세대 ITS (Intelligent Transportation System)나 신뢰성이 중요한 MANET (Mobile Ad-hoc Network) 혹은 VANET (Vehicular Ad-hoc Network)에서도 다중 인터페이스를 활용하기 위한 연구가 계속되고 있다[6, 7, 8].

본 논문에서는 다중 인터페이스를 탑재한 이동 단말이 최적의 성능을 발휘하기 위해 어떻게 인터페이스를 선택할 것인지에 대한 연구를 진행한다. 다중 인터페이스를 탑재한 이동 단말은 보통 하나 이상의 인터페이스를 통해 네트워크에 접속할 수 있는데, 어떤 인터페이스를 선택하느냐에 따라 성능이 크게 차이가 나므로 적절하게 인터페이스를 선택하는 방법

은 매우 중요하다고 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 연구 배경에 대해 기술하고, 제3장에서 제안하는 기법을 소개한다. 제4장에서 시뮬레이션 결과를 분석하고 제5장에서 결론을 맺는다.

II. 연구 배경

2-1 다양한 통신기술의 등장

새로운 통신기술의 등장과 고품질 및 다양화 되는 서비스는 서로 선순환으로 작용하며 통신시장을 급격하게 발전시켜왔다. 이에 소비자의 욕구는 더욱더 커져왔고, 이를 만족시키고 더 나은 서비스를 제공하고자 다양한 접속기술이 여러 곳에서 동시다발적으로 운영되고 있다. 그 중에서도 무선통신기술은 선 없이 언제 어디서나 이동 중에도 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있어서 유비쿼터스 환경의 실현을 앞두게 되었다.

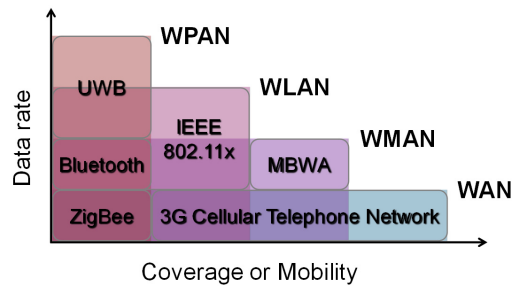


그림 2. 다양한 무선통신기술
Fig. 2. Various wireless communication technologies.

그림 2는 현존하는 다양한 무선통신기술을 대략적으로 분류한 그림이다. 통신거리 혹은 이동성에 따라 WAN (Wide Area Network), WMAN (Wireless Metropolitan Area Network), WLAN (Wireless Local Area Network), WPAN (Wireless Personal Area Network) 으로 분류할 수 있으며, 그 특성과 주목적이 서로 다르다.

WAN은 주로 음성통신을 위해 개발된 셀룰러 네트워크가 발전을 거듭해 현재는 전 세계적으로 가장

널리 보급되어있는 무선통신기술로서, HSPA (High Speed Packet Access)나 WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)등이 있다. 통신거리가 길고 빠른 속도로 이동 중인 사용자도 끊김 없는 연결을 지원하지만, 전송률이 대략 10Mbps 정도로 가장 낮은 속도를 지원하고 있다.

WMAN은 WAN에 비해 비교적 단거리에서 더 높은 전송률을 지원하도록 개발된 통신기술로서, WiBro 혹은 Mobile WiMAX 등이 있다. 현재 많이 보급되어있진 않으나, 인구가 밀집된 도심지를 중심으로 보급화 되고 있는 실정이다.

WLAN은 근거리에서 고속의 전송률을 지원하도록 발전된 무선통신기술로서, 대표적으로 IEEE의 802.11a/b/g/n 표준을 들 수 있다. 약 수백 Mbps까지 매우 높은 전송률을 지원하지만 통신거리가 짧아 이동 중인 사용자가 이용하기에는 어려움이 있다.

WPAN은 주로 소형기기의 통신선을 대체하기 위해 개발된 무선통신기술로서, Bluetooth나 UWB (Ultra Wide Bandwidth), ZigBee 등이 있다. 이들은 네트워크에 직접연결을 지원하기보다는 테더링과 같이 근거리 기기간의 네트워크 연결을 공유 혹은 연장하는 등 간접적인 방식으로 이용되고 있다. 방식에 따라 매우 저속에서부터 매우 고속까지의 전송률을 지원하지만, 통신거리가 최대 10m 정도에 불과하기 때문에 제한적인 용도로만 활용될 수 있다.

2-2 링크 적응 기법

이들 중 사용자가 네트워크에 접속하는데 직접적으로 쓰이는 WAN, WMAN, WLAN 기술은 무선 채널의 상태에 따라 전송률이 가변적이라는 특징이 있다. 즉, 아무리 속도가 빠른 WLAN 방식이라도 AP (Access Point)와의 거리가 멀고 WAN의 BS (Base Station)이 가깝다면, WAN 인터페이스의 전송률이 더 높다는 것이다. 이는 AMC (Adaptive Modulation & Coding)라는 링크 적응 기법 (Link adaptation scheme)[9] 때문이며, 예로 WiBro의 AMC를 다음 그림에 간략히 나타낸다.

그림 3에 나타난 것처럼, 기지국에서 가까워서 무선 채널의 상태가 양호한 경우 높은 변조지수와 낮은 채널 부호화율 때문에 높은 전송률을 제공할 수 있

다. 하지만 기지국에서 멀어질수록 변조지수가 감소하고 채널 부호화율은 증가하여 전송률은 감소하게 된다. 즉, 같은 무선 인터페이스라고 하더라도 전송률이 무선 채널의 상태에 따라서 계속해서 변하게 된다는 것이다.

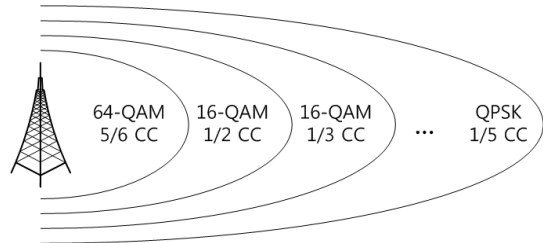


그림 3. WiBro 시스템의 AMC 기법
Fig. 3. AMC scheme of WiBro system.

2-3 다중 인터페이스 기술

다중 인터페이스를 탑재한 단말은 비교적 최근에 등장하기 시작했다. 높은 안정성을 요구하는 등의 한정된 용도로 연구/개발 및 적용이 되던 과거와는 달리, 일반 사용자들에게까지 보급이 될 만큼 단말제조 기술이 충분히 발전했기 때문이다. 초기의 다중 인터페이스 단말은 무겁고, 가격도 비쌌으며, 전력소모가 심해 휴대하기에 비효율적이었다. 하지만 최근 등장하는 스마트폰, MID (Mobile Internet Device), 랩탑 등 대부분의 휴대기기는 두 가지 이상의 무선 인터페이스를 탑재하여 출시되는 추세이다.

이는 단지 단말제조기술의 발전 때문만은 아니고, 다양한 무선통신 기반이 충분히 확산된 덕분이기도 하다. 전국망이 확보된 2.5세대 셀룰러 데이터 네트워크와 거의 전국적으로 보급이 된 3세대 셀룰러 데이터 네트워크, 도심지를 중심으로 구축되고 있는 WiBro 네트워크, 그리고 주택가와 상가를 중심으로 곳곳에 설치된 WLAN 까지 상황에 따라 다양한 무선통신 기술을 선택할 수 있게 되었기 때문이다.

이처럼 동시에 사용가능한 무선통신 네트워크가 다양해지면서, 때에 따라 적절한 인터페이스를 선택하는 기법이 중요해지고 있다. 거의 수동으로 선택하도록 되어있는 현재의 단말은 통신범위를 벗어나고 들어갈 때마다 연결을 새로 설정해주어야 하는 불편

함이 있다. 또한 사용자는 고속이며 통신비용이 들지 않는 WLAN에 접속하는 것이 유리하지만 짧은 통신 거리 때문에 자주 열악한 무선 환경에 처하게 되므로, 오히려 WAN보다 전송률이 낮은 경우도 발생하곤 한다. 따라서 적절한 무선 인터페이스의 선택은 매우 중요하다고 할 수 있다.

III. 다중 인터페이스 선택 기법

본 논문에서는 다중 인터페이스를 탑재한 이동 단말이 두 가지 이상의 인터페이스를 사용 가능한 경우 어떤 것을 선택하는 것이 효과적일지 판단하는 기법을 제안한다.

현재의 네트워크는 하나의 IP 주소가 하나의 경로에 결속되어 종단간 연결성 (end-to-end semantics)을 보장하며 운영된다. 이러한 상황에서 동시에 다수의 인터페이스를 사용하기 위해서는 IP 주소가 여러개 필요하므로 개선이 필요하며, IP 주소가 경로가 아닌 흐름에 결속되어 다중경로전송을 지원하기 위한 기법[10]이 제안된바 있다. 하지만 동시에 다수의 인터페이스를 사용하는 것은 네트워크의 혼잡을 가중시키거나 사용자 단말의 전력소모를 가중시킬 우려가 있으므로, 여러 인터페이스들 중에서 가장 효과적인 인터페이스를 선택하는 기법은 여전히 중요하다고 할 수 있다.

다중 인터페이스 환경에서 인터페이스를 선택하는 방법은 기존에도 연구가 된 적이 있지만[6, 7], 본 논문에서는 동시에 여러 가지 척도를 동원하여 효율적인 인터페이스를 선택하는 방법을 제안한다.

임의의 한 인터페이스가 특정한 상황에서 갖는 전송률과 오류율, 또 종단간 지연시간은 다른 인터페이스와 서로 독립적이다. 전송률은 앞장에서 언급한 AMC 때문에 변하게 되며, 오류율 또한 함께 편하다. 종단간 지연시간은 무선 구간에서의 차이는 무시할 수 있을 만큼 작은 편이다. 그러나 서로 다른 통신 네트워크는 각각 따로 운영되므로, 네트워크의 혼잡도나 구조적 특징에 의해 종단간 지연시간의 차이가 비교적 크게 나타난다.

본 논문에서는 위에서 언급한 세 가지 척도를 기

준으로 효과적인 인터페이스를 선택하기 위한 기법을 제안하기 위해, 각각의 척도가 어떤 영향을 미치는지 살펴보기로 한다.

우선 네트워크 내에서 다른 인터페이스 혹은 다른 사용자에게 의해 발생할 수 있는 혼잡이나 큐잉 지연이 성능에 미치는 영향을 배제하기 위하여 단일 무선 인터페이스만 고려한다. 단일 무선 인터페이스가 전송률, 오류율 및 지연시간에 의해 어떤 영향을 받는지 분석하기 위해, 다음과 같은 단순한 시뮬레이션 모델을 가정하였다.

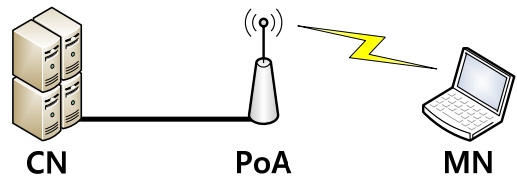


그림 4. 단일 인터페이스 시뮬레이션 모델
Fig. 4. Simulation model with a single interface.

시뮬레이션 모델은 OMNet++[11]과 xMIPv6[12]을 이용해 구현하였고, CN (Correspondent Node)로부터 접속점 (PoA, Point of Attachment)을 거쳐 MN (Mobile Node)으로 대용량 파일 전송을 하도록 구성하였다. 이전의 연구[13, 14]에서 확인한 바에 의하면, UDP 프로토콜을 이용하는 실시간 영상 트래픽은 최소한의 필요로 하는 전송률을 만족하는 경우에 성능 차이가 거의 없으므로, 시뮬레이션에서 제외하였다. 그 밖의 시뮬레이션 파라미터는 다음의 표와 같이 설정하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation parameters.

파라미터		값
유선 링크	전송률	1000 Mbps
	패킷 오류율	0
	지연시간	1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 msec.
무선 링크	전송률	0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10 Mbps
	패킷 오류율	1E-5, 2E-5, 5E-5, 1E-4, 2E-4, 5E-4, 1E-3
	지연시간	10 μs
시뮬레이션 시간		600 sec.

시뮬레이션에서 일반적인 오류율이 아닌 패킷 오

류율 (PER, Packet Error Rate)을 사용한 이유는, 실제 사용 환경에서 단말 혹은 기지국이 BER (Bit Error Rate)을 측정하는 것은 불가능하며, FER (Frame Error Rate)이나 PER은 오류 정정 기법에 의해 측정이 가능하기 때문이다. 본 논문에서 제안하는 기법은 네트워크 계층에서 동작하는 것이 적절하므로, 네트워크 계층에서 측정할 수 있는 PER을 본 논문에서 사용한다.

위에서 가정된 시뮬레이션 모델에 유선 링크의 지연시간, 무선링크의 전송률과 패킷 오류율을 변화시켜가며 시뮬레이션을 진행하였다. 각각의 경우에 대하여 10회씩 랜덤 시드를 다르게 수행한 뒤, 그 평균 값을 결과 그래프에 나타내었다.

그림 5는 종단간 지연시간이 1 msec.일 때 PER과 전송률에 따른 패킷 처리율을 나타낸 그래프이다. 전송된 패킷 수가 전송률에 따라 평균 5871.48개 (100 Kbps)에서 평균 552263.28개 (10 Mbps)로 크게 변화하는 것을 확인할 수 있다. 한편 PER에 따라 평균 158430.38개 (10-5)에서 평균 131275.9개 (10-3)로, 전송률에 의한 차이에 비하면 거의 차이가 나지 않는다.

그림 6은 전송률이 10 Mbps일 때 PER과 종단간 지연시간에 따른 패킷 처리율을 나타낸 그래프이다. 종단간 지연시간에 따라 평균 40604.38개 (100 msec.)에서 평균 552263.28개 (1 msec.)로 크게 차이가 난다. 그러나 PER에 따라서는 평균 348856.19개 (10-5)에서 299133.14개 (10-3)로 크게 차이가 나지 않는다.

그림 7은 PER이 10-5일 때 종단간 지연시간과 전송률에 따른 패킷 처리율을 나타낸 그래프이다. 종단간 지연시간에 따라 평균 158430.38개 (1 msec.)에서 평균 28904.97개 (100 msec.)로 약 5.5배의 차이가 난다. 하지만 전송률에 따라서는 평균 5887.29개 (100 Kbps)에서 348856.19개 (10 Mbps)로 약 60배의 차이가 나타난다.

전체적으로 살펴보면, 전송률이 높고 (10 Mbps), 종단간 지연시간이 짧을수록 (1 msec.), 패킷 처리율은 PER에 따라 평균 588942개 (10-5)에서 456671개 (10-3)로 약간의 차이를 보인다. 그러나 약 5.5배의 차이가 나타나는 종단간 지연시간이나 약 60배의 차이가 나타나는 전송률에 비하면 PER에 의한 차이는 미미한 편이다.

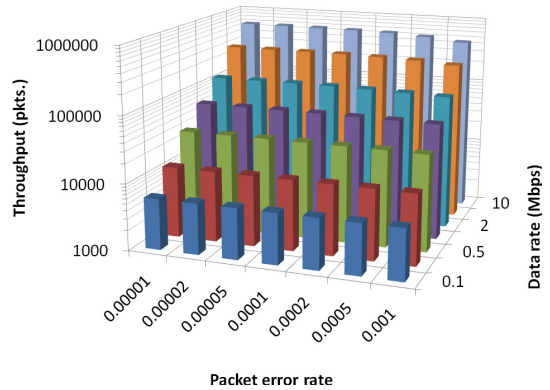


그림 5. PER과 전송률의 비교 (지연시간 = 1 msec.)
Fig. 5. Comparison of PER and data rate. (end-to-end delay = 1 msec.)

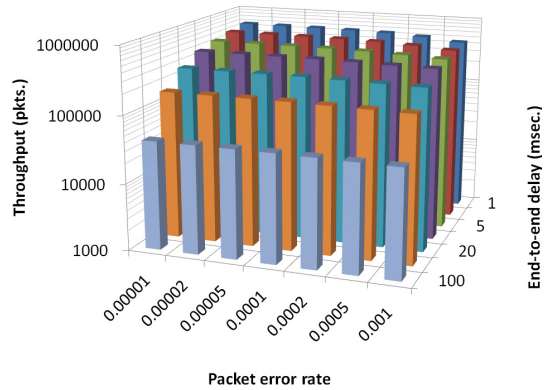


그림 6. PER과 종단간 지연시간의 비교 (전송률 = 10 Mbps)
Fig. 6. Comparison of PER and end-to-end delay. (data rate = 10 Mbps)

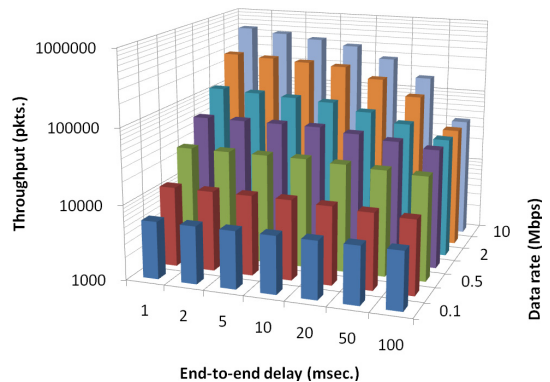


그림 7. 종단간 지연시간과 전송률의 비교 (PER = 10-5)
Fig. 7. Comparison of end-to-end delay and data rate. (PER = 10-5)

따라서 본 논문에서는 동시에 두 가지 이상의 무선 인터페이스가 사용 가능할 경우, 전송률이 높고, 종단간 지연시간이 짧으며, 오류율이 낮은 우선순위에 따라 인터페이스를 선택하는 기법을 제안한다.

실제 구현을 위해서는 MIH (Media Independent Handover)[15]나 다중 CoA (Multiple Care-of Address) 지원 기법[16] 등이 함께 적용되어야 한다. 하지만 본 논문에서는 필요한 기법이 모두 원활하게 동작한다고 가정하고, 무선 채널의 상태에 따라 적절한 인터페이스를 선택하는 기법에만 연구의 초점을 집중하였다.

IV. 시뮬레이션

앞 장에서 시뮬레이션을 통해 확인한 바에 의하면, 전송률이 높으며, 지연시간이 짧고, 오류율이 낮은 순서로 우선순위를 두어 인터페이스를 선택하는 것이 효과적인 것이다.

이를 시뮬레이션으로 확인하기 위하여 다음과 같이 단순화한 시뮬레이션 모델을 구현하였다.

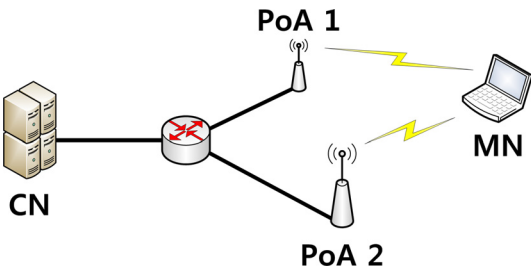


그림 8. 다중 인터페이스 시뮬레이션 모델
Fig. 8. Simulation model with multiple interfaces.

그림 8에서 보이는 바와 같이 각각의 무선 인터페이스는 서로 다른 접속점에 연결되어 백본 네트워크까지 서로 다른 경로를 통해 데이터를 전송하게 된다. 따라서 이동 단말이 사용하는 인터페이스들의 전송률, 오류율, 종단간 지연시간이 각각 서로 독립적으로 변화할 수 있다.

시뮬레이션에서는 무선 링크의 오류 발생 모델로써 정규 분포를 따르는 Mersenne twister 모델을 적용

하였으며, 토폴로지가 단순하고 이동 단말의 이동 시나리오를 단순하게 설정하였다. 단일 인터페이스를 탑재한 이동 단말과 다중 인터페이스를 탑재한 이동 단말의 차이를 보다 쉽게 확인하기 위해 가능한 제한적이고 단순한 시뮬레이션 모델을 설계하려 제안하는 기법을 검증하고자 한다.

그밖의 구체적인 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 동일하게 설정하였다. 각각의 인터페이스를 하나만 고정적으로 사용하는 경우와, 제안하는 기법에 의해 적절한 인터페이스를 선택하는 경우를 서로 비교한다. 다음의 그림에 반복적인 시뮬레이션 중 한 결과를 나타낸다.

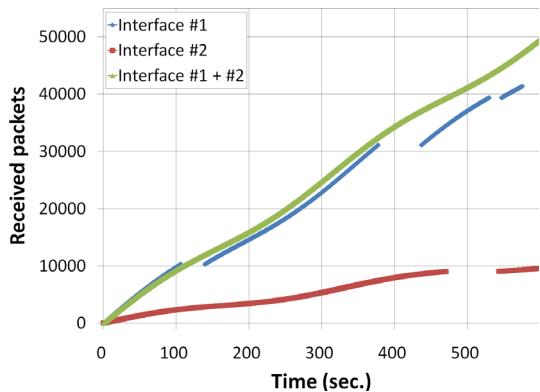


그림 9. 다중 인터페이스 시뮬레이션 결과
Fig. 9. Simulation result with multiple interfaces.

그림 9는 시뮬레이션 시간 동안 MN으로 전송된 패킷 수를 나타낸 그래프이다. 무선 채널의 상태를 랜덤하게 변화하도록 설정하였으므로 전송률의 변화에 따라 기울기가 변화하는 것을 볼 수 있다. 각각 하나만의 인터페이스를 사용한 경우는 41373개와 9583개의 패킷을 전송할 수 있었다. 그리고 상황에 따라 두 인터페이스를 번갈아 사용하도록 한 경우엔 49519개의 패킷을 전송할 수 있었다. 전송률이 높은 인터페이스 하나만 사용했을 경우와 비교하면 약 19.69%개 더 많은 패킷을 전송한 것이다. 각각의 인터페이스를 통해 전송된 패킷을 합한 50956개 보다는 다소 낮은 수치이지만, 동시에 한 개의 인터페이스만 사용했기 때문에 망의 부하를 높이지 않으면서

전력 또한 적게 사용하는 등 효율은 좀 더 높다고 할 수 있다.

한편 추후에 보다 구체적인 토폴로지와 이동 단말의 이동 시나리오를 가정한 시뮬레이션 모델을 구현하여 정확한 전송률 향상, 전력 효율성, 그리고 망 부하 감소 효과 등에 대한 측정이 필요하다. 또한 [6]과 [7]의 연구에서 제안하는 방식과의 비교 및 검증이 동반될 예정이다.

V. 결 론

유비쿼터스 환경의 실현에 있어서 핵심 기술 요소 중 하나인 다중 인터페이스 기술은 사용자가 고속이고 안정적으로 네트워크에 접속할 수 있다는 큰 장점을 가진 기술이다. 따라서 여러 곳에서 이를 효과적으로 활용하기 위한 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 다중 인터페이스를 탑재한 이동 단말이 동시에 활용 가능한 인터페이스가 두 개 이상 존재할 경우, 효율적인 인터페이스 선택 기법에 관한 연구를 수행하고 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 제안하는 기법에 의해, 기존에 단일 인터페이스만 사용했을 경우보다 무선 채널의 상황에 따라 적절한 인터페이스를 판단하고 이용함으로써 패킷 처리율이 다소 증가한 것을 확인할 수 있었다.

특히 본 논문에서 제안한 인터페이스 선택 기법은 개인용 휴대 단말뿐만 아니라 NeMo, VANET 등 다양한 곳에 범용적으로 적용할 수 있을 것이다. 본 논문에서 제안하는 인터페이스 선택 기법을 적용한다면, 네트워크 사업자의 트래픽이 적절히 분산되며, 이용자의 만족도 또한 크게 높일 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 변성혁, "미래인터넷 아키텍처 연구동향," 전자통신동향분석, 제24권, 제3호, pp. 1-12, 2009. 6.
- [2] I.F. Akyildiz, S. Mohanty, and J. Xie, "A ubiquitous mobile communication architecture for next-generation heterogeneous wireless systems," *Communications Magazine, IEEE*, vol. 43, issue 6, pp. S29-S23, 2005.
- [3] 정현규, "차세대 무선통신 표준화 기술 동향," 전자부품, pp. 50-55, 2009. 7.
- [4] Wikipedia, "Tethering", <http://en.wikipedia.org/wiki/Tethering>
- [5] V. Devarapalli, et al, "Network mobility (NEMO) basic support protocol," *RFC3963, IETF*, Jan. 2005.
- [6] L. Liu, P. Hong, and H. Lu, "Mobile IPv6 with multiple interfaces in heterogeneous networks," *Proc. CHINACOM 2006*, pp. 1-3, Oct. 2006.
- [7] T You, and S. Lee, "An approach on making use multiple interface of mobile node simultaneously," *Proc. ICACT 2007*, pp. 195-198, Feb. 2007.
- [8] M.H. Chung, H.L. Chao, and H.T. Po, "Multihomed SIP-based network mobility using IEEE 802.21 media independent handover," *Proc. ICC 2009*, pp. 1-5, Jun. 2009.
- [9] Wikipedia, "Link adaptation", http://en.wikipedia.org/wiki/Link_adaptation
- [10] H. Soliman, et al, "Flow binding in mobile IPv6 and NEMO basic support," *draft-ietf-mext-flow-binding-05.txt, IETF*, Feb. 2010.
- [11] OMNeT++ simulator, <http://www.omnetpp.org>
- [12] Extensible mobile IPv6 simulation model for OMNeT++, <http://github.com/zarrar/xMIPv6>
- [13] 김성철, 조성준, "다중 인터페이스를 사용하는 이동 네트워크에서 패킷 전송률 향상을 위한 인터페이스 선택 방법에 관한 연구," *한국통신학회 2009년 추계종합학술발표회*, vol. 40, pp. 313, Nov. 2009.
- [1] 변성혁, "미래인터넷 아키텍처 연구동향," 전자

[14] 김성철, 조성준, "다중 인터페이스를 탑재한 이동 단말의 처리율 향상을 위한 효율적인 인터페이스 선택 방법에 관한 연구," *한국통신학회 2010년 동계종합학술발표회*, vol. 41, pp. 59, Feb. 2010.

[15] Media independent handover,
<http://www.ieee802.org/21/index.html>

[16] R. Wakikawa, et al, "Multiple care-of addresses registration," *RFC5648, IETF*, Oct. 2009.

김 성 철 (金成哲)



2005년 2월 : 한국항공대학교
항공전자및정보통신공학부 졸업
(공학사)
2007년 2월 : 한국항공대학교
대학원 정보통신공학과 졸업
(공학석사)
2007년 3월~현재 : 한국항공대학교

대학원 정보통신공학과 박사과정
관심분야 : 이동무선인터넷, Network Mobility,
Proxy Mobile IP, VANET

문 일 영 (金成哲)



2000년 2월 : 한국항공대학교 항공
통신정보공학과 졸업(공학사)
2002년 2월 : 한국항공대학교 대학원
항공통신정보공학과 졸업(공학석사)
2005년 2월 : 한국항공대학교 대학원
정보통신공학과 졸업(공학박사)
2004년~2005년 : 한국정보문화진흥원

선임연구원

2005년 3월~현재 : 한국기술교육대학교 인터넷미디어
공학부 조교수

관심분야 : 무선 인터넷 응용, 무선 인터넷, 모바일 IP

조 성 준 (趙成俊)



1969년 2월 : 한국항공대학교
항공통신공학과 졸업(공학사)
1975년 2월 : 한양대학교 대학원
전자통신공학전공 졸업(공학석사)
1981년 3월 : 오사카대학 대학원
통신공학전공 졸업(공학박사)
1972년 8월 ~ 현재 : 한국항공대학교

항공전자 및 정보통신공학부 교수

관심분야 : 무선통신, 이동통신, 환경전자공학,
이동무선인터넷