

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.2.87>

IIBC 2015-2-13

이종의 모바일 네트워크에서 사용자 이동성 QoS와 보안효과적인 네트워크 기반의 이동성관리 기법

Mobility Management Scheme based on User Mobility QoS and Security-Effective Network in Heterogeneous Mobile Networks

이형우*, 정종필**

Hyeungwoo Lee*, Jongpil Jeong**

요약 효율적인 이동성을 지원하는 MIPv6, FMIPv6, HMIPv6과 같은 호스트 기반의 이동성관리 프로토콜이 개발되었다. 이 논문에서 AAAC(Authentication, Authorization, Accounting and Charging) 시스템을 적용한 보안효과적인 네트워크에 PMIPv6, FPMIPv6을 포함하는 기존의 IPv6을 비교분석 하며 IPv6 MMP(Mobile Management Protocol)의 특징과 성능분석 등을 수행하였다. 또한 IPv6 MMP 성능을 전송 끊김의 확률, 패킷 손실의 측면에서 분석하였다. 이동성과 QoS의 통합을 위한 방법으로 효율적으로 사용할 수 있는 리소스를 제어하고 관리할 수 있도록 QoS의 사용법을 제시하였다. 평가결과는 전체적으로 빠른 핸드오버 구조의 이동성 관리 기법들이 좀 더 나은 결과를 나타내었다. 특별히 PMIPv6와 FPMIPv6가 여러 면에서 가장 효율적인 구조라는 것을 알 수 있으며, 빠른 핸드오버 구조의 네트워크 기반의 이동성관리 기법이 최상의 결과를 나타내었다.

Abstract To support the efficient mobility MIPv6, FMIPv6, HMIPv6 and host-based mobility management protocols have been developed. AAAC (Authentication, Authorization, Accounting and Charging) system is applied in this paper analyzed the the existing IPv6 PMIPv6, FPMIPv6 network security effective and IPv6 MMP (Mobile Management Protocol) Features and performance analysis is performed. And IPv6 MMP seamless transfer performance in terms of packet loss probability, will be analyzed. That can be efficiently used as a method for the integration of QoS and mobility so that you can manage and control the resources presented QoS usage. Results of evaluation results showed a better overall fast handover structure of mobility management techniques. PMIPv6 and FPMIPv6 in many respects the most efficient structure that can be specifically, a fast handover of the structure of the network-based mobility management scheme showed the best results.

Key Words : User Mobility, QoS, Security-Effective, Mobility Management Protocol, PMIPv6, FPMIPv6

1. 서론

무선 모바일 환경은 급속한 디지털 환경의 성장을 인

간의 손에 이끌어내고 있다. MMP(Mobility Management Protocol)는 무선 모바일 환경의 핵심이라 할 수 있으며 각종 이동성 서비스를 위한 다양한 MMP들이 개발되었

*정회원, 성균관대학교 정보통신공학과

**정회원, 성균관대학교 정보통신대학(교신전자)

접수일자 : 2015년 1월 24일, 수정완료 : 2015년 2월 27일

게재확정일자 : 2015년 4월 10일

Received: 24 January, 2015 / Revised: 27 February, 2015 /

Accepted: 10 April, 2015

**Corresponding Author: jpjeong@skku.edu

College of Information and Communication Engineering,
Sungkyunkwan University, Korea

다. 특히 네트워크 계층에서의 이동성 지원 기법들이 IETF(Internet Engineering Task Force)에 의해 개발되었다. MIPv6(Mobile IPv6) 사양이 제안된 후, FMIPv6(Fast Handovers for Mobile IPv6)과 HMIPv6(Hierarchical Mobile IPv6)을 포함하는 확장형들이 개발되었다. MIPv6이 개발되는 동안 IPv6 MMP의 성능비교 분석이 성능개선을 위한 수단으로 사용되어 왔다^[1].

PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)은 MN이 자신이 부착된 지점을 이동 신호 처리과정 없이 바꾸는 것을 허용하는, 네트워크 기반의 MMP이다. 두 가지 타입의 PMIPv6 모바일 서비스 구성요소가 개발되었다. MAG(Mobility Access Gateway)와 LMA(Local Mobility Anchor) 등이다.

PMIPv6의 확장 프로토콜로써 FPMIPv6(Fast Proxy Mobile IPv6)은 전송 대기 시간과 패킷 손실을 줄임으로써 전송속도를 향상시켰다. 관리상의 도메인 사이를 이동할 때 MN의 인증을 위한 AAA(Authentication, Authorization and Accounting) 기법이 필요하다^[2]. AAA 기법에 대한 연구들 중, Zhou et al.^[3]은 PFPMIPv6 기반의 인증기법을 제안하였다.

이 논문에서는 IPv6 기반 네트워크 아키텍처에 대한 이동성을 지원하고 사용자 별 QoS를 통합적인 방법으로 효율적으로 사용할 수 있는 리소스를 제어 관리할 수 있도록 QoS의 사용법에 대해서 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 설명하고, 3장에서는 제안하는 기법의 작동절차를 설명한다. 4장에서는 제안 기법의 성능평가를 수행하고, 마지막으로 5장에서는 성능평가 결과에 따른 결론을 내린다.

II. 관련 연구

1. 네트워크 아키텍처

네트워크 아키텍처는 두 기술이 사용된 계층들의 종류에 무관하게 작동하도록 설계되었고 실제 완성은 다수의 접근기술을 지원하도록 개발되었다. 그림 1은 일반적인 네트워크 아키텍처를 보여준다. 이 아키텍처는 모바일 노드(MN), 게이트웨이(MAG, 네트워크로 연결되는 MN 접속점), 관리 도메인(AAAC의 모든 기능을 지원하는) 당 한 개의 AAAC 시스템, PMIPv6 이동성을 위한 홈 에이전트(LMA), (접속 네트워크를 관리하는) QoS Broker (QoSB), IP PA(paging agent)로 구성되어 있다.

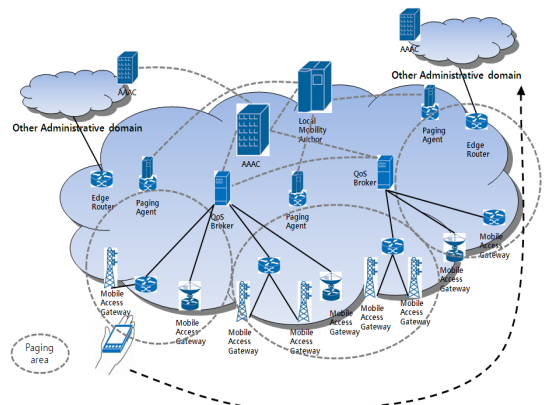


그림 1. 일반 네트워크 아키텍처
Fig. 1. Network Architecture

2. 이동성 지원

가. PMIPv6

PMIPv6의 도메인 구조는 LMA, MAG 및 MN으로 구성된다. LMA는 PMIPv6에서 MN에 대한 일종 HA(Home Agent) 역할을 하며 세부적으로는 MN에게 HNP(Home Network Prefix)를 할당하고 자신이 관리하는 도메인 내의 모든 MN들의 주소와 위치정보를 유지하여 연결을 보장하는 역할을 한다. MAG는 MN을 대신해서 LMA와의 터널링을 통해 MN의 이동성을 지원하기 위한 시그널링을 수행하는 역할을 하고 MN의 네트워크에 대한 연결 기능과 라우팅 기능을 담당한다^[4].

나. FPMIPv6

FPMIPv6는 PMIPv6에 FMIPv6(Fast handover for MIPv6)를 적용하여 PMIPv6에서의 핸드오버 지연시간과 패킷 손실을 보완한 이동성 프로토콜이다. FPMIPv6에서는 pMAG(previous MAG)와 nMAG(new MAG)간에 양방향 터널링을 형성하여 링크 계층 핸드오버가 일어나기 전에 패킷들을 버퍼링하여 패킷 손실을 줄일 수 있다. FPMIPv6는 두 가지 모드로 나뉘어 수행되며, Predictive 모드와 Reactive 모드가 있다^{[5][6][7]}.

III. 제안기법

1. 모바일 서비스 제공을 위한 QoS 아키텍처

QoS 아키텍처는 운영자의 관점에서 쉽게 관리 가능한

end to end QoS(이하 단대단)를 지원해야 한다. 아키텍처의 핵심은 이동성 및 QoS의 동시 지원이다. Intserv(통합서비스)와 Diffserv(차등서비스)에 대한 장단점은 널리 논의되어 왔고 잘 알려져 있다. 그러나 그 중 어느 것도 이동성을 위한 특정한 지원을 갖추고 있지 않다. 따라서 사용자 이동성이 제공되는 동시에, 효율적으로 사용할 수 있는 리소스를 제어하고 관리 할 수 있도록 기존의, DiffServ 방식을 포함하는 통합 FHO과 관련된, QoSB의 혁신적인 사용법을 제안했다^{[8][9]}.

2. 이기종 모바일 환경에서 서비스 제공을 위한 메커니즘

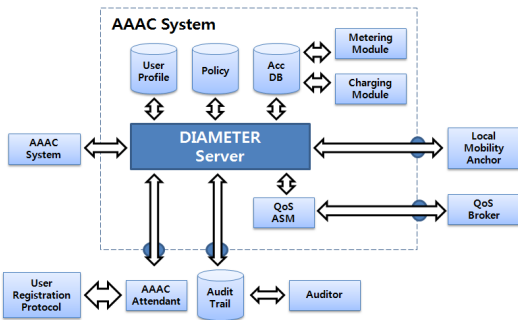


그림 2. QoS를 기반으로 이동성 관리를 지원하는 향상된 일반 AAA 아키텍처

Fig. 2. Enhanced Generic AAA Architecture supporting QoS enabled mobility management

AAAC 아키텍처는 그림 2에서 보여준다. AAA 아키텍처에 기반을 두고 Auditing, Metering, Charging을 강화한 IPv6에 최적화된다. AAAC 서비스가 QoS가 가능한 PMPv6 환경에서 사용된다는 점이 고려되어 새로운 기능성과 전체 시스템의 성능 최적화를 제공하도록 아키텍처가 설계되었다. 이 감사기능은 AAAC 시스템 및 기타 요소에 의해 생성된 감사 추적(Audit trail)의 평가에 관하여 AAAC에서의 후속 기능이 가능하게 한다. 그리고 정책 저장소는 정책 기반 AAAC 시스템의 일부로 간주되며, AAAC 시스템은 다중 인터페이스를 지원한다. AAAC 수행기들은 MN와 인터페이스를 함께 처리할 수 있다. 모든 교신은 사용자 등록 프로토콜(URP:User Registration Protocol)에 의해서 행해지며, 응용 프로그램 지정 모듈 (ASM:Application Specific Module)은 QoSB와 교신한다. ASM들의 장점은 부가적인 유연성이다.

3. KEY 시나리오/이동성, QoS, 그리고 AAAC 통합

네트워크의 경우 운영 및 제어 세 가지 단계는 명확하게 식별 할 수 있다. 1)등록:이 아키텍처에서, MN / 사용자는 오늘날의 네트워크에서와 같이 인증 및 권한 부여 후 네트워크 리소스를 사용하여 시작할 수 있다. 2)승인: 사용자는 네트워크에 의해 해제되기 이전에 특정 서비스를 사용할 수 있도록 허가되어야 한다. 3)핸드 오버:이동성을 위해서 사용자는 하나의 MAG에서부터 다른 MAG로 이전된 기존 리소스를 보존 할 필요가 있다. 단대단 QoS를 지원하기 위한 등록 및 서비스 승인과정은 그림 3에서 보여준다.

가. 등록

등록과정은 CoA가 2계층 식별자를 사용한 자동 구성을 통해 MN에 취득된 후에 시작된다. MN는 네트워크 접속을 위해서 MAG에 사용자 인증 정보 (메세지 1, 그림 3)를 전송하여 인증 과정을 시작해야 한다. 그 요청은 해당 MAG에 대한 관할 AAAC 시스템(메세지 2)으로 전달된다. 좀 더 복잡한 로밍의 경우는 도메인 AAAC인 A가 등록요청을 MN의 홈 AAAC로(메세지 w) 전송한다. 여기서 A는 MN 홈 AAAC에게 연락하는 데 필요한 외국 도메인 AAAC 서버의 역할을 담당하고 있다. 확인 결과가 긍정적인 경우 홈 AAAC는 제공된 자격 증명을 확인하여 인증을 수행한다. 홈 AAAC는 LMA에 LMA의 답변(Y)에 대한 사용자(메세지 x)를 위한 요청을 보낸다. 이후 홈 AAAC는 도메인 A의 AAAC에 최종적으로 응답한다. 긍정적 응답의 특성은 외국 도메인에 요청된 서비스를 제공하기 위해 필요한 정보가 포함된 사용자 프로파일이다. 사용자 프로파일 (NVUP - Network View of the User Profile)의 네트워크 관점에서 볼 때 이 프로파일의 한 부분은 AAAC 서버에서 QoSB (메세지 3b) (또한 이 단계에서 DAD를 수행하는)로 전달되며 프로파일의 다른 집합은 MAG (메세지 3a)에 위치한 AAA 수행기 (Attendant)로 전송된다. 계측 및 보안 관련 정보가 AAA 수행기에 전달되는 동안, NVUP는 네트워크 서비스와 관련된 필요한 모든 정보를 포함한다. 또한, AAAC는 MN에 등록이 성공되었음을 MAG을 통해서(메세지 3a와 4) 알려준다. 그 후 MAG은 사용자에 대한 작업을 시작하여 AAAC (메세지 4a)에 알려준다. 이에 따라 인증 단계는 완료되고 사용자가 네트워크에 액세스 할 수 있게 된다.

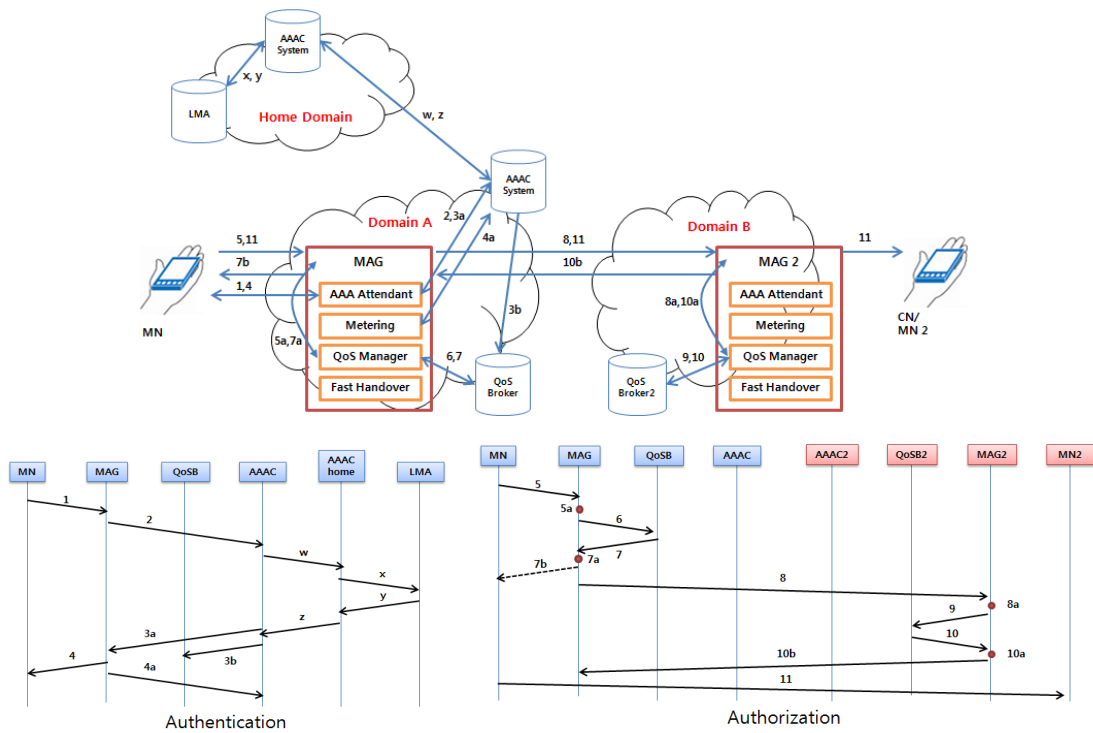


그림 3. 단대단 QoS를 지원, 등록 및 서비스 승인과정
Fig. 3. End to End QoS Support, Registration and Service Authorization

나. 인증 / 세션 설정

그림 3에서 각 네트워크 서비스 (메세지 5-11) 권한을 부여하는 방법을 보여준다. MN는 특정 가입 서비스를 요청하기 위해 표시된 DSCP 코드와 함께 패킷 (메세지 5)을 전송한다. 만약 요청서비스가 MAG에 이미 설정된 어느 정책과도 부합하지 않는 경우 MAG은 QoS 매니저를 통해 QoSB에 요청을 전송한다. 요청에 대한 분석과 사용자 NVUP와 자원의 이용 가능 여부에 따라, QoSB는 MAG에 대한 답변 (메세지 7)을 결정한다. MAG의 QoS 관리자는 MAG와 해당 사용자 / MN 서비스(메세지 7a)에 대한 적절한 정책을 설정하거나 또는 사용자 / MN에 서비스의 거부(메세지 7b)를 공지한다. (메세지 7a)후에 구성된 정책 규칙과 일치하는 MN로 보내진 그 밖의 (정책에 부합하는)준수 패킷은 네트워크(메세지 8)를 통해 주고 받을 것이다. 다른 사용자가 있는 최종 도메인에 도달하면 표시된 패킷은 다른 QoS 승인 프로세스 (메세지 8a)를 시작한다. 이 MAG의 QoS 관리자는 QoSB (메세지 9)에 어떤 QoSB가 응답할 것인지(메세지 10) 정책 문

의를 보낸다. 리소스가 있는 경우, 긍정적인 답변이 회신되고, QoS 관리자는 MAG와 그에 적합한 정책(메세지 10a)을 구성하며 리소스가 없으면 MAG은 서비스 거부 메세지 (메세지 10b)을 보낸다. (메세지 10a)후 설치된 정책과 부합하는 그 다음 패킷은 다른 터미널에 도착(메세지 11) 할 수 있을 것이다.

다. QoS 기반의 핸드오버

IP 이동성을 다루는 데 있어 가장 어려운 문제 중 하나는 일정한 수준의 QoS를 보장하는 것이다. 그림 4에 제시된 바와 같이 네트워크 내의 사용자 이동성은 FHO 기술에 의해서 QoSB 사이의 네트워크 메시지 교환과 함께 핸드오버시에 수행된다.

MN가 현재 MAG에서("Old MAG") (그림 4에 표시된 메세지 1) 신호 강도를 잃기 시작하면 AS(Attendant Solicit), AA(Attendant Advertisement), AReq(Authentication Request) 메시지를 주고 받으면서 신호를 받은 MAG로부터 이웃한 새로운 MAG로, 핸드오버 절차가 시작된다.

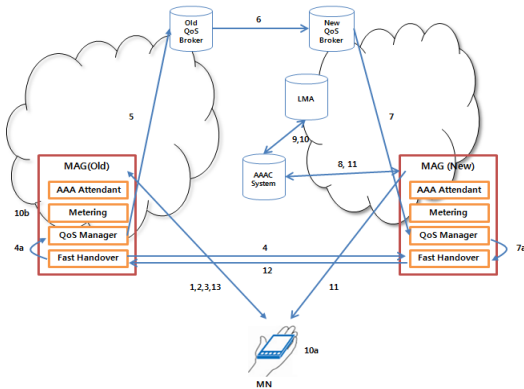
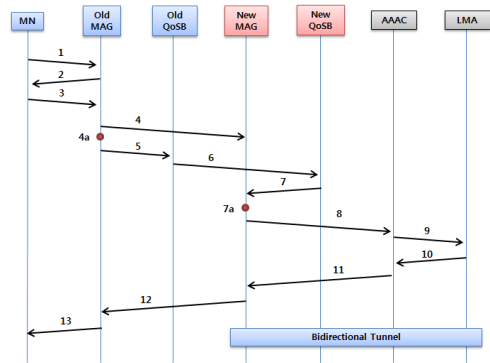


그림 4. 단대단 QoS와 함께 지원되는 핸드오버 방식
 Fig. 4. Handover with QoS for End to End QoS Support

MN는 자신의 CoA를 구축하고, 기존의 MAG(메세지 4)를 통해 새로운 MAG에 대한 IP-핸드 오버 요청을 보내는 핸드 오버 절차를 시작한다.

기존의 MAG의 FHO 모듈은 새로운 MAG의 FHO Module로 요청(메세지 4) 및 QoS 관리자(메세지 4a) 모듈에 전달한다. QoS 관리자는 즉시 이 요청을 기존 QoSB로 보낸다(메세지 5). 이전 QoSB는 이 핸드 오버 요청을 이 사용자의 NVUP 와 현재 사용자가 사용중인 서비스의 목록을 나타내는 새로운 QoSB(메세지 6)에 보낸다. 기본적으로 이 작업은 기존 QoSB에서 새로운 QoSB로의 컨텍스트 전송이다. 이 정보를 통해, MN이 핸드 오버를 수행 할 것인지 여부를 나타내는 메시지를 새로운 MAG의 QoS 관리자에게 보낸다(메세지 7). 핸드 오버가 가능한 경우 QoS 기능 관리자는 다음 FHO 모듈(메세지 7a)에 이 정보를 전송하고 이동할 때 MN를 수용할 수 있는 새로운 MAG의 구성을 수행한다. 새로운 MAG은 사용자의 AAAC 시스템 (메세지 8, 11)내에서 계정 프로세스(accounting process)를 시작한다. 핸드 오버 절차를 완료하려면, MN는 LMA에 LMA 대한 바인딩 업데이트(메세지 9, 10)를 보내야한다.

한편 FHO 모듈은 구 MAG의 FHO 모듈에 핸드오버 응답을 보낸다(메세지 12). 새로운 MAG은 bicasting을 시작한다. MN는 이제 새로운 MAG에 핸드 오버를 완료했다. 만약 한 QoSB의 도메인 내에서 핸드오버가 된다면 양쪽 MAG을 제어하는 QoSB가 동일한 경우이기에(메세지 6)은 존재하지 않는다.



IV. 성능평가

1. 네트워크 모델링

일반적인 네트워크 토폴로지는 그림 5과 같다.

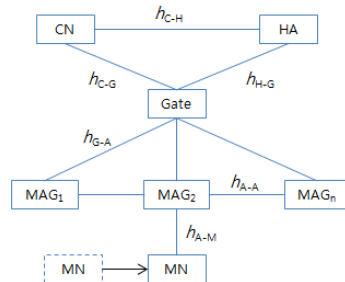


그림 5. Network Model
 Fig. 5. Network Model

가. 등록지연

지연에는 두 종류가 있는데 ‘low-layers’ 지연은 단말기가 사용가능상태가 된 후 어떠한 접근 기술과 연결될 때까지의 지연을 의미하고, ‘high-layer’ 지연은 단말기가 메세지 1을 전송 후 메세지 4가 도착했을 때까지의 지연을 의미한다(그림 3).

$$Registration_Delay = LowLayerDelay + HigherLayerDelay \quad (1)$$

MAG와 AAAC시스템 간에 발생하는 링크 지연은, 관리기반구조가 제공된 리소스로 링크를 과잉공급(overprovision)하는 경우와 같이 일반적으로 무시해도

될 정도이다. AAAC 시스템에서의 프로세싱 지연은 주로 많은 요청으로 과부하가 걸렸거나, 데이터베이스가 처리능력에 비해 너무 큰 경우가 대부분이다. 그러나 네트워크의 실제 생산과정에서 적절한 컴퓨팅 또는 라우팅 도구를 사용하면 충분히 예방이 가능하다. 따라서 가장 제한적인 요인은 사용자가 로밍했을 경우 외부 AAAC와 홈 AAAC간의 거리이다. 이 경우 모든 등록지연은 이 시간에 의해 결정된다.

나. 등록 지연과 세션 셋업 지연

세션 셋업 지연은 사용자가 네트워크에 접근할 때까지 소요되는 시간을 의미한다. 그림 3를 보면 세션 셋업 지연은 메시지 5에서 메시지 11로 가는 동안의 시간이다. 이 지연은 MAGs와 QoSB의 프로세싱 시간으로 구성되어 있으며, MAGs과 링크 지연 사이의 거리를 뜻한다.

다. 핸드오버 지연

핸드오버 지연은 사용자의 민감성에 따라 중요한 매개 변수가 될 수 있다. 핸드오버 지연은 전송 지연 (transmission delay), computational delay, 그리고 2계층 핸드오버 지연으로 구성되어 있다.

$$\text{Handover_Delay} = \sum \text{Transmission_Delays} + \sum \text{Computation_Delays} + \sum \text{Layer2Handover}. \quad (2)$$

핸드오버 지연은 그림 4와 같이 1번 메시지와 13번 메시지 사이에서 소요되는 시간을 의미한다.

라. Latency of PMIPv6

$L_{HO}^{(PMIPv6)}$ 는 PMIPv6의 핸드 오버 지연 시간이라고 가정하고 다음과 같이 표현한다. 그림 6는 PMIPv6의 핸드 오버 타이밍 다이어그램을 보여준다.

$$L_{HO}^{(PMIPv6)} = T_{L2} + T_{LMA} \quad (3)$$

T_{LMA} 가 RS 메시지를 보내기 위해 요구되는 시간에 MAG과 LMA사이의 PBU/PBAck 메시지가 교환되며 LMA에서 보낸 첫 번째 데이터 패킷을 받는다.

$$L_{LMA} = d_{w1}(L_{RS}) + d_{wd}(L_{PBU}, h_{G-A}) + d_{ima-packet} \quad (4)$$

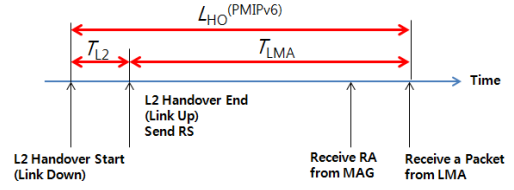


그림 6. PMIPv6 Handover 시간도
Fig. 6. Timing Diagram for PMIPv6 Handover

$d_{lma-packet}$ 은 LMA에서 보낸 첫 번째 데이터 패킷이 MN에 도착하는 시간을 뜻한다. LMA와 MAG의 양방향 터널은 정적인 터널로 설명할 수 있고 대기를 위한 추가적인 터널은 필요하지 않다. 정적인 터널은 PMIPv6를 고려한다.

$$d_{ima-packet} = d_{wl}(L_D) + d_{wd}(L_D + L_T, h_{G-A}) \quad (5)$$

L_T 가 d_{wd} 계정에 포함되어 있다. 왜냐하면 MN으로 보내지는 데이터 패킷은 LMA와 MAG 간의 터널이기 때문이다.

마. Handover Latency of FPMIPv6

그림 7은 자동완성 FPMIPv6 핸드오버의 타이밍 다이어그램을 보여준다.

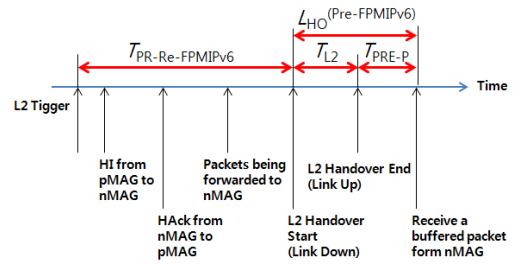


그림 7. Predictive FPMIPv6 Handover 시간도
Fig. 7. Timing Diagram for Predictive FPMIPv6 Handover

$$L_{HO}^{(Pre-FPMIPv6)} = T_{L2} + T_{PRE-P} \quad (6)$$

$$L_{PRE-P} = D_{\pi} + d_{mag-packet} \quad (7)$$

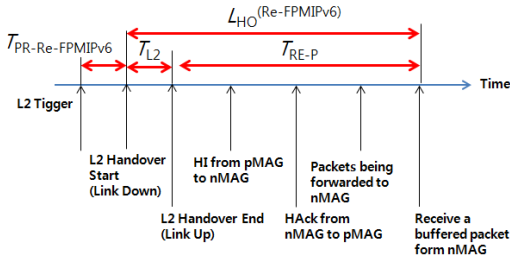


그림 8. Reactive FPMIPv6 핸드오버 시간도
 Fig. 8. Timing Diagram for Reactive FPMIPv6 Handover

그림 8은 Reactive FPMIPv6 핸드오버의 타이밍 다이어그램을 보여준다. 이것은 Reactive FMIPv6와 유사한 것으로 pMAG과 nMAG 사이의 빠른 핸드오버 준비가 끝나기 전에 MN이 nMAG으로 접속점을 변경하는 시점에서 종료된다.

$$L_{HO}^{(Re-FPMIPv6)} = T_{L2} + T_{RE-P} \quad (8)$$

T_{RE-P} 는 IP계층 연결 설정 시간을 나타내며, MAG와 유사한 정보들의 교환과 nMAG에서 제일 처음 보내온 데이터 패킷을 수신한다. 이것은 pMAG에서 nMAG으로 데이터 패킷이 보내지게 되며 그리고 나서 MN으로 다시 보내진다.

$$L_{RE-P} = D_{\pi} + d_{wd}(L_{HI}, h_{A-A}) + d_{wd}(L_{HACK}, h_{A-A}) + d_{buff-packet} \quad (9)$$

바. 핸드오버 차단확률

$L_{HO}^{(\cdot)}$ 가 이전 섹션에서 개발된 특정 모빌리티 관리 프로토콜의 핸드오버 지연을 하게 될 조짐이 있다고 가정하자. (\cdot) 이 프로토콜 지표로 사용된다고 하자. $E[L_{HO}^{(\cdot)}]$ 가 $L_{HO}^{(\cdot)}$ 의 평균값이 된다. T_R 을 네트워크에서 체류 시간으로 두고, 그것의 확률밀도 함수를 $f_R(t)$ 이라고 하자. 그리고 $L_{HO}^{(\cdot)}$ 는 누적함수 $F_T^{(\cdot)}(t)$ 에 의해 지수적으로 분포한다고 가정하자. 그러면 $L_{HO}^{(\cdot)}$ 는 핸드오버 블로킹 요소가 되고 핸드오버 블록 가능성 ρ_b 는 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \rho_b &= \Pr(L_{HO}^{(\cdot)} > T_R) \\ &= \int_0^{\infty} (1 - F_T^{(\cdot)}(u)) f_R(u) du \\ &= \frac{\mu_c E[L_{HO}^{(\cdot)}]}{1 + \mu_c E[L_{HO}^{(\cdot)}]} \end{aligned} \quad (10)$$

μ_c 는 MN의 경계를 통과하는 비율이다. MAG 커버리지 지역이 원형이라면 μ_c 는 다음과 같이 계산된다^[10].

$$\mu_c = \frac{2v}{\pi R} \quad (11)$$

v 는 MN의 평균 속도이며 R 은 MAR 커버리지 영역의 반경이다.

사. 패킷 손실

λ_s 는 MN의 무선 인터페이스에서의 평균 세션 도달 비율이며, $E(s)$ 는 패킷의 평균 세션 길이이다. Packet Loss에 대한 $\varphi_p^{(\cdot)}$ 에 대해서는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\varphi_p^{(\cdot)} = \lambda_s E(S) L_{HO}^{(\cdot)} \quad (12)$$

$\varphi_p^{(\cdot)}$ 는 $L_{HO}^{(\cdot)}$ 에 직접 비례한다. FMIPv6와 FPMIPv6와 같은 빠른 핸드오버 프로토콜은 패킷 버퍼링 시설 덕분에 패킷 손실이 발생하지 않지만, 지연된 패킷 전송은 발생할 것이다.

2. 수치분석 평가

이 장에서는 모빌리티 관리 프로토콜의 성능평가 결과를 보여주며, 다음과 같은 시스템 변수값을 사용하였다.

$$L_{HO}^{(Pre-FPMIPv6)} = T_{L2} + T_{PRE-P} \quad (13)$$

$$L_{PRE-P} = D_{\pi} + d_{mag-packet} \quad (14)$$

$$\varphi_p^{(\cdot)} = \lambda_s E(S) L_{HO}^{(\cdot)} \quad (15)$$

$h_{C-H} = 4, h_{C-G} = 6, h_{H-G} = 4, h_{G-A} = 4, h_{A-M} = 1, E(S) = 10, \tau = 20ms, n = 3, L_f = 19bytes$
 $D_{wl} = [10, 40]ms, D_{wired} = 0.5ms, BW_{wired} = 100Mbps$
 $T_{L2} = 45.33ms, \text{ and } T_{DAD} = 1000ms.$

가. 핸드오버 지연

ρ_f 가 0에서 0.7까지의 범위일 때 단계 값은 0.05이다.

그림 9과 10은 ρ_f 의 핸드오버 지연을 보여준다.

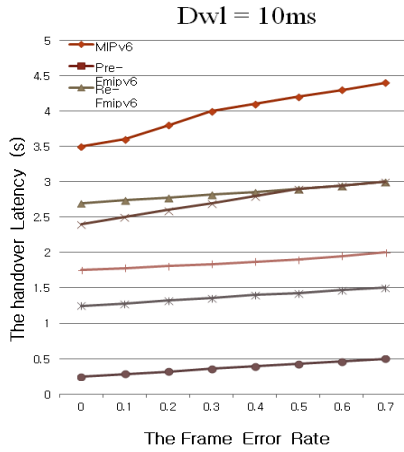


그림 9. 핸드오버 지연(ρ_f , $D_{wl}=10$ ms)
Fig. 9. Handover Latency(ρ_f , $D_{wl}=10$ ms)

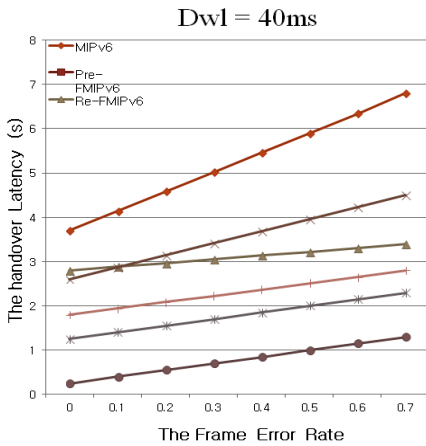


그림 10. 핸드오버 지연(ρ_f , $D_{wl} = 40$ ms)
Fig. 10. Handover Latency(ρ_f , $D_{wl} = 40$ ms)

ρ_f 의 최대값은 무선링크에서 패킷 전송시 여러 발생 확률이 증가된다. 이동성 시그널 재전송의 수가 증가하고 핸드오버 지연 증가의 결과를 초래한다. FMIPv6와 FPMIPv6는 이 분석의 핸드오버 지연의 측면에서 다른 이동성 관리 프로토콜을 능가한다. 왜냐하면 이는 빠른 predictive 핸드오버 프로토콜의 MN을 L2 트리거를 활용하고, 새로운 접근 네트워크로 이동하기 전의 이전(현재)의 접근네트워크에서 핸드오버를 지원한다. 그러나

reactive fast 핸드오버 프로토콜은 핸드오버 지연을 상당히 줄일 수 없는데, 그 프로토콜의 MN은 새로운 접근 네트워크에서 어떠한 작업을 수행해야만 하기 때문이다. 이 결과에 의해서, Reactive FMIPv6와 FPMIPv6 같은 Reactive fast 핸드오버 프로토콜은 패킷 손실을 방지할 수 있으나 핸드오버 지연을 감소시킬 수는 없다. PMIPv6의 MN은 지역관리(locally managed)되고, 이동성 신호는 LMA와 MAG에 의해 교환된다. 이 말은 무선 이동성 신호가 발생하지 않기 때문에 ρ_f 와 D_{wl} 의 효과는 FPMIPv6 수행에서 최소화된다.

나. Handover Blocking Probability

여기 v 와 R 이 각각 20m/s와 500m로 설정되어 있다. 그러면 ρ_f 가 0에서 0.7까지 0.05만큼씩 변하는 동안 D_{wl} 은 10ms로 고정된다. 그림.11은 각각의 모빌리티 관리 프로토콜의 전송장애확률을 보여준다.

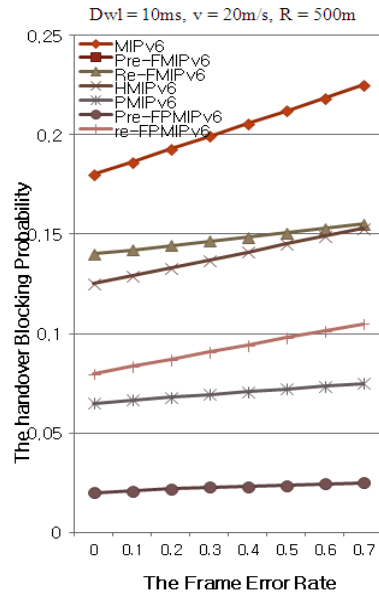


그림 11. 핸드오버 블로 확률 ρ_f
Fig. 11. Handover Blocking Probability versus ρ_f

이 전송장애확률 분석은 오로지 이송지연만을 장애요소로써 고려하고 있다는 점이다. 그림 9과 10에서 제시한 결과와 유사하게, 이송장애확률은 ρ_f 값이 증가함에 따라 함께 증가한다. Predictive FMIPv6와 FPMIPv6의 핸드오버 블로 확률은 다른 것들 보다 낮다. 그리고

PMIPv6이 그 다음을 차지한다. 이제 ρ_f 와 R을 0.2m/s와 500m으로 설정하자. 그리고 v 값을 0에서 30m/s까지 변 화시킨다.

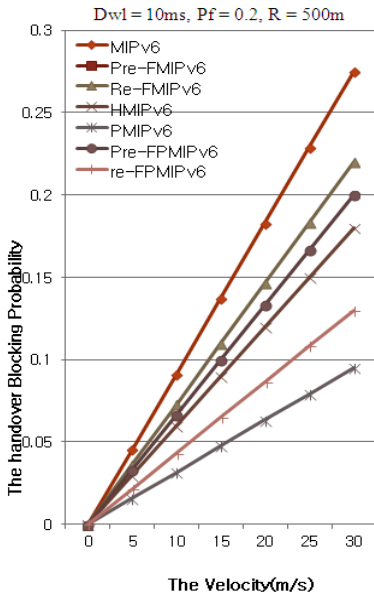


그림 12. 핸드오버 블록 가능성(v)
 Fig. 12. Handover Blocking Probability versus v

그림 12은 v 값에 대한 전송장애확률을 보여주고 있다. v 가 증가함에 따라 MN은 빠르게 변화한다. 이것은 더 짧은 시간 안에 이송을 완료시키기 위해 높은 v 값의 MN 이 요구됨을 의미한다. 따라서 v 값이 증가함에 따라 각 모빌리티 관리 프로토콜의 이송장애율도 증가한다. 주어진 분석 환경에서, v 값을 30까지 올리더라도 0.05 미만의 핸드오버 블록 확률을 보인 것은 FMIPv6와 FPMIPv6 와 같은 두 종류의 predictive 고속 전송 프로토콜뿐이었다.

다음으로 v 와 ρ_f 를 20m/s와 0.2로 설정한다. 그러면 R이 400에서 800m 까지 50m씩 증가하는 동안 D_{wl} 은 10ms로 고정된다. R이 증가함에 따라 접속네트워크에 MN이 머무는 시간이 증가하며, MN은 핸드오버 블록 확률은 낮추면서 핸드오버 완료할 수 있는 더 많은 시간을 확보하게 된다.

그림 13에서 보여지 듯이 대부분의 모빌리티 관리 프로토콜은 R의 영향을 받으나, Predictive FMIPv6 와 FPMIPv6의 성능에는 영향을 주지 못한다.

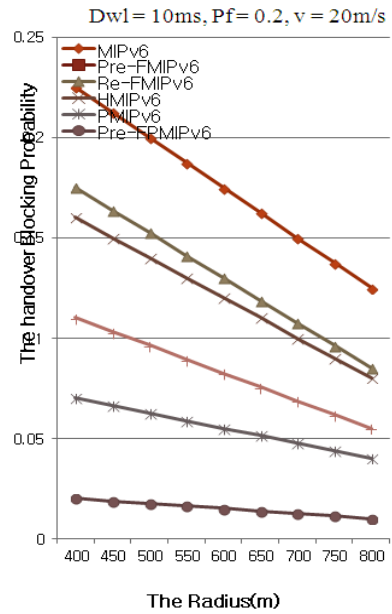


그림 13. 핸드오버 블록 확률(R)
 Fig. 13. Handover Blocking Probability(R)

그림 11, 12, 13에서 나타난 결과와 같이 Predictive FMIPv6와 FPMIPv6의 핸드오버 지연은 ρ_f 나 v 나 R에 의해 발생하는 핸드오버 차단 문제를 피할 수 있을 만큼 짧다. Predictive fast 핸드오버 프로토콜이 다른 것에 비해 최고의 수행 결과를 달성한 것은 프로토콜들이 MN이 L2정보를 이용하여 새로운 접근 네트워크에 핸드오버를 수행하기 전에 이전 접근 네트워크에서 핸드오버를 준비 하기 때문이다.

다. 패킷 손실

그림 14와 15는 핸드오버 중에 데이터 손실을 보여준 다. 여기에서 λ_s 와 E(S)는 1과 10으로 설정되었다. 그러면 ρ_f 는 서로 다른 D_{wl} 값으로 0에서 0.7 범위이다. 그림 14에서 D_{wl} 은 10ms로 설정되었고 반면에 그림 15에서는 D_{wl} 이 40ms로 설정되었다. 그림 14와 15에서 제시된 결과에 따르면 D_{wl} 의 최고값을 가진 ρ_f 는 패킷손실에 큰 영향을 미친다. 핸드오버 중의 패킷 손실은 전 섹션에서 분석된 것처럼 핸드오버 지연에 직접적으로 비례한다.

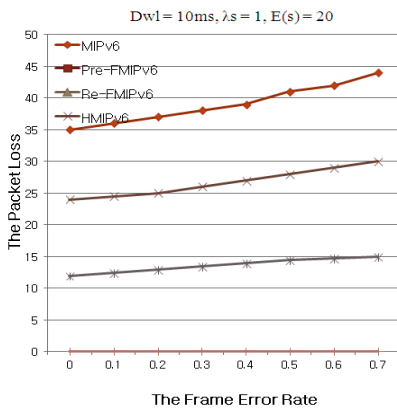


그림 14. 패킷 손실(ρ_f , $D_{wl}=10ms$)
 Fig. 14. Packet Loss(ρ_f , $D_{wl}=10ms$)

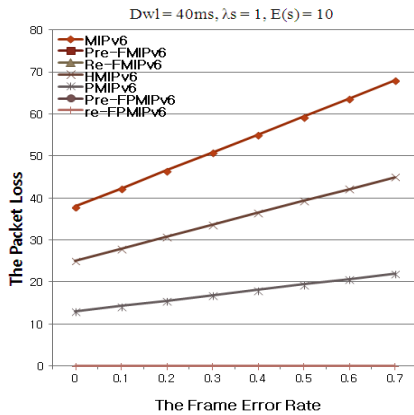


그림 15. 패킷 손실(ρ_f , $D_{wl}=40ms$)
 Fig. 15. Packet Loss(ρ_f , $D_{wl}=40ms$)

V. 결론

모바일 네트워크상에서 이동성관리 기법에 대한 여러 가지 방법들은 계속적으로 발전해왔다. 특별히 이동성과 QoS의 통합을 위한 방법으로 효율적으로 사용할 수 있는 리소스를 제어하고 관리할 수 있도록 QoS의 사용법을 제시하였다. 좀 더 나은 방법으로서의 발전은 QoS라는 추가된 노드로 인한 시간 지연 등이 현재로서는 미비하다는 데에 장점이 있다. 본 논문의 여러 그래프에서 볼 수 있는 것처럼 기존의 MIPv6에 반하여 여러 형태로 발전되어온 다양한 기법들이 좀 더 효율적으로 메시지를 전송하는 것을 볼 수 있다. 이러한 기법들을 이용한 것들

에 대해 네트워크 기반인 PMIPv6와 FPMIPv6에서의 핸드오버 지연, 패킷손실, 핸드오버 차단확률을 살펴 볼 수 있었다. PMIPv6와 FPMIPv6가 여러 면에서 가장 효율적인 구조라는 것을 알 수 있으며, 빠른 핸드오버 구조 네트워크 기반의 이동성관리 기법이 최상의 결과를 나타내었다.

향후 연구계획은 IoT(Internet of Things)의 다양한 서비스 플랫폼에 본 연구를 적용 및 실용적인 환경에서 검증하여 계속적으로 연구범위를 확대해나갈 계획이다.

References

- [1] Jong-Hyouk Lee, Jean-Marie Bonnin, Tai-Myoung Chung "Comparative Handover Performance Analysis of IPv6 Mobility Management Protocols." IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, 2012
- [2] Victor Marques, Xavier Pérez Costa, Rui L. Aguiar, "Evaluation of a Mobile IPv6-Based Architecture Supporting User Mobility QoS and AAAC in Heterogeneous Networks," IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, Vol. 23, NO. 11, Nov 2005
- [3] H. Yokota, K. Chowdhury and R. Koodli, "Fast Handovers for Proxy Mobile IPv6," RFC 5949, Sep 2010
- [4] Hyunwoo Ko, Jongpil Jeong, "dMMS: A Novel Distributed Dynamic Mobility Management Scheme for Minimizing Signaling Costs in Proxy Mobile IPv6 Networks" The Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication, pp. 65-80, Aug 2012
- [5] Sunghee Han, Jongpil Jeong, "Intelligent Hierarchical Mobility Support Scheme in F-PMIPv6 Networks", The Journal of the KICS, Vol. 38, No. 4C, 2013
- [6] Kwangsub Go, Uiseok Jung, Youngsong Mun, "An Enhanced Fast Handover for Proxy MIPv6 Scheme for Efficient Mobile Environment of The Future Network", Journal of the institute of electronics engineering of Korea, Vol. 48, No, 1 2011

- [7] H. Yokota, K. Chowdhury and R. Koodli, "Fast Handovers for Proxy Mobile IPv6," RFC 5949, Sep. 2010.
- [8] C. Beaujean, N. Chaheer, V. Marques, R. L. Aguiar, C. García, J. I. Moreno, M. Wetterwald, and T. Ziegler, "Implementation and evaluation of an end-to-end IP QoS architecture for networks beyond 3rd generation," in *IST Mobile Summit 2003*, Aveiro, Portugal, pp. 221 - 226, Jun 2003
- [9] V. Marques *et al.*, "A simple QoS service provision framework for beyond 3rd generation scenarios," in *Proc. 10th Int. Conf. Telecommun.*, Papeete, French Polynesia, pp. 1475 - 1481, Feb 2003
- [10] R. Hsieh, Z.-G. Zhou, and A. Seneviratne, "S-MIP: A seamless handoff architecture for mobile IP," in *Proc. INFOCOM*, San Francisco, C

저자 소개

이 형 우(정회원)



- 2013년 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신대학원(석사과정)
- <주관심분야 : 이동성 관리, CDMA, LTE 시스템, IoT/M2M>

정 종 필(정회원)



- 2008년 : 성균관대학교 정보통신대학 (공학박사)
- 2009년 : 성균관대학교 컨버전스 연구소 연구교수
- 2010년 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신대학 겸 산학협력단, 산학협력중점 교수

<주관심분야 : 모바일융합컴퓨팅, 센서 네트워크, 차량 모바일 네트워크, 네트워크 보안, IT융합, 인터랙션사이언스, 스마트 헬스케어, IoT/M2M, 웨어러블 컴퓨팅 등>

※ 이 논문은 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임
(NRF-2010-0024695) 교신저자 : 정종필