논문 2014-1-4

분산 이동성 관리 메커니즘의 트래픽 특성 분석

기장근*

Traffic Characteristics Analysis of Distributed Mobility Management Mechanism

Jang-Geun Ki*

요 약

데이터와 신호 메시지들이 하나의 앵커 노드에 집중되어 과부하와 단일장애점(Single Point of Failure) 문제를 가질 뿐만 아니라 비최적화된 경로 문제, 확장성의 문제 등이 존재하는 기존의 중앙집중형 이동성 관리 프로토콜의 문제점을 해결하기 위해 최근 IETF를 중심으로 분산 이동성 관리 메커니즘이 활발히 연구되고 있다

본 연구에서는 다양한 트래픽 환경에서 분산 이동성 관리 메커니즘의 성능 분석을 수행하였다. 이를 위해 여러 이동노드들이 MAAR 노드들 사이를 랜덤하게 이동해 다니도록 시뮬레이션 네트워크 모델을 개발하고, 이동노드들 사이 또는 이동노드와 서버노드 사이에 UDP 트래픽, 음성 트래픽 및 HTTP 프로토콜을 사용하는 웹 브라우징, 이메일, 텔넷을 이용한 원격접속, FTP 프로토콜을 이용한 파일전송, 데이터베이스 접속, 네트워크 파일인쇄 등의 다양한 멀티미디어 트래픽을 발생시켜 성능 분석을 수행하였다.

Abstract

Traditional centralized mobility management protocols have several problems such as overload, single point of failure, non-optimized data path, and scalability due to the concentration of both data and signaling messages at an anker point. To relieve these limitations, distributed mobility management mechanisms are actively studied by the IETF.

In this paper, analysis of traffic characteristics in the distributed mobility management mechanism is conducted. In the developed simulation network model, several mobile nodes are randomly moving among MAAR nodes and generate multimedia traffic including UDP traffic, voice call, HTTP web browsing, e-mail, remote login session by Telnet, FTP file transfer, database access, and network file print.

한글키워드 : 분산 이동성 관리, 트래픽 특성 분석

1. 서 론

지난 십여년간 MIPv4 [RFC5944][1], HMIPv6 [RFC5380][2], MIPv6 [RFC6275][3], PMIPv6 [RFC5213][4] 등의 여러가지 망계층 이동성 프로토콜들이 IETF에 의해 표준화 되었으며, 그동안 제안되었던 인터넷상의 여러 이동성 지원방안들에 대한 분석을 실은 문서[RFC6301][5]가 발간되었다. 비록 이러한 프로토콜들은 기능이나 메시

* 공주대학교 전기전자제어공학부
(email: kjg@kongju.ac.kr)
접수일자: 2014.5.3 수정완료: 2014.6.22

지 형식 등이 서로 다르지만, 모든 프로토콜들이 공통적으로 이동성 관리 앵커를 도입함으로써 이동노드가 다른 망으로 옮겨 갔을 때에도 지속적으로 도달 가능(reachable)하도록 하고 있다. 앵커 포인트는 여러 가지 기능을 가지고 있지만 그 중에서도 특히 주요한 기능으로는 이동노드로 패킷을 포워딩하거나 이동노드로부터의 송신 패킷을 목적지로 중계해줌으로써 연결성을 보장해주는 것이다. 망에 설치된 이와 같은 앵커 노드는 망내에 존재하는 수많은 이동노드들의 모든 트래픽을 하나의 앵커 노드가 처리하는 중앙 집중형 구조를 가지고 있다. 이와 같은 중앙 집중형 구조의 망은 앵커 노드의 과부하와 단일 장애점(Single Point of Failure) 문제 및 확장성의 문제를 가진다. 그밖에도 일반적으로 이동노드들의 이동 패턴을 관찰해 보면 이동노드들은 종종 처음 통신을 위해 접속한 지점에서 해당 통신 세션을 완료하는 경우가 많이 있다. 이런 경우 이동성 지원을 하지 않아도 되나 기존의 이동성 관리 방안들은 접속점이나 이동 패턴에 관계없이 모든 이동노드들에게 기본적으로 이동성을 지원함으로써 자원 낭비를 초래한다.

따라서 기존의 중앙 집중식 이동성 관리 메커니즘을 분산 형태로 바꾸고자 하는 연구가 IETF를 중심으로 활발히 이루어지고 있으며, 특히 최근에는 Proxy MIPv6 프로토콜을 이용한 분산 이동성 관리 방안이 집중 연구되고 있다.

분산 이동성 관리 메커니즘에서는 데이터 평면상에서 이동성 앵커들이 사용자에 가깝게 위치하도록 분산시킬 수 있으며, 이상적으로는 이동성 에이전트가 사용자의 첫 번째 홉 라우터에 위치하도록 할 수 있다. 이와 같은 다양한 분산 이동성 관리 방안에 대한 연구를 위해 선행연구로 분산 이동성 관리 시뮬레이터를 개발한 바 있다[6]. 본 연구에서는 개발된 시뮬레이터를 이용해 분산 이동성 관리 메커니즘의 다양한 트래픽 특성 분석을 수행하였다.

2. 분산 이동성 관리 시뮬레이션 모델

본 절에서는 선행연구로 개발된 분산 이동성 관리 메커니즘의 시뮬레이션 모델[6]에 관해 기술한다. 개발된 시뮬레이션 모델은 PMIPv6 프로토콜을 기초로 하여 분산 이동성 관리 기능이 구현되었으며 구체적인 기능은 다음과 같다.

2.1 이동노드의 초기 접속 절차

이동노드가 처음 분산 이동 관리 망에 접속할 때 이동노드의 데이터 링크 계층 기능인 무선랜 프로세스는 스캔 절차를 거쳐 MAAR(Mobility Anchor and Access Router)노드와 연관관계(association)를 맺게 되며, 이 과정에서 이동노드의 맥주소(MAC address)가 이동노드의 ID(identification) 값으로 MAAR에게 알려진다.

이동노드의 ID 값을 알게 된 MAAR의 데이터 링크 계층 프로세스는 자신의 상위계층인 IP 계층에 위치한 프로세스를 호출하여 이 ID 값을 넘겨주고, 이 ID를 수신한 MAAR 노드의 IP 계층 프로세스는 이동노드를 위한 HNP(Home Network Prefix)를 할당하고, 이동노드의 ID와 할당된 HNP 정보를 포함하는 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 생성하여 CMD(Central Mobility Database) 노드로 송신한다.

CMD 노드는 BCE(Binding Cache Engry) 테이블에 엔트리를 새로이 생성해 삽입하고, PBA(Proxy Binding Acknowledge) 메시지로 응답한다.

PBA 메시지를 수신한 MAAR 노드는 이동노드에게 할당된 HNP를 포함하는 RA(Router Advertisement) 메시지를 만들어 이동노드로 보내고 이를 수신한 이동노드는 HNP로 부터 IPv6 주소를 생성해 사용하기 시작한다.

2.2 이동노드의 핸드오버 절차

이동노드가 처음에 접속했던 MAAR로부터 다른 MAAR로 이동해 가면 기본적으로 앞에 기술했던 초기 접속 절차가 그대로 수행되어 이동노드는 새로운 IPv6 주소를 추가적으로 가지게 되며, 앞으로 새로 시작되는 통신 세션들은 이 새로운 IPv6 주소를 사용하게 된다. 한편 이전 MAAR 노드에 접속했을 때 할당받아 사용하던 IPv6 주소는 그 당시 시작했던 세션이 지속되는 한 계속해서 사용된다. 이와 같이 새로운 IPv6 주소와 기존의 IPv6 주소를 모두 사용할 수 있도록 하기 위해 수행되는 핸드오버 과정을 설명하면 다음과 같다.

이동노드가 새로운 MAAR에 접근하면 이를 감지한 새 MAAR 노드가 새 HNP를 할당하고, 이 정보를 이동노드 ID와 함께 PBU 메시지에 담아 CMD 노드에게 보낸다. 이를 수신한 CMD 노드는 이동노드 ID를 탐색키(key)로 하여 BCE 테이블에서 해당 엔트리를 찾아 뒤쪽에 새로운 HNP 정보를 삽입한다. BCE 엔트리 갱신 후 CMD 노드는 새 MAAR 노드로 모든 기존 엔트리 정보를 PBA 메시지에 담아 보내고, 기존 엔트리 정보의 모든 예전 MAAR 노드들로 새 MAAR 관련 정보를 담은 PBU 메시지를 보낸다.

PBA 메시지를 수신한 새 MAAR 노드는 BU(Binding Update) 리스트에 예전 MAAR 관련 정보를 기록함으로써 예전 MAAR과의 터널을 설정한다. BU 리스트의 정보는 이동노드가 해당 MAAR 노드로 부터 멀어져 연관관계가 해제될 경우 삭제된다.

한편 PBU 메시지를 수신한 예전 MAAR 노드는 새 MAAR 관련 정보를 BCE 테이블에 기록함으로써 새 MAAR로의 터널을 설정하고 PBA 메시지로 응답한다.

이동노드의 이동에 따른 데이터 세션을 고려해보면, 이동노드가 예전 MAAR 노드에서 시작한 세션이 새 MAAR 노드로 이동한 후에도 계속 지속되는 경우, 상대노드로부터 이동노드로 보내진 데이터 패킷들의 목적지 주소는 예전 HNP 주소임으로 예전 MAAR 노드에서 BCE 테이블 정보에 따라 새 MAAR 노드로 터널을 통해 보내게 된다. 이와 반대로 이동노드로 부터 상대노드로 보내지는 데이터 트래픽의 경우에는 이동노드가 보내는 패킷의 소스주소가 예전 HNP 주소임으로, 새 MAAR 노드가 이동노드로부터 수신한 데이터 패킷들의 소스주소값을 BU 리스트에서 찾아 엔트리가 발견될 경우 예전 MAAR로 터널을 통해 송신하게 된다.

2.3 예전 MAAR 노드에 재접속하는 경우

이동 노드가 이동하다가 예전에 방문했던 MAAR 노드에 재방문하게 되는 경우 BCE 테이블과 BU 리스트의 정보가 루프 형태로 꼬이게 된다. 따라서 정상적인 동작을 위해 이동노드가 MAAR 노드에 접근하게 되어 연관관계(association) 절차가 수행될 때 BCE 엔트리에 이동노드에 대한 기존정보가 있으면 모두 삭제하고 위에서 언급한 절차들이 진행된다.

3. 트래픽 특성 분석

3.1 시뮬레이션 환경

분산 이동성 관리 메커니즘의 트래픽 특성을 분석하기 위해 다양한 트래픽 환경에서 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 1에 시뮬레이션 네트워크 모델을 나타내었다. 그림의 좌측에서 4개의 이동노드 MN01~MN04들은 4개의 MAAR01~MAAR04 노드들로 구성된 사각형 영역(DMM region 1) 안을 랜덤하게 이동하며, 우측 4개의 이동노드 MN05~MN08들은 MAAR5~MAAR8들로 구성된

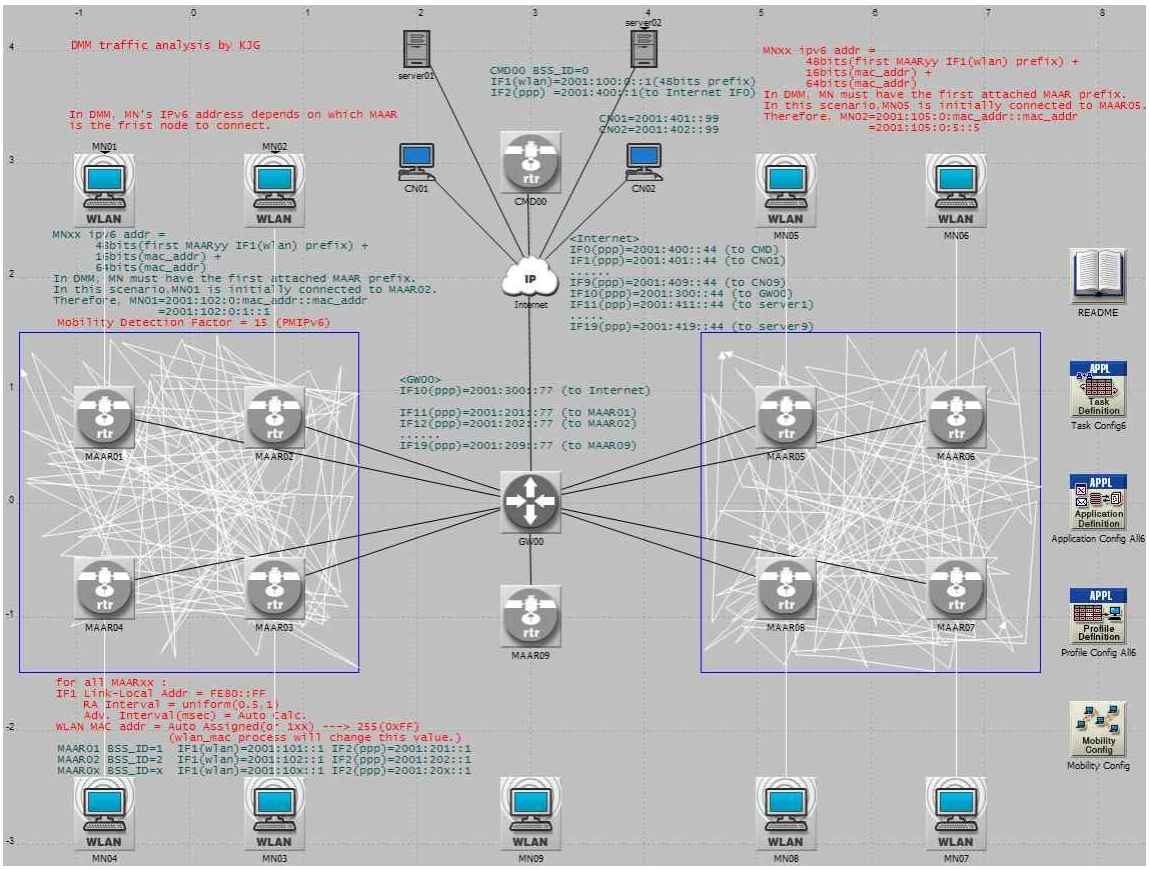

그림 1. 시뮬레이션 네트워크 모델

사각형 영역(DMM region 2) 안에서 랜덤하게 이동한다. 그림에서 MAAR 노드들 주변의 하얀 직선들은 시뮬레이션 동안 이동노드들이 움직인 궤적을 나타낸다. 시뮬레이션에서 이동노드의 랜덤 궤적을 설정하기 위해 각 이동노드는 자신이 속한 DMM 영역(DMM region 1 또는 2) 내에서 랜덤 좌표값을 하나 생성한 후 그 위치까지 2분 동안에 이동해 가고, 다시 랜덤 좌표값을 하나 생성하여 2분 동안에 이동해 나가는 방식으로 모델링 되었다.

시뮬레이션 네트워크 모델에서 IP로 표시된 인터넷 노드의 패킷전달지연시간 속성값은 10ms로 설정하였으며, 네트워크를 구성하는 모든 유선 링크들의 전송속도는 DS3(44.736Mbps)로 설정되었고, 이동노드들과 MAAR 노드들 사이의 무선랜은 11Mbps 전송속도를 갖는다.

3.2 UDP 트래픽 특성 분석

기본적인 UDP 트래픽 특성을 분석하기 위해 그림 1의 좌측에 있는 이동노드 MN01~MN04 각각이 망의 우측에 있는 이동노드 MN05~MN08 각각과 UDP 패킷들을 상호 교환하도록 시뮬레이션을 수행하였다. 이때 각 이동노드가 발생시키는 UDP 트래픽의 양은 초당 1패킷이고, 패킷의 크기는 1 Kbyte 이며, 본 논문에서는 트래픽 전송 성능의 명확한 확인을 위해 UDP 패킷발생 시간 간격 및 패킷 크기를 일정 값으로 고정하였을 때의 결과만을 제시한다.

먼저 각 이동노드들의 이동성을 검사하기 위해 그림 2에 이동노드 MN01~MN08 들이 시뮬레이션 동안 접속한 MAAR 노드들의 번호를 나타내었다. 그림에서 MN01~MN04 노드들은 MAAR01~MAAR04 노드들을 랜덤하게 액세스하고 있고, MN05~MN08 이동노드들은 MAAR05~MAAR08 노드에 랜덤하게 접속함을 볼 수 있다. 그림에서 값이 -1인 경우는 이동노드의 핸드오버시 MAAR 노드와의 접속이 잠시 끊어진 상태임을 의미한다.

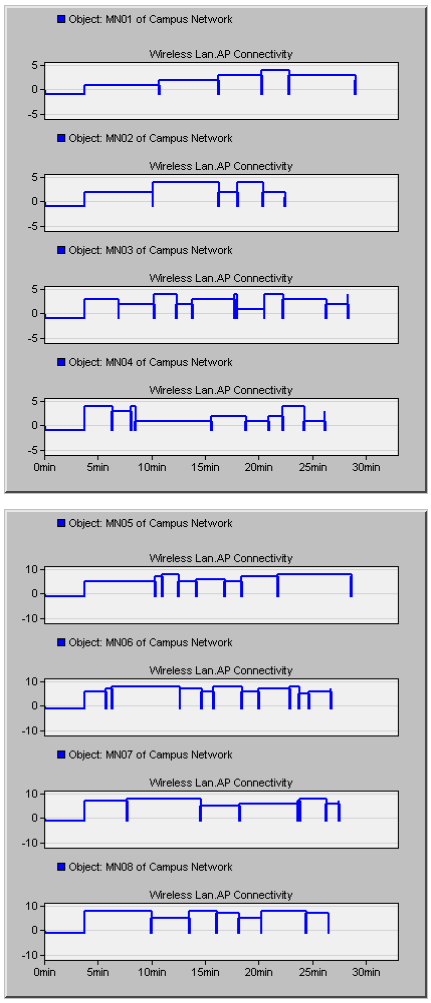

그림 2. 이동노드별 접속 MAAR 노드 변화

그림 3에는 이동노드간에 송수신된 UDP 트래픽 양을 나타내었다. 그림에서 8개의 이동노드들이 각각 초당 1024바이트 크기의 1개 패킷을 발생시킴으로써 총 8 패킷/초, 8096 바이트/초의 UDP 트래픽이 송신되었음을 확인할 수 있고, 수신된 트래픽 양을 보면 핸드오버로 인한 일부 패킷의 손실이 발생함을 알 수 있다.

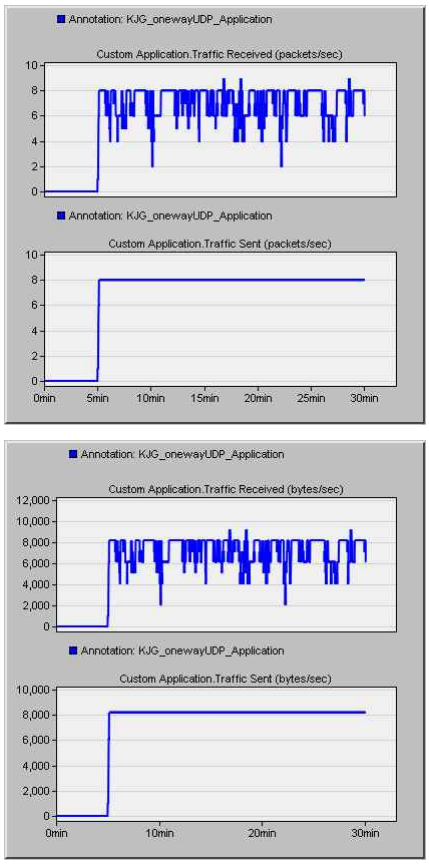

그림 3. 송수신 UDP 트래픽

그림 4에는 UDP 패킷의 단대단(end-to-end) 전송지연시간을 나타내었으며, 평균지연시간은 약 4.367ms 정도로 나타났다.

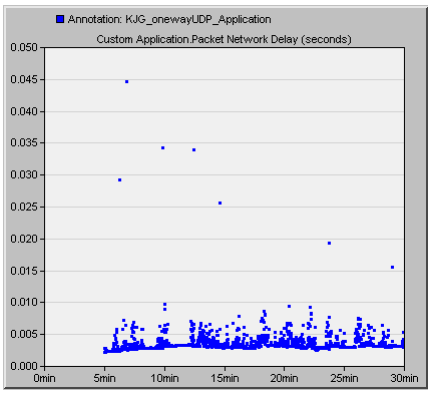

그림 4. UDP 패킷 전송지연시간

그림 5에는 분산 이동성 관리 메커니즘의 바인딩 정보 등록 지연시간을 나타내었으며, 평균값은 약 1.25초 정도이다.

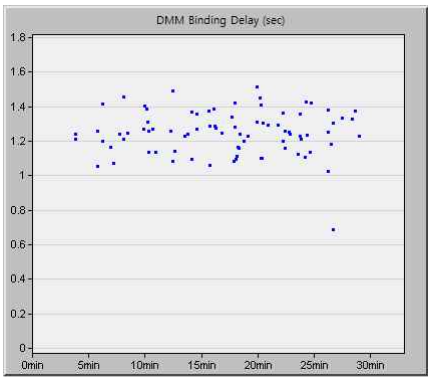

그림 5. DMM 바인딩 정보 등록 지연시간

3.3 음성 트래픽 특성 분석

음성 트래픽에 대한 특성을 분석하기 위해 MN01↔MN05, MN02↔MN06, MN03↔MN07, MN04↔MN08 사이에 음성 호를 발생시켰다. 각 노드쌍사이의 음성호는 평균 240초마다 한번씩 발생하고, 평균 120초 동안 유지된다. 음성 트래픽의 talk spurt 구간과 silence 구간비율은 0.35 : 0.65로 가정하였고, 인코더 스킴은 G.711 (silence)를 사용하였으며, 압축 및 해제 지연시간은 각각 20ms 걸리는 것으로 가정하였다.

그림 6에는 송수신되는 음성 트래픽 양을 나타내었고, 그림 7에는 MOS 값의 변화, 그림 8에는 음성 패킷의 전달지연시간 변화를 나타내었다. MOS 값의 평균은 3.5 정도이고, 음성 패킷의 평균 전달지연시간은 68.5ms 정도이다.

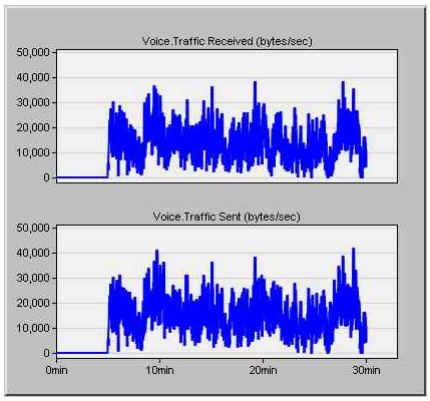

그림 6. 송수신 음성 트래픽

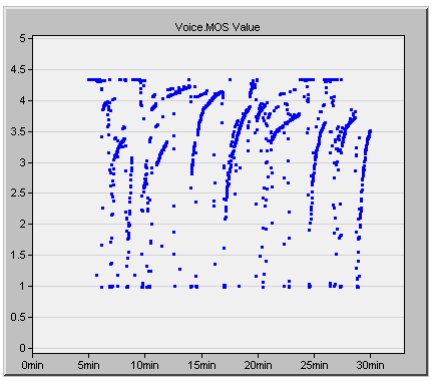

그림 7. MOS값의 변화

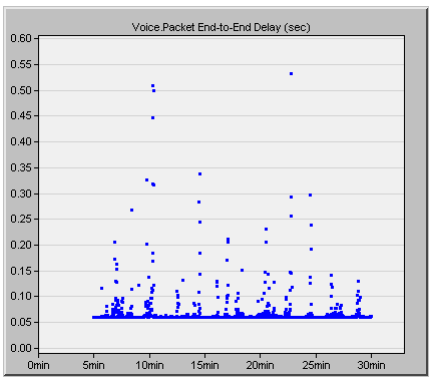

그림 8. 음성패킷 전달지연시간

3.4 멀티미디어 트래픽 특성 분석

멀티미디어 트래픽에 대한 특성 분석을 위해 8개의 각 이동노드들은 HTTP 프로토콜을 사용하는 웹 브라우징, 이메일, 텔넷을 이용한 원격접속 세션, FTP 프로토콜을 이용한 파일 전송, 데이터베이스 액세스, 네트워크를 통한 파일 인쇄 등의 6가지 응용에 따른 트래픽을 동시에 발생시키도록 모델링 되었으며, 각 응용의 트래픽 속성값은 표 1과 같다. 8개의 각 이동노드에서 발생한 멀티미디어 트래픽들은 인터넷 노드를 거쳐 server01 또는 server02의 서버노드로 보내지거나 서버노드로부터 이동노드로 관련 트래픽이 전송되는데, 각 노드(MN01~MN08)에서 각각의 응용에 따른 서버노드(server01, server02)는 임의로 선택된다.

표 2와 그림 9에 각 응용에 따른 응답시간 결과를 나타내었다.

표 2. 각 응용별 평균응답시간

응용	평균응답시간(sec)
DB Entry.Response Time	1.931
DB Query.Response Time	2.140
Email.Download Response Time	1.154
Email.Upload Response Time	2.860
FTP.Download Response Time	5.163
Ftp.Upload Response Time	8.578
HTTP.Object Response Time	0.315
HTTP.Page Response Time	1.268
Remote Login.Response Time	0.714

표 1. 응용에 따른 트래픽 속성값

응용	파라미터			값
웹 브라우징 (HTTP)	HTTP Specification			HTTP 1.1
	Page Interarrival Time (seconds)			exponential (60)
	Page Properties	page itself	Object Size (bytes)	constant (1000)
			Number of Objects (objects per page)	constant(1)
		objects within the page	Object Size (bytes)	uniform_int (500, 2000)
			Number of Objects (objects per page)	constant(5)
	Server Selection	Initial Repeat Probability (Prob. to be accessed consecutively from the same server)		0.6
		Pages Per Server (consecutive pages retrieved from a server)		exponential (10)
이메일	Send Interarrival Time (seconds)			exponential (360)
	Send Group Size			constant(3)
	Receive Interarrival Time (seconds)			exponential (360)
	Receive Group Size			constant(3)
	E-Mail Size (bytes)			constant (2000)
텔넷 원격접속	Inter-Command Time (seconds)			normal (30,5)
	Terminal Traffic (bytes per command)			normal (60,144)
	Host Traffic (bytes per command)			normal (25,25)
FTP 파일전송	Command Mix (Get/Total)			50%
	Inter-Request Time (seconds)			exponential (360)
	File Size (bytes)			constant (50000)
데이터베이스 액세스	Transaction Mix (Queries/Total Transactions)			50%
	Transaction Interarrival Time (seconds)			exponential (12)
	Transaction Size (bytes)			constant (32768)
네트워크 파일인쇄	Print Interarrival Time (seconds)			exponential (360)
	File Size (bytes)			normal(30000, 9000000)

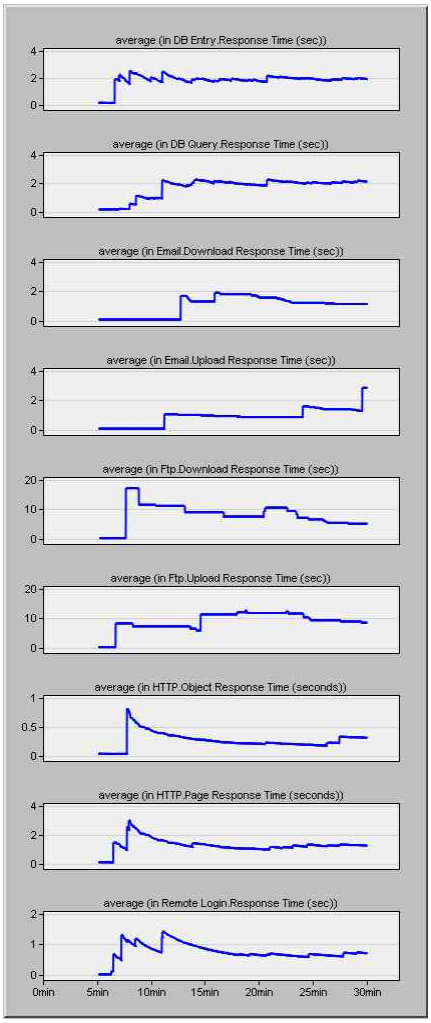

그림 9. 응용에 따른 평균응답시간 변화

4. 결 론

데이터와 신호 메시지들이 하나의 앵커 노드에 집중되어 과부하와 단일 장애점(Single Point of Failure) 문제를 가질 뿐만 아니라 비최적화된 경로 문제, 확장성의 문제 등이 존재하는 기존의 MIPv6나 PMIPv6와 같은 이동성 관리 프로토콜의 문제점을 해결하기 위해 최근 IETF를 중심으로 분산 이동성 관리 메커니즘이 활발히 연구되고 있다

본 연구에서는 다양한 트래픽 환경에서 분산 이동성 관리 메커니즘의 성능 분석을 수행하였다. 이를 위해 여러 이동노드들이 MAAR 노드들 사이를 랜덤하게 이동해 다니도록 시뮬레이션 네트워크 모델을 개발하고, 이동노드들 사이 또는 이동노드와 서버노드 사이에 UDP 트래픽, 음성 트래픽 및 HTTP 프로토콜을 사용하는 웹 브라우징, 이메일, 텔넷을 이용한 원격접속, FTP 프로토콜을 이용한 파일전송, 데이터베이스 접속, 네트워크 파일인쇄 등의 다양한 멀티미디어 트래픽을 발생시켜 성능 분석을 수행하였다.

앞으로 동일한 트래픽 조건하에서 기존의 MIPv6나 Proxy MIPv6 프로토콜과의 성능 비교에 대한 추가 연구를 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] C. Perkins, IP Mobility Support for IPv4, Revised, IETF RFC5944, Nov., 2010.
[2] H. Soliman, C. Castelluccia, K. ElMalki, Athonet, L. Bellier, Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) Mobility Management, IETF RFC5380, Oct., 2008.
[3] C. Perkins, D. Johnson, and J. Arkko, Mobility Support in IPv6, IETF RFC6275, July 2011.
[4] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil, Proxy Mobile IPv6, IETF RFC5213, August, 2008.
[5] Z. Zhu, R. Wakikawa, L. Zhang, A Survey of Mobility Support in the Internet, IETF RFC6301, July 2011.
[6] Jang-Geun Ki, Implementation of Distributed Mobility Management Simulator, The Journal of The Korea Software Assessment and Valuation Society, Vol.9, No.1, June 2013.
[7] http://datatracker.ietf.org/wg/dmm/charter/, Distributed Mobility Management (dmm)

working group, 2014.
[8] http://datatracker.ietf.org/wg/netext/charter/ Network-Based Mobility Extensions (netext) working group, 2014.
[9] OPNET Simulator, http://www.opnet.com, 2014.

저 자 소 개

기장근 (奇長根)

1986.2 고려대학교 전자공학과 졸업
1988.2 고려대학교 전자공학과 석사
1992.2 고려대학교 전자공학과 박사
2002.6-2003.6 Univ. of Arizona 방문교수
2010.6-2011.8 Univ. of Arizona 방문교수
1992.3-현재 : 공주대학교 공과대학 전기전자제어공학부 교수

<주관심분야>통신프로토콜,이동통신시스템