

중첩 NEMO 환경에서 이동 패턴 분류 및 분석에 대한 연구[☆]

Classification and Analysis of Mobility Patterns in Nested NEMO Network

임 형 진* 정 태 명**
Lim Hyung-Jin Chung Tai-Myoung

요 약

현재 IETF MANEMO (Mobile Adhoc for NEMO) 워킹 그룹에서는 중첩 NEMO의 내부 라우팅 지원 방안에 관한 표준을 준비 중이다. 그러나 중첩 NEMO에서는 MIPv6나 기본 NEMO 프로토콜에서 발생하지 않는 중첩 토폴로지 특성을 갖는다. 따라서 기존 이동성 지원 프로토콜에서는 발생하지 않는 예외적인 이동 특성이 발생한다. 이러한 이동 특성은 네트워크 재설정 등에 대한 각기 다른 타입을 유발한다. 본 논문은 중첩 NEMO에서 발생 가능한 새로운 이동 패턴을 분류하고 분석하였다. 결론적으로 본 논문에서는 토폴로지 특성과 주소 설정 방안에서 발생하는 새로운 이동 타입과 재설정 패턴을 정의하고 분석적인 접근을 통해서 문제점을 도출하고 요구사항을 제시하고 있다.

Abstract

Currently, IETF MANEMO(Mobile Adhoc for NEMO) working group is working on standardization supporting internal routing in nested NEMO networks. Nested NEMO has a independent topology feature that Mobile IP and basic NEMO protocol did not caused. This is the reason that causes exceptional mobility pattern. Such mobility patterns also trigger each other reconfiguration requirements. This paper classified and analyzed probable new mobility patterns in nested NEMO network. In conclusion, we derived configuration problem from the new mobility patterns and suggested differential reconfiguration requirements through analytical approach.

☞ keyword : IP 이동성, 경로 최적화, 애드혹 라우팅

1. 서 론

이동성 네트워크(Network Mobility:NEMO)는 네트워크를 하나의 단위로 보고, 호스트와 같이 네트워크도 고정되어 있지 않고 이동하는 것을 말한다. 예를 들어 배, 비행기에 하나의 IP 네트워크가 구성되어 이동하면서 네트워크 서비스가 이루어지게 하는 것이다[1]. NEMO 영역에서 이슈들은 주로 기존의 모바일(Mobile) IP 영역에서

논의되었던 문제들을 이동 라우터(Mobile Router: MR) 관점에서 확장 적용하고자 하는 것들이다. 이동성을 지원하는 프로토콜에 요구되는 근본적인 요구사항은 공통적으로 현재의 이동위치를 자신의 홈 네트워크에 최소의 시간에 등록해야 하는 요구사항을 갖는다. 이러한 과정을 경로 최적화(Route Optimization: RO)라 부르고 있다. 최근 NEMO 연구 영역에서는 IETF 뿐만 아니라 대학 및 다양한 연구 그룹에서 RO 제안들을 제안하였다. NEMO에서 별도의 요구사항이 제시되는 원인은 NEMO를 지원하는 프로토콜인 모바일 IPv6가 호스트 기반의 이동성을 지원하는 프로토콜이기 때문에, 네트워크라는 이동 단위의 차이에서 근본적으로 다른 요구사항을 가지기 때문이다[2].

최근에 IETF에는 NEMO를 애드혹 관점에서 연

* 정 회 원 : 금융보안연구원 인종관리팀 선임연구원
dream.hjlim@gmail.com

** 정 회 원 : 성균관대학교 컴퓨터공학과 교수
tmchung@ece.skku.ac.kr

[2007/08/16 투고 - 2007/08/27 심사 - 2007/11/27 심사완료]

☆ 본 논문은 보건복지부 보건의료기술진흥사업회 지원에 의하여 이루어진 것임(과제번호: 02-PJ3-PG6-EV08-0001)

구하고자 하는 사람들이 MANEMO 워킹 그룹을 통해 다양한 논의를 하고 있다. 특히 여기서는 중첩 NEMO에서 내부라우팅과 RO에 미치는 문제를 분석하고 솔루션을 찾고 있다. 본 논문에서는 중첩 NEMO와 MANEMO를 동일한 범주의 의미로 사용한다. 모바일 IP 관점, 애드혹 라우팅 관점, NEMO 관점에서 다양한 복합된 문제들과 요구사항이 제시되고 있다. 특히 지금까지 NEMO에 대한 연구는 주로 RO의 성능 향상에만 초점되었다. 그러나 MANEMO 관점에서 MR의 이동이 미치는 영향은 주소의 재설정과 바인딩 갱신 (Binding Update: BU)를 발생시킨다는 점에서 그 문제를 명확히 정의하고 요구사항을 제시하는 것이 필요하다[3].

우리는 본 논문에서 MANEMO의 중첩 NEMO 환경에서 발생 가능한 이동 패턴을 분류하고 그 영향을 분석 및 평가하고자 한다. 2절에서는 네트워크와의 연결 지점이 변경된 MR이 새로운 연결을 설정 하기위해서 IP 네트워크 관점에서 고려사항을 살펴본다. 또한 MANEMO, AUTOCONF, NEMO에서 같은 문제를 바라보는 다른 시각을 기술한다. 3절에서는 MANEMO의 이동 패턴을 분류하고 4절에서는 그 영향을 분석한다. 마지막으로 5절에서는 결론을 기술한다.

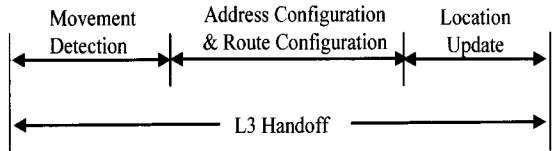
2. 관련 연구

본 절에서는 핸드오프가 발생할 때 MR이 접속 네트워크로 패킷을 보내거나 받기 위해 요구되는 설정 과정을 살펴보고자 한다.

2.1 네트워크 설정 시간

일반적으로 이동 노드가 새로운 네트워크로 이동 후 홈 네트워크로 바인딩을 완료한 후에라야 실제 응용 서비스를 사용할 수 있다. 우리는 이때

까지 요구되는 시간을 네트워크 반응시간이라 정의한다. 그림 1에서는 여기에서 고려되는 시간을 나타내고 있다.



(그림 1) 핸드오프 동안 설정에 요구되는 시간

기존의 RO제안들은 바인딩 정보 갱신 중심의 최적화 제안을 고려하였지만, NEMO가 완전한 솔루션으로 제안되기 위해서는 주소 설정에 소요되는 시간이 부가적으로 고려되어야 한다. 특히 NEMO의 토폴로지 설정이 라우터들간의 주소 및 토폴로지 설정 문제라고 할 때, 주소 설정과 함께 라우팅 테이블 설정시간은 NEMO에 이동성에 영향을 미치는 주요 요소가 될 수 있다.

주소 설정 시간 이외에 라우팅 테이블 설정시간은 라우팅 프로토콜의 평균 라우트 엔트리 분산 시간에 영향을 받을 수 있다. 일반적으로 라우팅 테이블의 수행시간을 한 노드의 라우트 엔트리가 변경되었을 때 수행되는 라우트 분산 메시지 처리 시간으로 정의될 수 있다. 현재 IETF MANEMO 워킹 그룹에서는 중첩 NEMO에서 내부 라우팅을 가능하게 할 수 있는 라우팅 설정 방안에 대한 기술 표준 작업을 진행하고 있다. 또한 대부분의 NEMO RO 접근들에서는 주소 설정에 관해서 DAD(Duplicate Address Detection) 시간을 고려하지 않았다. Yoon-Hee Han[4], Henrik Petander[5] 논문에서는 최소의 DAD시간을 위해 이들이 모빌리티 성능에 미치는 중요성을 언급하고 솔루션을 제안하고 있다.

2.2 이동성 지원 프로토콜 특성

〈표1〉 이동성 지원 프로토콜의 속성 비교

	연결성	노드 이동성	경로 최적화		주소 설정	패킷 전송 기법 (라우팅, 포워딩)
			외부	내부		
MIP	외부	O	O	X	TICA	터널링
NEMO	외부	O	O	X	TICA, TCA	터널링, 소스라우팅
MANEMO	외부 / 내부	O	O	O	TICA, TCA	애드혹 라우팅 기법, 터널링, 소스라우팅
MANET	내부	X	X	O	TCA	애드혹 라우팅 기법

이 절에서는 IP 기반의 이동성 기술들에서 노드의 이동과 네트워크 설정의 관련성을 살펴보고자 한다. 여기서 MANET은 이동성을 반드시 가정하지는 않더라도 무선 채널을 기반으로 하기 때문에 필요에 따라 이동성에 대한 시나리오를 정의할 수 있다. 표 1에서는 프로토콜들을 연결성, 이동성, 경로최적화, 주소 설정, 라우팅 방식에 따른 분류를 나타내고 있다.

MIP의 경우는 단말 자체가 홈 네트워크로부터 방문네트워크로 이동하여 접속하기 때문에 자신의 홈네트워크 그리고 CN과의 연결성을 필요로 한다. 이 연결성은 경로 최적화를 요구한다. 이동 단말과 AR사이에는 직접(1홉) 연결되기 때문에 내부 경로 최적화는 필요하지 않다 [6].

NEMO의 경우는 여러 단말이 그룹 형태로 이동하는 시나리오를 의미한다. MIP와 마찬가지로 홈에이전트 프레임워크를 사용하기 때문에 MIP와 유사한 특성을 갖는다. 그러나 MANEMO와 비교할 때 NEMO는 1 레벨의 중첩 계층만을 의미한다. 따라서 여러 MR이라고 하더라도 AR을 중심으로 스타 토폴로지 형태로 연결되기 때문에 별도의 내부라우팅 방안이 요구되지 않는다. 그러나 같은 AR에 접속한 서로 다른 도메인의 두 MR이 통신하기 위해서는 각기 자신의 HA를 거쳐야 하기

때문에 외부 연결에 대한 최적화가 요구된다[7].

MANEMO의 경우는 중첩 NEMO를 의미한다. 이 경우는 여러 MR이 계층성을 가지고 있기 때문에 MANEMO 네트워크 내부에서 경로 최적화가 요구된다. 마지막으로 MANET의 경우는 이전까지 IP 이동성을 지원하는 프로토콜과 다르게 외부 네트워크와의 연결성을 필수적으로 요구하지 않는다. 그러나 MANET간의 연결(내부)에 대한 경로 최적화 및 연결성이 가능해야한다[8].

각 접근에서 주소설정과 패킷 라우팅/포워딩 방안을 살펴보고자 한다. NEMO에서 가능한 주소 설정 방안은 크게 TCA(Topological Correct Address)와 TICA(Topological InCorrect Address) 두 가지 방안으로 나뉜다. TICA 방식은 기본 NEMO 프로토콜에서 설정되며, TCA방식은 DHCP나 프리픽스 위임 방식의 접근들에서 설정된다. 표1에서 언급한바와 같이 주소 설정 방식에 따라 둘 사이에 근본적인 차이를 가진다. TICA 주소가 CoA로서 설정될 경우 반드시 터널링 혹은 소스 라우팅을 사용해야한다. 왜냐하면 전통적인 라우팅 방식인 OSPF나 RIP와 같은 프로토콜을 사용할 수 없다. TICA주소들은 경계라우터에서 전체적으로 취합될 수 있는 계층적인 프리픽스에 의해 설정된 주소가 아니기 때문이다. 그러나 TCA 설정이 가능한 접근은 이러한 전통적인 라우팅 프로토콜을 사용하는 것이 가능하다. MANET에서는 아직까지 주소설정에 관한 표준을 정의하지 못했다. 그러나 최근 IETF AUTOCONF에서는 TCA범주의 설정 방안을 제시하였다. MANET에서는 전통적 라우팅 방식 뿐만아니라 기존의 애드혹 라우팅 방안을 적용할 수 있다[9].

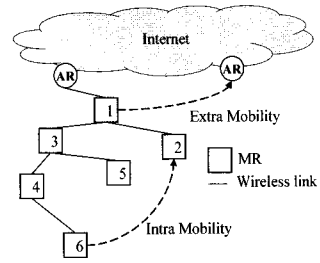
3. MANEMO 모빌리티 패턴 분석

3.1 모빌리티 패턴 분류

MR은 이동 뿐만 아니라 무선링크의 특성으로

〈표2〉 중첩 NEMO의 이동 패턴

	이동 계층	이동 MR수	이동 범위
(a)	중간 MR 혹은 최상위 MR	단독	extra-NEMO
			intra-NEMO
(b)	최상위 MR	그룹 (하위 계층 포함)	extra-NEMO
			intra-NEMO
(c)	최하위 계층 MR	단독	extra-NEMO
			intra-NEMO



〈그림 2〉 중첩 NEMO의 이동 패턴

인해 상위 라우터로의 접속 지점이 변경될 수 있다. NEMO는 중첩 환경에서는 호스트 이동성과는 다르게 고려해야 할 이동 특성이 존재한다. NEMO가 L 레벨의 중첩 네트워크로 구성될 때 최상위 레벨을 포함한 중간 레벨의 라우터가 함께 이동이 가능할 수 있다는 것이다. 이러한 특성을 고려할 때, 이동 패턴을 분류해보면 표2와 같이 구분할 수 있다.

그림 2에서 보여주는 바와 같이 중첩 NEMO 환경에서 이동 패턴은 그룹 관점에서 단독이동 및 그룹이동과 같이 두 가지로 분류될 수 있다. 또한 이동하는 레벨 및 변동 레벨에 따라 다시 두 가지로 분류될 수 있다.

• 이동 패턴 1 : 그룹 이동 관점

MR은 단독으로 MANEMO 네트워크를 이동할 수 있다. 이때 하위에 연결된 MR은 MANEMO의 다른 MR에 연결한다. 그룹 이동의 경우는 MR 그룹이 하위의 MR들을 포함한 상태로 다른 MANEMO 네트워크로 이동하는 경우를 의미한다.

• 이동 패턴 2 : 이동 시작 레벨 관점

중첩 NEMO의 이동 시작 레벨은 최상위 레벨, 중간 레벨, 최하위 레벨 세 가지 범주로 구분될 수 있다. 따라서 이동 MR은 현재의 중첩 레벨과 서로 다른 레벨로 이동하는 것이 가능하다. MR의 이동에 의한 영향을 고려할 때 이 패턴으로부터 성능에 영향을 미칠 수 있는 것은 MR이 이동 후 남은 하위 MR에 재설정을 요구할 수 있는가에 관련된 문제이다.

표2에서 보여주는 바와 같이 (c)의 경우는 지금까지 대부분의 RO 제안들이 향상을 시도하였던 NEMO영역이다. 반면에 (a),(b)의 경우는 지금까지의 RO 제안들에서 고려되지 않았던 영역들이다. 지금까지의 RO 제안들이 분석하였던 (a),(b)의 경우에도 MR 이동시 다양한 메트릭에 대한 평가가 충분히 평가되어야 한다.

3.2 액세스 라우터의 지원 기능 및 영향

중첩 NEMO는 인터넷과의 연결성을 필수적인 요소로 가진다. 또한 핸드 오프로 인한 재설정에 직접적인 설정 동작을 발생하는 주체는 접속하는 MR 혹은 AR의 기능에 따라 다른 설정 패턴을 가질 수 있다. 따라서 우리는 세부적인 이동 패턴을 모델하기 위해서 AR의 기능을 기존의 RO 접근의 접근 방안에 따라 범용 라우터로서 AR, 가상 홈 에이전트로서 AR[10][11], 그리고 이동성에 대한 부가 지원 기능을 갖는 AR[12][13]과 같이 세 가지로 타입(Atype) 분류한다.

- 범용 라우터로서 AR (Atype1): 이 AR의 경우 egress Interface에서는 전통적 라우팅 프로토콜이 동작되어 있으며, ingress interface에서는 MANEMO 네트워크에서 사용되는 라우팅 프로토콜을 동작할 수 있다. 이 타입은 NEMO의 이동성을 지원하거나, 주소설정에 관련한 어떤 지원 기능을 가지지 않는다.
- 가상 홈 에이전트로서 AR (Atype2): 이 AR의

경우 범용 라우터로서 AR에서 지원하는 기능 이외에 가상 홈 에이전트로서 기능을 지원한다. 그러나 주소 설정에 관련된 어떤 기능도 지원하지 않는다. 이 패턴을 사용하는 AR을 포함하는 중첩 NEMO 네트워크에서는 intra-NEMO 이동범위에 대해 가상 홈 에이전트로부터 지원 받을 수 있다. 이 제안의 특징은 중첩 NEMO 네트워크에 포함된 각 MR의 개별 주소 정보를 유지할 수 있으며 새로 이동해 오는 MR들은 RA와 디폴트 라우트 설정이외에 AR과 설정을 위한 메시지 교환을 요구한다.

- 이동성에 대한 부가 지원 기능을 갖는 AR (Atype3): 이 AR의 경우 이상의 두 AR의 기능을 포함하고 있으며 주소설정과 토폴로지 설정 과정에 참여한다. 대표적인 동작 방식으로는 AR 타입2에서 유지되는 주소 및 토폴로지 정보를 새로 이동해오는 MR에게 전송할 수 있다. 대표적인 이 AR 타입의 예는 MANEMO 워킹 그룹에서 NINA와 같은 접근이 해당한다[13]. 이때 RA 메시지에 특정 옵션 정보를 전달하거나, 토폴로지 정보를 전달 할 수 있다. 특별히 이 경우는 각 MR에서는 RA의 확장 기능에 의해 AR로부터 인터넷으로의 경로 정보 혹은 전체 토폴로지 정보를 획득할 수 있다. 이 패턴은 아래와 같은 질문에 따라 다양한 세부 기능의 확장을 지원 할 수 있다. Atype3의 경우와 다음과 같은 속성에 따라 더 세부적인 기능 요소를 구분할 수 있다. ① AR이 하위 레벨 MR에 대한 라우트 엔트리 유지여부, ② AR이 하위 레벨 MR로 라우트 정보를 포워드 하는지 여부, ③ AR은 MR로 전송하는 혹은 MR로부터 전송되는 패킷들에 대해서 터널링 혹은 소스라우팅을 수행여부.

3.3 모빌리티에 의한 재설정 패턴

표 3, 4는 중첩 NEMO에서 발생 가능한 재설정 타입 (Reconfiguration type: Rtype)들을 나타내

고 있다. 기본적으로 MR이 접촉지점을 변경할 때 CoA 설정 여부와 바인딩 갱신 여부에 따라 분류한다. 그리고 변경된 CoA와 네트워크에서 물리적으로 변경된 위치에 의해 경로 재계산 방법을 분류하였다. 마찬가지로 경로 재계산 방식은 기존의 NEMO 접근들로부터 대표적인 4가지 방식을 비교하였다.

〈표3〉 MR 이동에 의한 재설정 패턴(단독 혹은 그룹 이동시 최상위 노드)

Rtype	AR 타입	이동 범위	주소 타입	CoA 재설정	바인딩 갱신	경로 재계산 방법			
						RRH	Tunnel	Rp	ARd
1	Atype	-	TCA	O	O	-	-	O	-
1	1		TICA	O	O	O	X	-	-
2	Atype	Intra	TCA	O	△	-	-	O	-
2			TICA	O	△	△	X	-	-
1	2	Extra	TCA	O	O	-	-	O	-
1			TICA	O	O	△	X	-	-
2	Atype	Intra	TCA	O	△	-	-	-	O
2			TICA	O	△	△	X	-	-
1	3	Extra	TCA	O	O	-	-	-	O
1			TICA	O	O	△	X	-	-

주) △: 계층성을 지원하는 AR로 로컬 바인딩만을 갱신, Rp: 라우팅 프로토콜 의존적, ARd: AR의 기능에 의존적, '-': 해당 없음.

〈표4〉 MR 이동에 의한 재설정 패턴(그룹 이동시 최상위 하위 노드)

Rtype	AR 타입	이동 범위	주소 타입	CoA 재설정	바인딩 갱신	경로 재계산 방법			
						RRH	Tunnel	Rp	ARd
1	Atype	-	TCA	O	O	-	-	O	-
3	1		TICA	X	O	O	X	-	-
2	Atype	Intra	TCA	O	△	-	-	O	-
3			TICA	X	▲	△	X	-	-
1	2	Extra	TCA	O	O	-	-	O	-
3			TICA	X	▲	△	X	-	-
2	Atype	Intra	TCA	O	△	-	-	-	O
4			TICA	X	△	△	X	-	-
1	3	Extra	TCA	O	O	-	-	-	O
3			TICA	X	▲	△	X	-	-

주) ▲: RRH를 사용하는 TICA 토폴로지에서는 CoA가 변

경하지 않더라도 바인딩 갱신을 요구함. 그 외의 경로 재계산 기법에는 TICA 방식에서는 바인딩 요구되지 않음.

표 3은 단독 혹은 그룹 이동시 최상위 노드에 요구되는 설정 타입을 NEMO가 형성할 수 있는 대표적인 토폴로지에 따라 분류하고 있다. 이 경우 재설정 타입은 크게 Rtype1 과 Rtype2 두 가지 패턴으로 나타난다. Rtype1의 경우는 AR이 이동성 지원을 하지 않는 경우에 해당하는 패턴으로 MIPv6환경에서 일반적으로 나타나는 환경이다. 그러나 AR이 이동성을 지원하는 특정 기능을 지원할 경우에는 CoA 재설정과 함께 바인딩을 요구하는 extra 이동 범위에서만 나타난다. Rtype2의 경우는 AR이 이동성을 지원하는 특정 기능을 가질 때 Intra 이동 범위에서만 나타난다. AR이 지원하는 기능에 의해서 비록 CoA가 변경된다고 하더라도, AR의 계층적 기능 혹은 라우팅 지원 기능으로 인해 자신의 HA로 바인딩을 수행하지 않을 수 있다. 따라서 Atype2 AR이 동작하는 NEMO 네트워크에서는 Intra 이동을 가질 경우 MR은 AR로 로컬 바인딩 갱신만을 수행한다는 것이다. 또한 TICA 접근들에서는 별도의 라우팅 기법을 사용하지 않고, 제안 메커니즘에 따라 MR에서 터널링을 통해 패킷을 포워딩 하거나, IPv6 확장헤더를 사용하는 RRH 방식을 통해 소스라우팅 기법을 사용하게 된다[14][15]. Atype3의 경우는 AR에서 각 MR에 대한 토폴로지 정보를 유지하고 각 MR로 분배시켜주는 기능을 갖기 때문에 별도의 라우팅 프로토콜이 요구되지 않는다.

표 4에서는 그룹 이동시 최상위의 하위 노드에 요구되는 재설정 패턴을 보여주고 있다. 이 경우 하위의 MR들은 전적으로 NEMO의 주소 설정 방식에 영향을 받는다. 따라서, 각 AR타입에서 TICA 설정 방식의 경우 새로운 패턴을 발생하게 된다. 따라서, 표 4에서는 패턴 3과 5가 추가적으로 나타나게 된다. Rtype 3의 경우는 TICA 주소 타입을 사용하는 하위 MR들로서 접촉 지점이 변

경되더라도 CoA 재설정을 수행하지 않지만 바인딩 갱신을 수행해야 한다. Rtype 4의 경우는 AR이 이동성 지원 기능을 갖기 때문에 지역적으로 제한된 이동을 갖더라도 HA로 바인딩을 갖는 대신에 AR로만 바인딩을 수행하는 패턴에 해당한다. 표 3의 경우와 비교 할 때 TICA에 해당하는 MR들은 그룹의 이동이 발생한다고 하더라도 CoA가 변경되지 않는다는 특성을 가지고 있다. 따라서 바인딩 갱신을 요구하지 않는다. 그러나 TICA중 RRH 기법을 사용한 포워딩 방식을 사용할 경우, CoA 변경이 없다고 하더라도 상위 MR의 CoA가 변경되기 때문에 바인딩을 갱신해주어야 한다. 이는 중첩 NEMO 네트워크 환경에서 RRH를 사용할 경우, 최초의 바인딩 갱신이후 HA는 AR로부터 MR까지의 경로정보를 유지하기 때문에, 중간 경로 MR의 CoA가 변경될 경우 MR 자신의 CoA 변경이 없다고 하더라도, 바인딩 갱신을 요구한다. 그러나 현재의 NEMO 스펙에서 이 부분에 대해서 아직까지 구체적으로 정의된 것은 없다.

<표5> 중간 경로 MR 이동에 의한 최상위 노드 재설정 패턴

Rtype	AR 타입	주소 타입	CoA 재설정	최상위 노드 바인딩 갱신	경로 재계산 방법			
					RRH	Tunnel	Rp	ARd
5	Atype	TCA	X	X	-	-	O	-
1	1	TICA	O	O	O	X	-	-
5	Atype	TCA	X	X	-	-	O	-
3	2	TICA	X	▲	Δ	X	-	-
5	Atype	TCA	X	X	-	-	-	O
2	3	TICA	O	▲	Δ	X	-	-

<표6> 중간 경로 MR 이동에 의한 최상위 하위 노드 재설정 패턴

Rtype	AR 타입	주소 타입	CoA 재설정	최상위 하위노드 바인딩 갱신	경로 재계산 방법			
					RRH	Tunnel	Rp	ARd
5	Atype	TCA	X	X	-	-	O	-
3	1	TICA	X	O	O	X	-	-
5	Atype	TCA	X	X	-	-	O	-
3	2	TICA	X	▲	Δ	X	-	-
5	Atype	TCA	X	X	-	-	-	O
4	3	TICA	X	Δ	Δ	X	-	-

표5와 표6에서는 중첩 NEMO 네트워크 내부의 특정 MR이 최상위 혹은 중간 계층 레벨로부터 이동이 발생할 경우에, 하위 계층의 MR들에서 발생할 수 있는 재설정 패턴을 분류하고 있다. 이 경우는 특별히 패턴 5의 상황이 나타난다. MR이 이동하더라도 CoA 재설정을 하지 않고, HA로 바인딩 갱신도 하지 않는다. 여기서 최하위 계층에서 MR이 이동하는 패턴은 이미 표4에서 발생하는 패턴과 유사하다. 또한 중간 계층 MR의 이동 경우 최상위 MR이 이동하는 경우와 동일하다. 그러나 Atype3의 경우는 중첩 NEMO의 토폴로지 정보를 최상위 MR이 가지고 있는 경우는 RO의 접근 방식에 따라 라우팅에 치명적인 문제가 발생할 수 있는 차별성을 가지고 있다. 특히 표5와 표6에서 TCA 접근의 경우 중간 경로 MR이 이동하였을 때 하위 최상위 노드는 CoA 재설정을 하지 않음으로 결정하였다. 이는 라우터의 구현상 달라 질 수 있는 부분일 수 있다.

4. 이동 패턴의 평가 및 분석

본 절에서는 이전 절에서 분류한 MANEMO의 이동 패턴에 대해 분석한다. 표3~6의 분류 결과에 대해서 CoA 재설정과 바인딩 갱신 여부에 따라 다음과 같이 크게 5가지 패턴으로 분류할 수 있다. 각 타입은 경로 재계산 방법에 따라서 다른 패킷 전송 및 라우팅 기법을 요구하게 된다.

- Rtype1: CoA재설정과 바인딩 갱신
- Rtype2: CoA재설정과 로컬 바인딩 갱신
- Rtype3: CoA재설정 없이 바인딩 갱신
- Rtype4: CoA재설정 없으며 로컬 바인딩 갱신
- Rtype5: CoA재설정 없으며 바인딩 갱신 없음

4.1 이동 패턴에 대한 모델링

재설정 오버헤드 비용 평가

우리는 이전절의 표 3~6에서 분류한 이동 패턴

을 통해서 재설정 패턴 5가지를 분류했다. Rtype1부터 Rtype2까지는 MIPv6나 기본 NEMO에서 일반적으로 발생하는 재설정 타입에 해당한다. 이 경우는 단독 이동 호스트의 이동이거나, 단일 MR의 이동이 해당 되기 때문에 반드시 핸드오프가 발생할 경우 주소 재설정을 포함한 네트워크 설정 시간과 바인딩 갱신이 수행되어야 한다.

중첩 네트워크가 가능한 NEMO에서는 Rtype 3~5에 해당하는 새로운 이동 패턴 및 재설정 패턴이 발생할 수 있다. 이는 그룹 이동을 가능케 하는 NEMO 특성상 핸드오프 성능에 직접적인 영향을 줄 수 있다. 바인딩 갱신 비용 (c_{bu}), 주소 설정 비용 (c_{adr})을 고려할 때, 기존 일반적인 Rtype 1, 2와 예외적 Rtype 3, 4, 5에 요구되는 이동 전체 비용(T_{move})을 보면 다음과 같이 평가될 수 있다.

$$T_{move} = \gamma \left(\sum_{i=1}^N c_{bu} [n_1 c_{rtype1} | n_2 c_{rtype2} | n_3 c_{rtype3} | n_4 c_{rtype4} | n_5 c_{rtype5}] + \sum_{i=1}^l i c_{adr} \right) \quad \text{식(1)}$$

, ($N = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5, N \geq 1$)

여기서 γ 는 핸드오프율, l 은 그룹 이동하는 NEMO 네트워크의 중첩 레벨 N 은 전체 노드수를 의미한다. 그러나 이때 Rtype에 따라 바인딩 갱신, 로컬 바인딩 갱신, 바인딩 갱신을 하지 않는 등 다양한 성능 변이를 가질 수 있다. 특히 그룹 이동의 경우 모든 타입의 재설정 패턴이 발생할 수 있다.

NEMO 네트워크는 MR 및 방문 호스트와 다양한 계층으로 구성될 수 있기 때문에 정규화를 위해서 그림 3과 같이 이진 트리로 가정하였다. 또한 표 7에서는 평가에 사용된 파라미터들을 나타내고 있다 [7]. 본 절에서는 그림 3의 환경과 같이 7개의 MR 환경에서 각 Rtype의 영향을 분석

하고자 한다. 전체 비용을 평가하기 위해서 그림 3에서 나타나는 바와 같이 바인딩 갱신 비용(C_{bu})의 경우는 식(1)~(5)에 의해 식(7)의 $RRH(P_{RRH})$, 식(6)의 터널링(P_{bn}), 식(8)의 TCA설정을 사용하는 방식(P_{TCA}) 3가지로 분리하여 다음과 같이 평가하였다.

$$d_{hop} = L_p + (S_{bu} + S_c) / R_{bw} \quad \text{식 (2)}$$

$$d_{tunnel} = P_t + P_{bu} \quad \text{식 (3)}$$

$$T_{bn} = d_{hop} (L + h_{AR-HAn} + (L+1)h_{HA-HAn}) \quad \text{식 (4)}$$

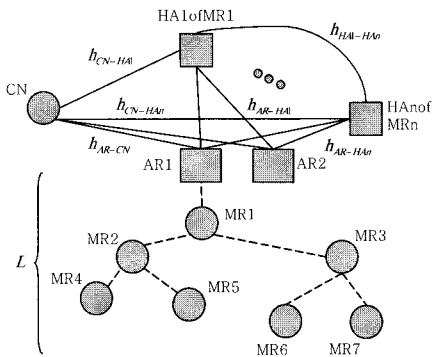
$$T_{RRH} = d_{hop} (L + h_{AR-HAn}) + d_{hop} ((S_{RH} + h_{AR-HAn}) - (L + h_{AR-HAn})) / R_{bw} \quad \text{식 (5)}$$

$$T_{TCA} = d_{hop} (L + h_{AR-HAn}) \quad \text{식 (6)}$$

$$P_{bn} = 2(L+1)d_{tunnel} \quad \text{식 (7)}$$

$$P_{RRH} = 2d_{tunnel} + (L+1)P_{sc} \quad \text{식 (8)}$$

$$P_{TCA} = 2d_{tunnel} \quad \text{식 (9)}$$



〈그림 3〉 중첩 NEMO의 이동 패턴

주소 설정 비용에 대한 모델링

우리는 이전 절에서 3가지 Atype에 대해서 기술하였다. Atype2와 Atype3는 네트워크 설정 과정에서 MR이 네트워크 설정을 완료하는 시간에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 MR 이동 패턴에 의한 재설정 영향을 분석하기 위해서는 네트워크 설정 과정에 대한 모델을 필요로 한다. MR은 이동 후 바인딩 갱신(Binding Update: BU)를 수행하기 전에 CoA설정을 수행해야 한다. 기존에 제안된 RO 제안들 중에서 정의된 Atype들에 일치하는 주소 설정 방안은 아래와 같다.

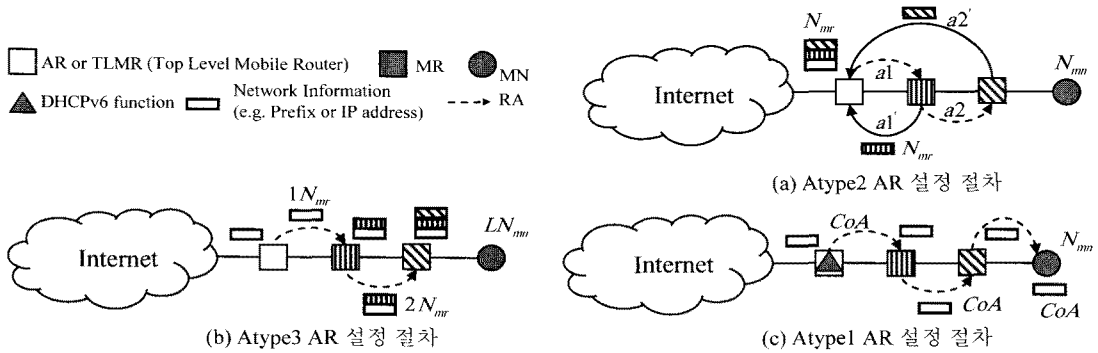
Atype1 방식은 기본적으로 MR에 대한 이동성에 대한 지원기능을 가지지 않는다. 그러나 방문 MR과의 RA과정을 통해서 TCA 주소 혹은 TICA 주소를 설정하게 된다. TICA주소를 설정하는 경우는 기본 NEMO 프로토콜을 사용하는 경우이다. TCA 주소를 설정하는 경우는 모바일 라우터에게 DHCP서버를 통한 주소할당이나 IPv6 Prefix delegation방식을 이용해 MR의 CoA가 설정되는 방식으로 프리픽스 위임 방식에서 사용하는 방식이다[16]. 따라서 중첩레벨에 따라

$$d_{Atype1} = L_p + \frac{S_{RA} + S_c}{R_{bw}} \quad \text{식(10)}$$

만큼의 처리시간을 요구한다. 표6에서는 해당 기호의 의미를 표현하고 있다.

〈표 7〉 성능 평가에 사용된 파라미터

파라미터 설명		실험값	파라미터 설명		실험값
R_{bw}	전송 대역폭	최대 100Mbps, 최소 1Mbps	$C_{hopcount}$	홉 에이전트간 홉카운트	고정: 10, 변동값:2~20
L	중첩 레벨	1~10	L_p	네트워크 전송 지연	0.5msec
S_{bu}	BU메시지 크기	40byte	S_c	확장헤더 엔트리	16byte
S_{RA}	라우터 광고 메시지 크기	96byte	P_t	터널 처리 시간	5ms~50ms
P_{sc}	라우팅 확장헤더 처리시간	5ms	P_{bu}	BU 메시지 처리 시간	3ms
l	서브 중첩 레벨	1~10	N_{cn}	CN의 수	10
S_{RH}	중첩 계층에서 S_c 의 누적 합				



〈그림 4〉 Atype에 따른 CoA 설정 절차

Atype2은 [그림 4]의 (b)와 같이 우선 NEMO 모빌리티를 지원하는 최상위 모바일 라우터나 AR이 중첩 노드 정보를 취합하는 경우로서 최상위 MR을 이용한 양방향 터널링 방식[11], M. Jung[12]제안에서 채용한 방식이 해당된다. (b) 방식의 경우 MIPv6의 RA에 의해 네트워크 설정을 하는 기본 동작에 해당하므로 중첩정보의 전달기능은 없고 각 MR들은 CoA정보를 자신의 HA이외에 방문네트워크의 최상위에 위치하는 네트워크 모빌리티를 지원하는 라우터에 등록한다. 따라서 하나의 MR이 이동후 CoA설정은 상위 라우터로부터의 RA를 수신한 이후 중첩 계층의 단계만큼 경로를 거쳐 최상위 MR에 등록하는 시간을 요구한다. 따라서 Atype2의 경우 각 MR에 대한 주소 정보를 유지할 수 있다.

$$d_{Atype2} = (L_p + \frac{S_{RA}}{R_{bw}}) + L(L_p + \frac{S_{bu} + S_c}{R_{bw}}) \quad \text{식(11)}$$

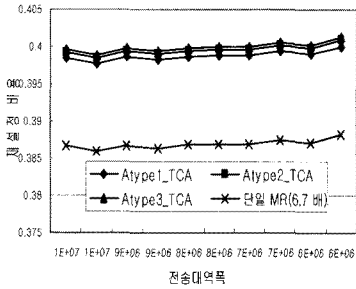
Atype3 방식은 Atype1의 방식에 부가적으로 AR이 중첩 네트워크에 대한 토폴로지 정보를 유지한다. 새로운 MR이 이동해 올 경우 토폴로지 정보를 방문 MR에 전달한다. 이때 방문 MR에 전달하는 방법은 개별 MR이 직접 전달하거나, AR에서 방문 MR로 직접전달 할 수 있는 제안들이 있다. 전자의 경우는 (b)에서와 같이 자신의

상위 라우터로부터 RA를 통해 현재의 중첩정보를 CoA와 함께 모바일 라우터로 전달하는 방식으로 H. Ohmishi [10]에서 사용하는 방식이다. 후자의 경우는 NINA[13]에서 사용하는 방식으로 AR에서 해당 경로의 MR들을 거쳐 방문 MR에 전달하게 된다. 그러므로 모바일 라우터는 전달받은 중첩 정보들을 통해 자신의 중첩 상태를 파악할 수 있다. 그러나 중첩 레벨의 증가에 따라 RA 메시지에서부터 전송되는 중첩정보는 증가할 것이다. 따라서 중첩레벨에 따라

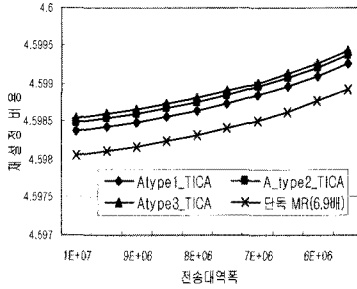
$$d_{Atype3} = (2 + L)L_p + \frac{L(S_{bu} + 2S_c) + S_{RA}}{R_{bw}} \quad \text{식(12)}$$

재설정 오버헤드 비용 분석

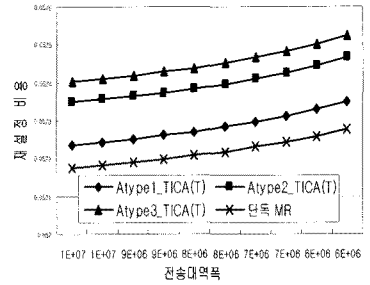
그림 3의 중첩 NEMO 네트워크가 AR1에서 AR2로 이동할 때 3가지 라우팅 방법에 의한 재설정 영향을 고려하면 그림 5~7과 같이 나타낼 수 있다. 그림 5와 경우는 TCA기반 접근에서의 영향을 나타내고 있다. 이 경우 AR2와 MR1의 프리픽스 정보가 다르기 때문에 MR1은 CoA를 변경해주어야 한다. 마찬가지로 MR1의 CoA가 변경되기 때문에 TCA기반 접근 속성에 따라 하위 모든 MR들이 CoA를 변경해주어야 하며, CoA가 변경된 모든 MR은 자신의 HA로 바인딩을 수행해



〈그림 5〉 TCA 방식에서 재설정 비용



〈그림 6〉 RRH기반 TICA방식에서 재설정 비용



〈그림 7〉 터널기반 TICA 방식에서 재설정 비용

주어야 한다. 그림 5에서는 그룹 이동시 영향이 단일 MR이 이동할 때의 재설정 비용과 비교를 위해 함께 나타내었다. 단일 이동의 경우 재설정 비용의 6.7배를 하여 보여주고 있다.

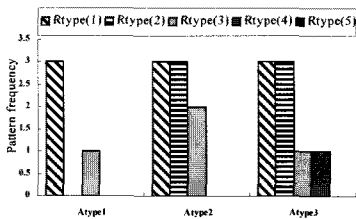
그림 6의 경우는 TICA 기반의 접근 중 RRH를 사용하는 경우이다. TCA 방식과 다르게 MR1의 CoA가 변경되더라도, 하위 MR들의 CoA에 대한 변경은 요구되지 않는다. 그러나 RRH의 특성상 MR1의 CoA와 AR이 변경되었기 때문에 자신의 HA로 이전에 등록했던 경로는 갱신하여야 하기 때문에 모든 MR에게 바인딩 갱신이 요구된다.

따라서 그림 5와 6을 비교할 때 재설정 비용은 비슷한 결과치를 가지게 된다.

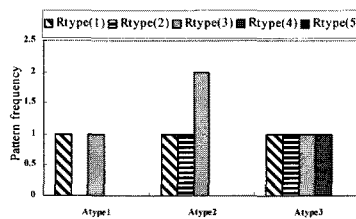
그림 7의 경우는 터널 기반 TICA 재설정 비용을 나타내고 있다. RRH와는 다르게 MR1이하 모든 MR들은 바인딩 갱신에 대한 요구사항을 갖지 않는다. 따라서 그림 5와 6보다 적은 재설정 비용을 나타내게 된다.

4.2 이동 패턴의 분포 및 특성

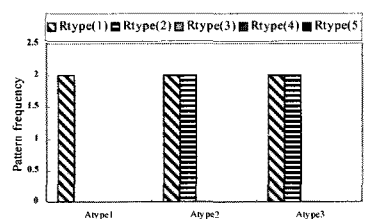
그림 8-13은 이전 절의 표3-6에서 분류된 이동



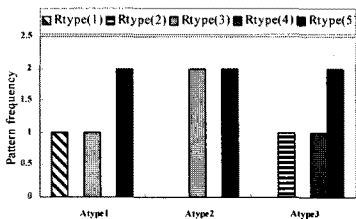
〈그림8〉 그룹 이동시 전체 패턴 빈도



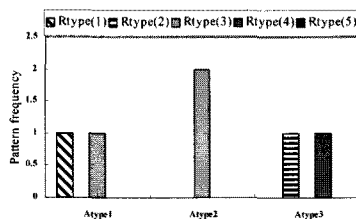
〈그림9〉 그룹 이동시 TICA에서 패턴 빈도



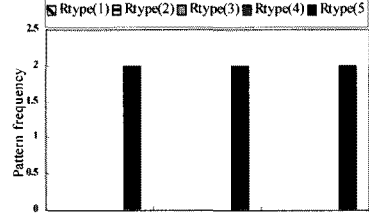
〈그림10〉 그룹 이동시 TCA에서 패턴 빈도



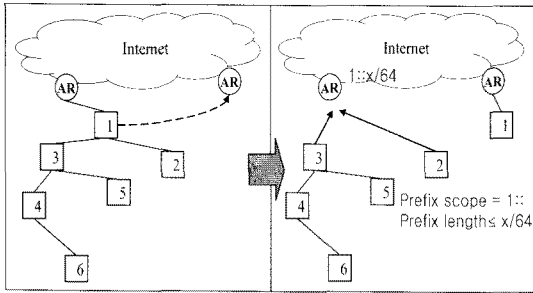
〈그림11〉 MR 이탈에서 전체 패턴 빈도



〈그림12〉 MR 이탈에서 TICA 패턴 빈도



〈그림13〉 MR 이탈에서 TCA 패턴 빈도



〈그림 14〉 Rtype5가 발생 가능한 네트워크 상황

패턴을 나타내고 있다. 중첩 NEMO 환경에서 MR이 그룹으로 이동할 때 주로 Rtype 1~2에 해당하는 패턴이 발생한다. 예외적으로 Rtype 3~5의 경우가 낮은 빈도로 발생하고 있다. 주소 설정 방법에 따라 살펴 보면, TICA 경우는 Atype1 경우에 공통적으로 1번과 3번 패턴이 나타나는데 이 경우는 RRH 경우에 마이크로 모빌리티 기능을 지원하지 않기 때문에 나타나는 현상이다. Atype2의 경우에 3번 패턴이 나타나는 경우도 같은 경우에 해당한다. 그러나 Atype 3의 경우 중에서는 4번 경우가 발생하게 되는데 이는 CoA 재설정 없이도 불구하고 바인딩 갱신이 발생하는 경우에 해당한다. 이는 기존 호스트 기반 방식에서는 발생 않는 패턴이지만, 상위에서 이동한 MR에 의해 하위 MR이 로컬로 바인딩을 수행해야하는 경우에 해당한다.

TICA와는 다르게 TCA 접근의 그룹이 이동하는 경우에는 공통적으로 1번과 2번 패턴이 발생하고 있다. 이 경우는 기본적으로 MIPv6의 사상에 따라 CoA가 변경되면 바인딩 갱신을 수행하는 경우에 해당한다. 그러나 상위 MR이 이동하는 경우는 NEMO 네트워크가 전체적으로 TCA 주소를 갖기 때문에, 구형 방식에 따라 달라질 수 있다고는 하더라도, 주소의 재설정으로 인한 바인딩 갱신은 요구되지 않는다는 것을 나타낸다.

4.3 재설정 가정에 대한 분석

재설정 패턴 중 Rtype5의 경우 TCA 주소설정 환경에서는 중간 경로 MR이 이동할 경우 그림 14에서와 같이 MR 2와 3은 AR에 접촉하여 네트워크 연결을 복구해야한다. 본 논문 앞 절에서 주소 설정 방식이 TCA일 경우 발생하는 Rtype5에서 주소 재설정을 하지 않는다고 가정하였다. 이는 두 가지 이유를 근거로 한다. 첫째로 현재 AR1에 접촉한 중첩 NEMO 전체 네트워크는 그림 14에서와 같이 동일한 프리픽스 스코프를 사용한다. 둘째로 TCA 방식에서는 상위 MR이 이동하더라도 네트워크 전체 토폴로지적으로 보았을 때 남아있는 MR들은 정상적인 주소 설정 상태를 가지고 있다. 따라서 그림 14의 경우와 같이 MR2과 MR3가 AR에 연결을 시도하더라도 토폴로지적으로 문제는 없다. 일반적으로 단지 AR이 접촉 네트워크에 대한 인식과정에서 엄격한 프리픽스 길이에 기반하여 네트워크를 체크하지 않기 때문에 CoA에 대한 재설정을 요구하지 않는다. 또한 AR 과 동일한 프리픽스 스코프를 가지며 자신보다 긴 프리픽스 길이를 가지는 경우는 일반적으로 다른 네트워크로 구분하지 않는다.

CoA 재설정이 없으며 바인딩 갱신이 요구되지 않는 Rtype5는 기존 이동 지원 프로토콜에서 당연한 결과이다. 그러나 중첩 NEMO 환경에서 이상의 가정을 고려하지 않을 경우, Rtype1이나 Rtype2 형태의 재설정 패턴이 고려될 수 있다. 현재 시점에서 기본 NEMO 프로토콜에서는 이러한 예외적인 패턴에 대해 인식하고 지원하는 프로토콜 기능이 정의되어 있지 않다.

5. 결론

기존 호스트 기반 방식에서는 홈 에이전트는 바인딩 갱신을 통하여 이동을 감지하였다. 바인딩 갱신은 주소가 바뀌기 때문에 발생한다. 그러나 중첩 NEMO에서는 바인딩 갱신이 반드시 주소 변경을 의미하지는 않는다. 또한, 기본 NEMO 프

로토콜에 의존한다면 이동하였다고 하더라도 바인딩 갱신이 수행되지 않는다.

기존 접근을 고려할 때, 그룹 이동에 의한 재설정 패턴을 고려한다면, RRH, TCA가 재설정 영향에 민감하게 반응하고 있다. RRH는 TICA 경우라고 할지라도 그룹 이동이 발생하면 자신의 HA로 바인딩을 수행해주어야 하므로 재설정 비용이 TCA와 대등하게 증가하게 된다. 그러나 터널 방식의 경우는 같은 상황에서 바인딩을 발생하지 않는다. 이는 향후 중첩 환경을 지원하는 NEMO 프로토콜 설계시 고려되어야 하는 점에 해당한다.

우리는 중첩 NEMO에서 발생 가능한 이동 패턴을 분류하였고, 재설정 영향을 분석하였다. 현재 MANEMO 워킹그룹에서는 중첩 NEMO에서 발생 가능한 문제들을 정의하고 분석하고 있다. 본 논문에서 지적했던 바와 같이 기본 NEMO 프로토콜에 전적으로 의존될 경우 노드의 이동이 발생할 때 이를 감지하고 재설정하는 데 있어서 근본적인 프로토콜 취약성이 발생할 수 있음을 지적하고 있다. 따라서 본 논문에서 지적하는 예외적인 재설정 타입에 대한 인식 방안과 재설정 방안에 대한 프로토콜 확장작업이 요구된다. 우리는 향후 연구로서 본 논문에서 분석한 결과를 토대로 접근 제어 및 이동 성능 관점에서 요구사항을 분석하고 이를 지원할 수 있는 방법을 제안할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] E. Perera, V. Sivaraman, and A. Seneviratne, "Survey on Network Mobility Support", ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, Volume 8, Issue 2, April 2004.
- [2] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu, and P. Thubert, "Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol", IETF, RFC3963, Jan. 2005.
- [3] R. Wakikawa, P. Thubert, T. Boot, J. Bound, and B. McCarthy, "Problem Statement and Requirements for MANEMO", Internet Draft (IETF Work In Progress), <http://tools.ietf.org/html/draft-wakikawa-manemo-problem-statement-01.txt>, July 2007.
- [4] H. Petander, E. Perera, K. Lan, and A. Seneviratne, "Measuring and Improving the Performance of Network Mobility Management in IPv6 Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications (J-SAC), VOL. 24, NO. 9, September 2006.
- [5] Y. Han, J. Choi, and S. Hwang, "Reactive Handover Optimization in IPv6-Based Mobile Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications (J-SAC), VOL. 24, NO. 9, September 2006.
- [6] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", IETF RFC 3775, June 2004.
- [7] H. Lim, D. Lee, T. Kim, and T. Chung, "A Model and Evaluation of Route Optimization in Nested NEMO Environment", IEICE Trans. on Communication Vol.E88-B, No.7, July 2005.
- [8] I. Chakeres, J. Macker, and T. Clausen, "Mobile Ad hoc Network Architecture", Internet Draft (IETF Work In Progress), <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-autoconf-manetarch-04.txt>, July 2007.
- [9] E. Baccelli, K. Mase, S. Ruffino, and S. Singh, "Address Autoconfiguration for MANET: Terminology and Problem Statement", Internet Draft (IETF Work In Progress), <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-autoconf-statement-00.txt>, July 2007.
- [10] H. Ohnishi, K. Sakitani, and T. Takagi, "HMIP based Route Optimization Method in a Mobile Network", Internet Draft (expired), <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-hmip-rout-opt-00.txt>, July 2007.

- mobilenetworks.org/nemo/drafts/draft-ohmishi-nemo-ro-hmip-00.txt, October. 2003.
- [11] D. Lee, K. Kim, and M. Kim, "Hierarchical Route Optimization for Nested Mobile Network, IEEE International Conference, AINA'04, 2004.
- [12] M.Jeong and J. Park, "Hierarchical Mobile Network Routing: Route Optimization and Micro-Mobility Support for NEMO", EUC '04, LNCS 3207, 2004.
- [13] P. Thubert, R. Wakikawa, C. Bernardos, R. Baldessari, and J. Lorchat, "Network In Node Advertisement", Internet Draft (IETF Work In Progress), <http://tools.ietf.org/html/draft-thubert-nina-01>, July 2007.
- [14] P. Thubert, and M. Molteni, "IPv6 Reverse Routing Header and Its Application to Mobile Networks", Internet Draft (IETF Work In Progress), <http://tools.ietf.org/wg/nemo/draft-thubert-nemo-reverse-routing-header-07.txt>, February 2007.
- [15] C. W. Ng, and T. Tanaka, "Securing Nested Tunnels Optimization with Access Router Option", Internet Draft (expired), <http://www.mobilenetworks.org/nemo/drafts/draft-ng-nemo-access-router-option-01.txt>, January 2005.
- [16] Kyeong-Jin Lee, Jae-Hoon Jeong, Jung-Soo Park, and Hyoung-Jun Kim, "Route Optimization for Mobile Nodes in Mobile Network based on Prefix Delegation", Internet Draft (expired), <http://www.mobilenetworks.org/nemo/drafts/draft-leejk-nemo-ro-pd-02.txt>, Aug. 2004.

● 저 자 소 개 ●

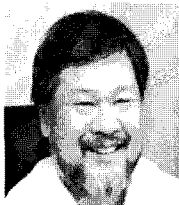
임 형 진(Lim Hyung-Jin)



1998년 2월 한림대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
 2001년 8월 성균관대학교 정보통신대학원 정보통신공학과 졸업(석사)
 2006년 8월 성균관대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(박사)
 2007년 8월 성균관대학교 BK21 Post-Doctor
 2007년 10월~현재 금융보안연구원 인증관리팀 선임연구원
 관심분야 : IP 이동성 관리 기술 (Netlmn, Network Mobility, Ad-hoc Mobility 등), VPN 기술 (MPLS, IPSec, SSL 등), AAA(Authentication, Authorization and Accounting) 및 접근 제어, 키 관리 및 인증 프로토콜, 강한 사용자 인증 기술(One Time Password 및 Multi-factor Authentication)

E-mail : dream.hjlim@gmail.com

정 태 명(Chung Tai-Myoung)



1981년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업(학사)
 1984년 6월 일리노이 주립대학 전자계산학과 졸업(학사)
 1987년 12월 일리노이 주립대학 컴퓨터공학과 졸업(석사)
 1995년 8월 퍼듀 대학 컴퓨터공학 (박사)
 1995년 9월~현재 성균관대학교 컴퓨터공학과 교수
 2005년~2007년 OECD 정보보호작업반(WPISP1) 부의장
 2007년 ~현재 한국CPO포럼 의장
 2000년~현재 한국침해사고대응팀협의회(CONCERT) 위원장
 관심분야 : 실시간시스템, 네트워크 관리, 네트워크 보안, 시스템 보안, 전자상거래 보안
 E-mail : tmchung@ece.skku.ac.kr