

논문 2006-43TC-8-3

IPv6 기반의 다중 네트워크 인터페이스를 갖는 새로운 동적 이동형 네트워크 아키텍처

(A Novel Architecture for Dynamic Mobile Networks with IPv6-based
Multiple Network Interfaces)

김 원 태*

(Won-Tae Kim)

요 약

본 논문에서는 중첩된 모바일 에드혹 네트워크들로 구성된 IPv6기반 멀티홈드된 이동형 네트워크 아키텍처로서 *DynaMoNET*을 제안한다. 각 모바일 에드혹 네트워크는 무선 개인영역 네트워크를 통해서 동적으로 구성된다. 고정된 모바일 라우터 대신에 각 에드혹 네트워크는 *DynaMoNET* 내에서 루트 모바일 라우터로서 동작할 수 있는 모바일 라우터를 보유하며 루트 모바일 라우터는 전체 이동형 네트워크를 위하여 외부 인터넷과의 안정적인 연결성을 제공한다. 본 논문은 멀티홈드 이동형 네트워크를 위한 새로운 핸드오버 프로토콜, 다중 판단요소를 고려한 망 전환 판단 알고리즘, 토큰 기반의 루트 모바일 라우터 선출 알고리즘, 고속 모바일 라우터 경로 탐색 알고리즘 및 안정적인 인터넷 접속을 지원하는 통신 장애 회피 메커니즘 등을 포함한다. 마지막으로 모바일 라우터의 시스템 아키텍처를 자세히 소개한다.

Abstract

In this paper *DynaMoNET* is suggested as a novel IPv6-based multi-homed mobile network architecture which is composed of nested mobile ad hoc networks dynamically coming together through wireless personal area networks. Each ad hoc network has a mobile router which may work as a root mobile router instead of fixed mobile routers in a *DynaMoNET*. A root mobile router provides the reliable Internet connectivity for the entire mobile network. This paper includes a innovative handover protocol for multi-homed mobile networks, network switchover algorithm considering multiple decision factors, root mobile router election process based on token-based algorithm, fast root mobile router discovery algorithm and fault avoidance mechanism to support reliable Internet connectivity. Finally the system architecture of a mobile router is given in detail.

Keywords : mobile network, mobile router, multi-homed, QoS, fault tolerance

I. 서 론

B3G (Beyond 3rd Generation)를 향한 이동통신네트워크의 진화 속도는 인프라 스트럭처 모드와 에드혹 모드를 포함한 다양한 최신 액세스 네트워크 기술의 발전에 의해 그 가속도가 더해가고 있다. 특히, 끊어짐 없이

매끄러운 인터넷 연결성에 대한 필요는 유비쿼터스 컴퓨팅과 통신을 누리하고자 하는 모바일 사용자들에 의해 급격히 요구되어 가고 있는 추세이며 유비쿼터스 컴퓨팅/커뮤니케이션, 즉 언제 어느 곳에서나 어떤 디바이스로도 자유로운 컴퓨팅과 커뮤니케이션이 가능한 상태를 지원하기 위해서는 끊어짐없는 이동성 지원을 위한 접세한 통신 서비스 제공은 가장 중요한 이슈이다. IETF의 Mobile IPv6 (MIPv6)는 우리 주변에 널려있는 수많은 디바이스들에 광역적인 이동성을 지원할 수 있는 가장 적합한 현존하는 통신 기술일 것이다^{[1][2]}. 그러나, MIPv6는 단지 단말 이동성만을 지원하도록 설계되

* 정회원, 한국전자통신연구원 임베디드SW연구단
무선인터넷플랫폼팀
(Mobile Internet Platform Team, Embedded
Software Research Division, ETRI)
접수일자: 2006년4월10일, 수정완료일: 2006년8월18일

어 있어 이동형 네트워크 (Moving Network) 혹은 네트워크 이동성 (Network Mobility)를 지원하기에는 기술적으로 불충분하다. IETF NEMO 워킹그룹은 매우 다양한 시나리오에 기초한 네트워크 이동성을 지원하기 위해 많은 노력을 기울여 왔다^{[3][4][5]}.

주지하는 바와 같이, 다양한 무선 액세스 네트워크 기술들이 개발됨에 따라 모바일 단말들은 하나의 네트워크 인터페이스가 아닌 다중 네트워크 인터페이스를, 이하 멀티홈드(multi-homed), 탑재하게 되었고 결과적으로 기존의 단순한 무선 신호의 세기를 기초한 망전환 방식에서 탈피하여 다양한 다중 요소를 기초한 망간 핸드오버 기술, 단말에서의 네트워크 부하 분산 기법, 이동형 네트워크에서의 다중 모바일 라우터들 간 동기화 기술, 통신 장애 검출 및 회피 (Fault detection and avoidance) 기법 등을 포함한 주요 이동형 네트워크 지원을 위한 기술적 이슈들이 출현하고 있다. 특히, 멀티홈드와 관련된 이슈들은 최근 들어 결성된 IETF의 monami6 워킹 그룹에서 활발히 연구되어질 것이다. 즉, MIPv6나 NEMO 프로토콜들을 확장하여 다중 네트워크 인터페이스를 가지는 휴대단말기나 이동형 네트워크 등을 지원하는 기능들을 집중적으로 개발할 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 관련 기존 연구에 대해 정리하고, III장에서는 이중망간 상호연동 모델을 포함하는 DynaMoNET 아키텍처를 설계한다. IETF의 NEMO basic support protocol을 기반으로 한 핸드오버 절차를 (n, 1, 1) 모델과 (n, n, n) 모델에 대해 적용하는 방안을 제시한다. 본 논문에서 (n, n, n) 모델은 다중 모바일 라우터, 다중 홈에이전트 및 다중 모바일 네트워크 주소영역 (MNP : Mobile Network Prefix)를 의미한다. 그리고, 루트 모바일 라우터의 주요 기능인 다중망간 전환 알고리즘 및 모바일 라우터의 시스템 구조 등을 제안한다. IV장에서는 멀티홈드 이동형 네트워크의 주요 특징인 통신 장애 회피 및 부하 분산 메커니즘을 구현하기 위한 모바일 라우터들간의 링구조 구성 메커니즘; 토큰기반 루트 모바일 라우터 선택 알고리즘 및 고속 루트 모바일 라우터 탐색 메커니즘 등을 소개한다.

II. 모바일 네트워크 관련 연구

1. 기존 연구 동향

최근들어 앞서 언급한 멀티홈드 관련 이슈들을 해결하기 위한 연구들이 진행되었으나, 아직은 문제 제기

수준의 연구들이 주로 이루어져 왔다. Ng는 IETF 드래프트 문서를 통하여 멀티홈드 이동형 네트워크 지원을 위한 폭넓은 기술적 이슈들을 제안하였다^[6]. Wakikawa는 멀티홈드 모바일 라우터를 가지는 차량에서의 노드들이 외부와의 스트리밍 실험을 통해 그 성능을 검증했다^[7]. Engelstad는 멀티홈드 프로젝트 에드혹 네트워크에서의 실제적인 인터넷 액세스를 Mobile IP의 FA (Foreign Agent) 혹은 NAT의 프로토콜 수정을 통해 해결하는 방안을 제안했다^[8]. Kashihara는 멀티홈드 모바일 노드에서 다중 경로 선택 시 종단간 양방향 전송지연시간 (Round Trip Time)과 대역폭에 대한 탐색을 통해 보다 나은 경로를 선택하는 방식을 제시했다^[9]. Cho는 다중 모바일 라우터가 존재하는 상황에서 인근 모바일 라우터에 대한 인증 및 등록 절차 및 방법에 대한 연구와 지연시간을 기반으로 홈에이전트를 이용한 부하 분산 기법을 제안하고 있다^[11]. Paik은 멀티홈드 이동형 네트워크에서의 많은 기술적 이슈들을 제시하였고, 특히 부하 분산과 세션 유지에 대한 다중 모바일 라우터가 가지는 영향 분석을 수행하였다^[12]. 이중망간 핸드오버 기법에 있어서는 Song은 AHP (Analytic Hierarchy Process)와 GRA (Grey Relation Analysis)를 결합한 방안을 제안하고 있으며, 이는 다중 선택요소를 고려한 망선택 알고리즘을 포함하고 있다^[13].

2. 멀티홈드 이동형 네트워크 관련 이슈

본 논문에서는 차량과 같은 공동 이동체 내에서 혹은 전장 (battle field)과 같이 공동의 목적으로 가지고 움직이는 경우에 있어서, 모바일 라우터를 가진 각 모바일 에드혹 네트워크들이 임의적이며, 동적으로 모여 보다 큰 모바일 에드혹 네트워크로 구성되어 함께 이동한다고 가정한다. 즉, 중첩된 에드혹 네트워크 형태의 이동형 네트워크를 전제한다. 이들 모바일 라우터들은 하나 혹은 그 이상의 루트 모바일 라우터들을 소속된 이동형 네트워크에서 자율적으로 선택하여 외부 네트워크로의 공통 네트워크 인터페이스로서 사용한다. 각 모바일 에드혹 네트워크의 모바일 라우터들간의 관계는 피어-투-피어 (Peer-to-Peer) 즉 상호간에 대등한 관계성을 가지므로 어떠한 모바일 라우터라도 전체 이동형 네트워크에서 발생하는 트래픽을 안정적으로 처리하기 위해 부하 분산 및 통신 장애 회피 등의 목적으로 본 논문에서 제안하는 루트 모바일 라우터 선택 알고리즘에 따라 선택될 수 있다.

이 경우에 이동형 네트워크는 동적으로 변경 가능한 네트워크 접속 능력을 가지는 하나의 모바일 노드로 간주할 수 있다. 그러므로, 본 논문에서 제안하는 아키텍처를 동적인 이동형 네트워크라는 의미로서 DynaMoNET (Dynamic Mobile Network)으로 부른다. 앞서 언급한 바와 같이 DynaMoNET을 구현하기 위한 핵심 기술요소들로는 루트 모바일 라우터에서의 망간 핸드오버, 모바일 라우터 선택 알고리즘, 고속 루트 모바일 라우터 탐색 알고리즘, 통신 장애 회피 기법 및 끊어짐 없는 인터넷 연결성 지원 프로토콜 등이다. 그러나, 중첩된 이동형 네트워크에서의 핀볼 라우팅 문제를 해결하기 위한 경로 최적화 방안은 본 논문의 범위에서 제외한다.

III. DynaMoNET 아키텍처

1. 설계 요구사항 및 가정

기존 연구를 통해서 멀티홈디 이동형 네트워크의 효율적인 설계를 위해 몇가지 이슈들이 제시되었다^[14]. 이를 기초로 다음과 같은 DynaMoNET의 설계 요구사항들이 도출되었다.

- (1) 이동성 지원 프로토콜은 단일 홈에이전트 및 단일 MNP, 즉 (n, 1, 1) 모델과 다중 홈에이전트 및 다중 MNPs 모델, 즉 (n, n, n) 모델을 고려해야 한다.
- (2) 망전환 알고리즘은 사용자와 서비스 정책의 선호도를 다중 판단 요소에 기반해서 고려해야한다.
- (3) 다중 루트 모바일 라우터를 지원하기 위한 루트 모바일 라우터 유지 및 선택 메카니즘이 제시되어야 한다.
- (4) 이동형 네트워크 내에서 루트 모바일 라우터 고속 탐색을 위한 방안이 제시되어야 한다.

2. 네트워크 모델

본 논문에서 제안하고자 하는 동적인 멀티홈디 기반 이동형 네트워크인 DynaMoNET의 통신망 구조를 그림 1에 도시한다. 기본적으로 전제할 것은 통신환경면에서 다양한 무선이동통신망이 존재하며, 각 무선이동통신망들은 IPv6 기반의 인터넷을 통해 연동된다. 또한, 기본적인 글로벌 이동성 지원은 IETF MIPv6를 기반으로 하며, 단일 네트워크 인터페이스를 가지는 이동형 네트워크에 대한 지원은 NEMO basic support protocol을 이용한다^[4]. 각 모바일 사용자들은 자신의 WPAN을

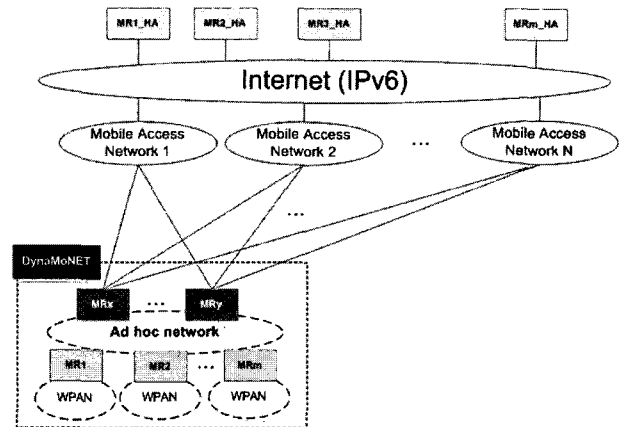


그림 1. DynaMoNET의 네트워크 모델
Fig. 1. The network model for DynaMoNET.

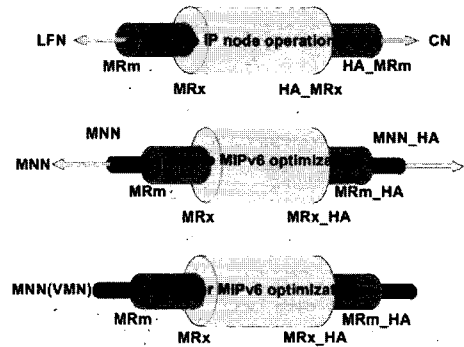


그림 2. IP 패킷 터널 구조
Fig. 2. IP Tunnel structure.

구성하고 있으며, 외부와의 인터페이스는 하나의 모바일 라우터를 통해 해결한다. 이때, 각 사용자들이 보유한 모바일 라우터는 멀티홈디되어 있어 다양한 무선이동통신망을 통해 인터넷에 접속할 수 있다.

DynaMoNET은 이러한 임의의 WPAN망들이 동적으로 모여 보다 큰 에드혹 네트워크를 구성하고 외부와의 연결은 이동형 네트워크 내의 고정적인 모바일 라우터를 사용할 수도 있으나, 본 논문에서는 네트워크 내에서 정해진 규칙에 의해 모바일 사용자들의 모바일 라우터들 중 선택된 하나의 모바일 라우터 혹은 다수개의 모바일 라우터가 안정적인 인터넷 연결성을 보장하는 통신망 구조를 가진다.

DynaMoNET 네트워크 모델에서 각 WPAN 내의 노드들은 LFN (Local Fixed Node) 혹은 VMN (Visiting Mobile Node)의 모드가 있을 수 있다. 각 모드에 따른 터널 구성을 그림 2에 제시한다.

3. DynaMoNET 핸드오버 프로토콜

이중 기술을 기반으로 한 다양한 이중망과의 연동은 MIPv6, NEMO 및 monami6 등의 IP 기반 프로토콜을

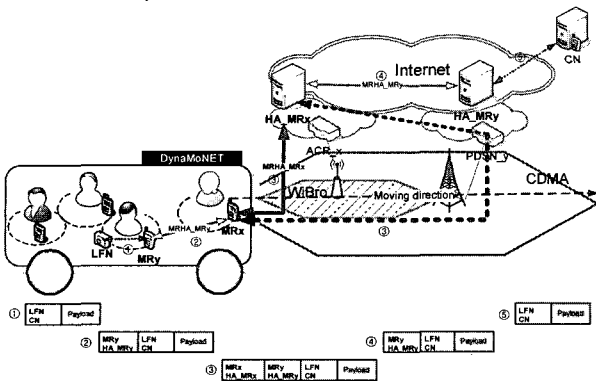


그림 3. DynaMoNET (n, 1, 1) 모델
Fig. 3. DynaMoNET (n, 1, 1) model.

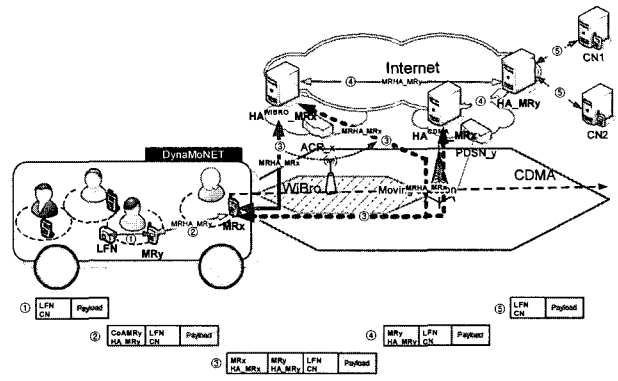


그림 5. DynaMoNET (n, n, n) 모델
Fig. 5. DynaMoNET (n, n, n) model.

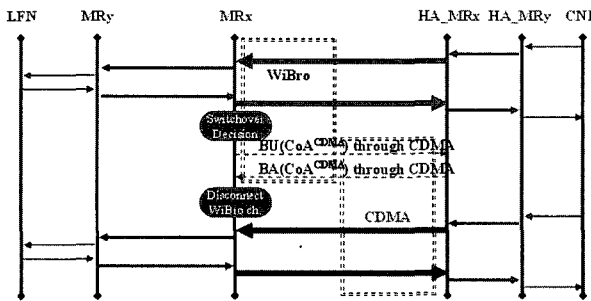


그림 4. (n, 1, 1) 모델에서의 핸드오버 프로토콜
Fig. 4. Handover protocol in (n, 1, 1) model.

통해 해결할 수 있다. 본 논문에서는 (n, 1, 1)과 (n, n, n) 모델로 그 범위를 제한한다. 그러나, 일반적인 (n, *, *) 모델에서의 홈에이전트간 동기화는 고려하지 않으며, 모바일 라우터의 동기화는 본 논문에서 제안하는 토큰 기반 루트 모바일 라우터 선택 알고리즘을 통해 이루어진다.

그림 3은 핸드오버 프로토콜 측면에서 단순한 아키텍처인 (n, 1, 1) 모델을 도시한다. 예를 들어, 자신의 WPAN을 구성하고 있는 모바일 사용자가 외부 네트워크 인터페이스를 가지고 있지 않은 버스, 즉 모바일 라우터가 없는 버스를 탔을 때, 버스 내의 다른 사용자의 모바일 라우터들과 자동으로 MANET을 구성하고 그들 간에 루트 모바일 라우터를 선택한다. 이렇게 선출된 루트 모바일 라우터는 버스 내의 다른 사용자들의 WPAN들을 대신하여 외부 네트워크에 대한 연결성을 제공하는 디폴트 모바일 라우터 역할을 수행한다. 블루투스를 탑재한 카메라와 같은 LFN (Local Fixed Node)와 CN 사이의 터널링 메커니즘을 그림 3의 하단부에 도시한다. 본 경우에 있어서 중첩망의 정도가 2이기 때문에, 터널 헤더는 이중으로 겹쳐있다.

그림 4는 본 시나리오에서의 핸드오버 절차를 보이고

있다. MRx가 네트워크 인터페이스들의 가용성을 탐지하고, 이들 중 하나의 네트워크로 전환할 것을 판단하였을 때, 본 시나리오는 (n, 1, 1) 모델이므로 CDMA와 WiBro 망들간에 통합된 홈에이전트를 통해 MIPv6 BU (Binding Update) 메시지를 전송한다. 등록 프로세스가 완료된 후, MRx는 이전 네트워크 인터페이스를 종료시킨다. 서로 다른 다중 경로를 동시에 사용하는 것은 본 논문에서 다루지 않도록 한다. MIPv6는 동시에 다중 CoA들을 지원할 수 없기 때문에, (n, 1, 1) 모델에서는 원칙적으로 오직 하나의 네트워크 인터페이스만이 외부로의 인터페이스로 허용된다. 그러나 Wakikawa는 IETF에 제출한 드래프트를 통해서 다중 CoA들을 지원하도록 홈에이전트와 캐쉬의 수정을 제안하고 있다^[15]. MRy에 할당된 MNP에는 변경 사항이 없기 때문에, DynaMoNET 내부의 노드들은 각각의 CoA를 갱신할 필요가 없다. 만일 디지털 카메라가 LFN (Local Fixed Node)이 아닌 VMN (Visiting Mobile Node)로서 동작하고 있다면, 그림 2에서 제시하는 바와 같이 해당 디지털 카메라와 자신의 홈에이전트 혹은 CN 사이에 터널이 하나 더 형성된다.

그림 5과 그림 6은 각각 (n, n, n) 모델의 서비스 시나리오와 핸드오버 시나리오를 보여주고 있다. 본 논문에서는 MR들의 홈에이전트들과 각 홈에이전트가 관리하는 MNP 공간이 서로 독립적이라고 가정한다. 따라서, 앞서 언급한 바와 같이 동일한 MNP 공간에 대한 홈에이전트 동기화 (HA Synchronization)는 본 논문의 범주 밖이다. 다중 홈에이전트들은 모바일 라우터 내의 인터페이스 당 하나의 HoA (Home Address)를 할당하고, 각 HoA는 인증된 해당 홈에이전트에 등록된다. DynaMoNET 아키텍처에서는 핸드오버 프로세스 중 끊어짐없는 연결성을 확보하기 위해 하나의 네트워크

인터페이스에 할당된 HoA가 다른 네트워크 인터페이스에 할당될 수 있어야 한다. IETF MIPv6는 다중 HoA들이 하나의 네트워크 인터페이스에 할당될 수 있는 오퍼레이션을 허용하고 있기 때문에, 이 메카니즘은 프로토콜 차원에서 가능하고 다만 구현 문제이다.

MRx가 새로운 네트워크로 전환할 것을 결정하게 되면, 기존 네트워크인 WiBro와의 연결을 해제하기에 앞서, MRx는 CDMA망으로부터 새로이 획득한 CoA^{CDMA} 주소를 가진 MIPv6 BU (CoA^{CDMA}) 메시지를 이용하여 CDMA 채널과 WiBro 채널을 통해 HA^{CDMA}_MRx와 HA^{WiBro}_MRx로 각각 전송한다. 전송된 BU에 대한 BA (Binding Acknowledgement) 처리가 완료된 후부터, HA^{WiBro}_MRx는 MRx에 할당된 MNP를 목적으로 가지는 모든 트래픽을 새로운 CoA인 CoA^{CDMA}를 터널의 목적지 주소로 하여 WiBro망이 아닌 CDMA망을 통해 전송한다. 이 절차를 통해서 WiBro망을 통해 전송되려던 패킷들은 CDMA 인터페이스를 통해서 전송되도록 경로 변경을 하게 되어, 패킷의 손실없이 안정적인 전송이 이루어지게 된다. 이 때, MRx의 CDMA 인터페이스는 HA^{WiBro}_MRx로부터 할당받은 HoA를 HA^{CDMA}_MRx로부터 할당받은 HoA와 함께 동시에 임시적으로 유지하고 해당 주소로 수신되는 패킷을 인식할 수 있어야 한다. 이는 HA^{WiBro}_MRx를 경유하여 CoA^{CDMA} 주소를 가지고 터널을 통해 전송되는 패킷을 허용하기 위함이다. 결과적으로 MRx가 WiBro 연결을 해제한 후에도 LFN과 CN1사이에서 유지되던 기존 세션은 그림 6에서 보이는 바와 같이 CDMA 네트워크를 통해서 유지될 수 있다.

HA^{CDMA}_MRx로부터 할당되는 새로운 MNP를 갖는 router advertisement 메시지를 받았을 때, MRy는 새로운 CoA를 생성하고 HA_MRy에게 해당 CoA 등록을

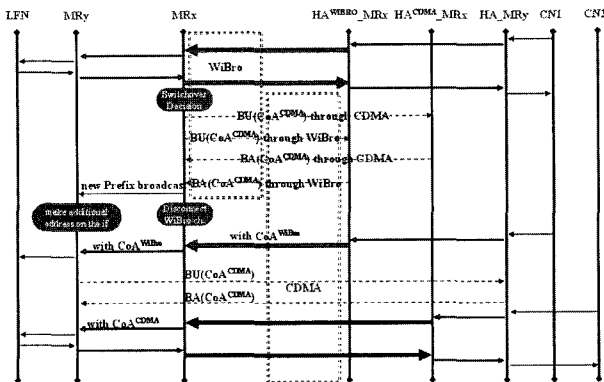


그림 6. (n, n, n) 모델에서의 핸드오버 프로토콜
Fig. 6. Handover protocol in (n, n, n) model.

시도한다. 만일 새로운 CN2가 LFN과 통신을 시도하려 한다면, 새로운 경로는 새로운 CoA^{CDMA}를 가지고 HA^{CDMA}_MRx를 경유하게 될 것이다.

4. 루트 모바일 라우터의 다중망간 전환 알고리즘

루트 모바일 라우터의 망간전환(network switchover) 혹은 수직적 핸드오버 (vertical handover)는 끊어짐없는 인터넷 연결성을 유지하기 위해 DynaMoNET 아키텍처에서 매우 중요한 기능이다. 앞서 II장에서 정리한 바와 같이 기존의 연구들 중에서 지능적인 다중 판단요소 기반의 선택 알고리즘인 AHP/GRA가 가장 대표적인 논문이다^[12].

본 논문에서는 망간 전환알고리즘으로서 Song이 제안한 AHP/GRA 방식을 채택하였고, 구현을 통해서 그 동작을 확인하였다. AHP/GRA 방식에서는 최적의 네트워크 판단에 영향을 미치는 다중 요소들간의 관계를 분석하고 GRC (Gray Relational Coefficient)를 기준으로 하여 각 옵션들을 평가한다. 옵션이란 예를 들어 UMTS, WiBro 및 WLAN 등 선택 가능한 네트워크를 의미한다. AHP/GRA 방식의 문제점들로는 효과적인 망선택을 위해 모바일 노드의 핑퐁문제를 고려하고 있지 않으며 더불어 신호세기를 다중 선택요소의 하나로 고려하고 있지 않다는 것이다. 이 알고리즘은 CDMA는

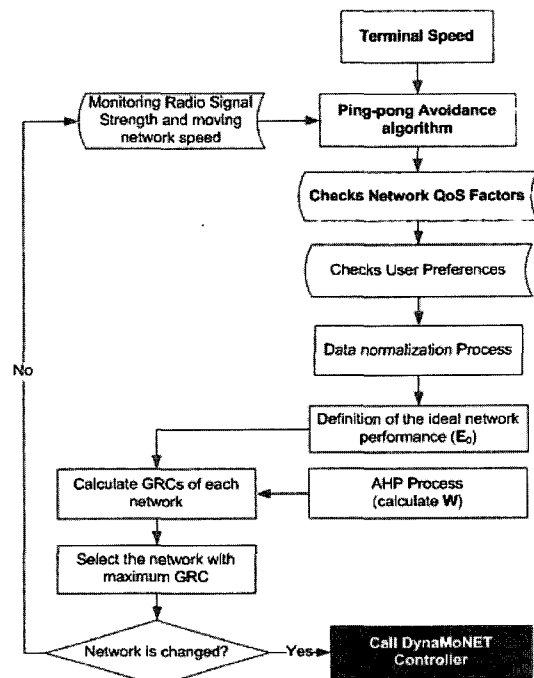


그림 7. 다중 선택요소를 기반한 다중망간 전환 알고리즘
Fig. 7. Network switchover algorithm with multi-optimal preferences for heterogeneous networks.

무조건 사용가능하고, 다른 옵션이 WLAN이 사용가능 성 여부를 파악하여 가능하면 다른 판단요소, 즉 대역 폭, BER, 보안성 및 패킷당 비용 등을 이용하는 방식을 취하고 있다.

본 논문에서는 신호세기 성분을 AHP/GRA 처리 시에 주요 요소로서 평가하였고, 평풍 문제 해결을 위해 단말 속도에 따른 차별적 히스테리시스 값을 적용할 수 있는 *hysteresis_function(terminal_speed)* 함수를 도입하였다. 보다 자세한 내용은 다른 논문을 통해서 소개하도록 하고, 본 논문에서는 듀얼모드 단말 소프트웨어 플랫폼 개발을 위한 핵심 요소로서 본 절에서 소개하는 기술을 개발 완료한 바 그 결과만을 제시하도록 한다. 그림 7 에 다중 선택요소를 기반으로 하는 다중망간 전환 알고리즘을 도시하고, 그림 8에 그 수행 결과를 보인다.

```

1. Initial selected network (1: CDMA, 2: WBro, 3: NONE) : 1
2-1. Normalized Radio Signal strength of CDMA (0 - 7) = 5
2-2. Normalized Radio Signal strength of WBro (0 - 7) = 2
3. The Speed of Mobile Terminal : (1)10 (2)60 (3)120 (4)250 (5)
4. Which network selection service do you want?

(1) Only RSS(Radio Signal Streth) based Network selection
(2) Cost based Network selection
(3) Throughput based Network selection
(4) Security based Network selection
(5) Channel Reliability

Select service which you want (1-5): 1
##### GRC on CDMA and WBro #####

GRC of CDMA: 1
GRC of WBro: 0.5

Multi-dimensional parameters of CDMA and WBro
-----
|           | CDMA | WBro |
|-----|-----|-----|
| Normalized RSS | 5.00 | 2.00 |
| Bandwidth (Mbps) | 0.70 | 1.50 |
| Delay (msec) | 100.00 | 10.00 |
| Radio BER | 1.00e-03 | 1.00e-04 |
| Security Level | 1.00 | 3.00 |
| Packet Cost (Won) | 30.00 | 10.00 |
|-----|-----|-----|
Keep CDMA network interface
#####

```

(a) 신호세기 중심 선택

```

1. Initial selected network (1: CDMA, 2: WBro, 3: NONE) : 1
2-1. Normalized Radio Signal strength of CDMA (0 - 7) = 7
2-2. Normalized Radio Signal strength of WBro (0 - 7) = 3
3. The Speed of Mobile Terminal : (1)10 (2)60 (3)120 (4)250 (5)
4. Which network selection service do you want?

(1) Only RSS(Radio Signal Streth) based Network selection
(2) Cost based Network selection
(3) Throughput based Network selection
(4) Security based Network selection
(5) Channel Reliability

Select service which you want (1-5): 2
##### GRC on CDMA and WBro #####

GRC of CDMA: 0.5155
GRC of WBro: 0.8065

Multi-dimensional parameters of CDMA and WBro
-----
|           | CDMA | WBro |
|-----|-----|-----|
| Normalized RSS | 7.00 | 3.00 |
| Bandwidth (Mbps) | 1.50 | 1.50 |
| Delay (msec) | 10.00 | 20.00 |
| Radio BER | 1.00e-05 | 1.00e-04 |
| Security Level | 1.00 | 3.00 |
| Packet Cost (Won) | 30.00 | 10.00 |
|-----|-----|-----|
WBro Network is selected and change to WBro
#####

```

(b) 비용 중심 선택

그림 8. 다중망간 전환 알고리즘 수행 결과
Fig. 8. Results of network switchover algorithm for heterogeneous networks.

5. DynaMoNET 모바일 라우터 시스템 구조

DynaMoNET의 모바일 라우터는 그림 9에 도시된 바와 같이 다음의 5개 주요 모듈을 포함한다 : DynaMoNET 모바일 라우터 제어기 (MRM : Mobile Router Manager), 모바일 라우터 선출 모듈 (MEM : MR Election Module), 고속 경로 탐색 모듈 (FRD : Fast Route Discovery), 다중 망간전환 판단 모듈 (NSD : Network Switchover Decision) 그리고 MIPv6 기반의 DynaMoNET 핸드오버 프로토콜 처리 모듈 (HPP : Handover Protocol Process) 등이다. 그리고, 이외에도 네트워크 컨버전스 계층에는 네트워크 상태 모니터 모듈 (NSM : Network Status Monitoring), 터널 인터페이스 매니저 (TIM : Tunnel Interface Manager), NDM (Network Device Manager) 및 다중 HoA 매니저 (MHM : Multiple HoA Manager) 등이 DynaMoNET의 제어부를 지원한다.

DynaMoNET MRM은 NSM으로부터의 L2 트리거링 이벤트를 수신하고, 이를 기반으로 모든 제어 모듈들을 관리한다. 트리거링은 NSM에 대해 폴링 기반 메카니즘으로 구현될 수 있고, 컴퓨팅 파워 보존 차원에서 보다 효율적인 방식으로는 이벤트 기반 혹은 인터럽트 기반으로도 구현될 수 있다. 이벤트를 받은 후에는, MRM은 네트워크 선택알고리즘을 수행하도록 NSD를 호출한다. 만일 평가결과가 네트워크 변경이라면, NSD는 MRM에게 트리거된 네트워크로 망전환을 수행하도록 호출한다. 이 시점으로부터 HPP의 제어 하에 그림 4와 그림 6에서 제시한 바와 같이 망의 특성에 따라 핸드오버 절차가 수행된다. 이때 동적인 터널 관리는 TIM이 수행하며, 그림 6

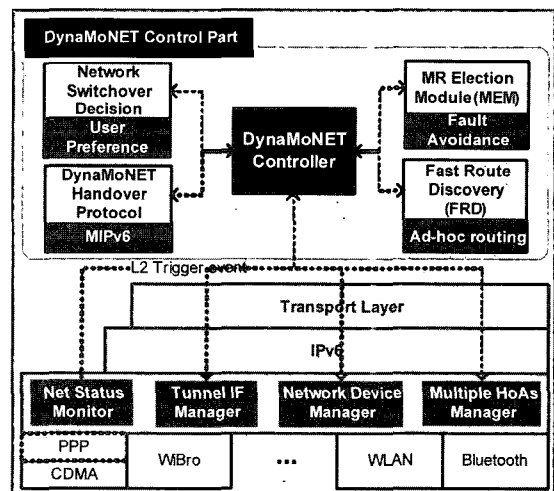


그림 9. DynaMoNET MR 시스템 아키텍처
Fig. 9. DynaMoNET MR System Architecture.

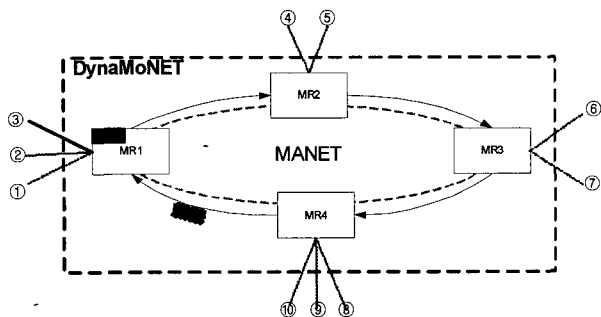
에서 보인 바와 같은 (n, n, n) 모델에서의 새로운 인터페이스에서 기존 인터페이스에 할당된 HoA 인식과 패킷처리를 위한 관리는 MHM가 수행한다.

IV. 통신 장애 극복 메커니즘

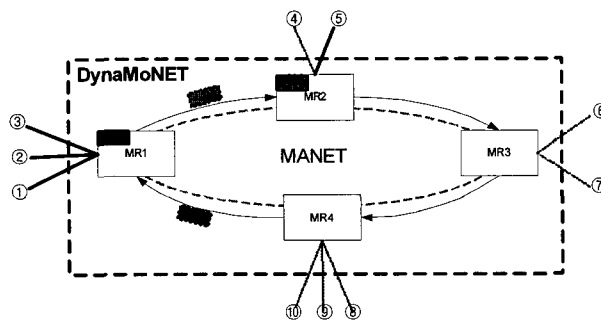
1. 모바일 라우터들간 논리링 형성 알고리즘

본 절에서는 루트 모바일 라우터가 될 수 있는 루트 모바일 라우터 대상 노드들 간의 논리적인 링 구조를 형성하는 메커니즘을 설명한다.

그림 10에서는 단일 토큰 모델과 다중 토큰 모델의 두가지 토큰 관리 방식을 제안한다. 토큰을 가진 모바일 라우터는 DynaMoNET 도메인 내에서 루트 모바일 라우터로서 동작할 권한을 갖는다. 만일, 그림 10 (a)에서 보이는 바와 같이 논리링 내에 하나의 토큰만이 존재할 경우엔 하나의 루트 모바일 라우터만이 선택될 수 있으며, 예제에서는 MR1이 루트 모바일 라우터가 된다. 이 경우에 MR1은 주 모바일 라우터 (Primary MR)로서 망전체의 QoS를 보장하고 통신 장애 상황을 극복하기 위한 역할을 수행한다.



(a) 단일 토큰 모델
(a) Single token model



(b) 다중 토큰 모델
(b) Multiple token model

그림 10. 토큰 기반 제어 모델
Fig. 10. Token-based control model.

표 1. MR간 논리적 링을 구성하기 위한 알고리즘
Table 1. The algorithm for establishment of logical ring among MRs.

Establishment of Logical Ring

```

MEM initializes data structures for DynaMoNET;
MEM of the primary MR makes logical ring map based on link
local addresses;
Sets the first root MT as the primary MR ;
Sets  $\tau_{MR}$  to a fixed period;
while(TRUE) {
    MEM broadcasts solicit_root_MR over ad hoc network;
    Receives candidate_root_MR messages;
    Set  $N_{candidates}$  to the number of messages;
    Registers the link local addresses with candidate root MR table;
    if ( $N_{candidates}$  is changed) {
        for ( $i = 0; i < N_{candidates} i++$ ) {
            Sorts candidate root MR table by addressing order;
            Makes unidirectional linked list in candidate root MR table;
        }
        MEM reliably sends the updated map to all candidates' link
        local addresses ;
    }
}
    
```

만일 그림 10 (b)가 보여주는 것 같이 주 모바일 라우터의 판단에 따라 논리링 내에 토큰이 여러 개 생성된 경우, 최대 논리링 내에서 토큰의 수만큼의 루트 모바일 라우터가 할당된다. 표 1은 DynaMoNET을 위한 논리링 구성 알고리즘을 보여준다.

여기에서 $N_{candidates}$ 은 루트 모바일 라우터 대상 노드들의 수이다.

2. 토큰 기반 루트 모바일 라우터 선택 알고리즘

토큰 기반 모바일 라우터 선택 알고리즘을 이용하여 몇가지 통신 장애 상황을 해결할 수 있다. MR1이 외부 네트워크 대역폭이 부족하다는 것을 탐지했다고 가정한다. 이때 가장 좋은 대처 방안은 통신 대역이 부족한 경로와 부하를 공유할 수 있는 또 다른 경로들을 형성하는 것이다. 주 모바일 라우터는 부족한 대역폭 문제가 해결될 때까지 토큰들을 생성해 간다. 주 모바일 라우터는 토큰 생성권한 뿐만 아니라 루트 모바일 라우터에 의해 놓인 토큰을 제거할 수 있는 권한도 가지고 있다. 토큰을 가진 루트 모바일 라우터는 자신을 통해 송출되는 트래픽 수준이 일정 시간동안 특정 임계치 이하를 유지할 때 토큰을 풀어 줄 수 있다.

논리링으로 풀려나간 토큰은 논리링구조를 따라 회전하게 되고 해당 토큰을 제거할지를 결정하는 주 모바

표 2. 통신 장애 회피를 위한 토큰 제어 알고리즘
Table 2. Token Control Algorithm for Fault Avoidance.

```

Token Control Algorithm for Fault Avoidance
while(TRUE) {
  Monitors fault conditions;
  if ( $\Delta_i < \lambda_i$  or  $C_{MR} < T_{MR}$  or  $RSS_{active\_if} == 0$ ) set fault_state to TRUE;
  if(fault_state == TRUE) {
    switch(policy) {
      case SINGLE_ROOTMR:
        Sends token to  $P_{next}$  node;
        Waits for response from  $P_{next}$  until the reserved time;
        if no response within the timer) retransmits 3 times;
        else received positive response from  $P_{next}$  or others next to  $P_{next}$  & prefix broadcast from the answerer then break;
      case MULTI_ROOTMR:
        switch(fault_option){
          case TRAFFIC_OVERLOAD:
            Generates a new token &  $N_{token}++$ ;
            Sends the token to  $P_{next}$  node;
            Waits for response from  $P_{next}$  until the reserved time;
            if(no response within the timer) retransmits 3 times;
            else received positive response from  $P_{next}$  or others next to  $P_{next}$  & prefix broadcast from the answerer then break;
          case BREAKDOWN_NETIF:
          case SHORTAGE_BATTERY:
            Sends token to  $P_{next}$  node;
            Waits for response from  $P_{next}$  until the reserved time;
            if(no response within the timer) retransmits 3 times;
            else received positive response from  $P_{next}$  or others next to  $P_{next}$  & prefix broadcast from the answerer then close all egress network interfaces;
            break;
        }
      }
    }
  }
}

```

일 라우터인 MR1에 도달한다. 표 2는 위의 동작을 구현하는 알고리즘을 제시한다. 본 논문에서는 다음과 같은 세 가지 통신 장애 상황을 정의한다.

- 1) 트래픽 오버로드
- 2) 배터리 용량 부족 상황
- 3) 네트워크 인터페이스 장애

여기에서 N_{token} : 주 모바일 라우터에 의해 생성된 토큰의 수, 초기값은 1이다.

P_{next} : 논리링 내에서 다음 노드를 지시하는 포인터이며, 값은 IPv6 링크 로컬 주소

λ_i : ith 네트워크 인터페이스를 통해 들어오는 트래픽을

Δ_i : 루트 모바일 라우터의 ith 네트워크 인터페이스의 임계 대역폭

C_{MR} : 루트 모바일 라우터의 가용 배터리 용량

RSS_{active_if} : 활성 인터페이스에서 탐지된 무선 신호 세기

3. 고속 루트 모바일 라우터 탐색 알고리즘

통신 서비스를 제공함에 있어서 특정 소수의 구성원이 전체 리소스의 대부분을 차지하는 이른바 트래픽 편중 현상 (Traffic favoritism)이라는 흥미로운 현상이 있다. 이는 통신 혹은 네트워크 차원에서 뿐만 아니라 사회 전반적인 차원에서도 관찰된다. 네트워크 트래픽의 패턴 관찰을 통해서, 일반적으로 네트워크 노드의 대부분 트래픽이 몇몇 특정 노드들로 집중되는 것이 증명되었다^[16].

본 논문에서 제안하는 FRD (Fast Route Discovery) 알고리즘은 DynaMoNET 내에서 트래픽 편중 현상을 보이는 루트 모바일 라우터를 찾아 최적의 경로를 빠르게 탐색하도록 한다. FRD 알고리즘은 기반 라우팅 프로토콜이 아니고 기본적인 라우팅 알고리즘의 성능을 향상시키기 위한 보조적 알고리즘이기 때문에, AODV (Ad-hoc On-Demand Distance Vector)나 DSR (Dynamic Source Routing)과 같은 리액티브 에드혹 라우팅 프로토콜과 연동하여 운용되도록 설계된다.

기본적인 아이디어는 트래픽 편중 현상을 보이는 노드들에 대한 경로 탐색을 고속화하기 위해 기존 리액티브 라우팅 프로토콜에 부가적인 RREQ (Route Request) 메시지를 추가하는 것이다. 또한 에드혹 라우팅 테이블 내에 각 엔트리에 대해 카운터 (Counter)와 Is_Sel_RREQ 의 두 항목들이 새로이 추가된다. 각 노드는 패킷을 전송할 때 패킷 타입을 검사한다. 만일 데이터 패킷일 경우엔 카운터가 해당 목적지 주소에 대하여 증가하게 된다. 특정 목적지에 대해 전송된 패킷의 수는 쉽게 알 수 있다. 이때, 제어 패킷에 대해 고려하는 것은 트래픽 패턴 분석을 방해하므로, 카운터의 값은 RREQ나 RREP와 같은 제어 패킷에 대해서는 증가되지 않는다. 트래픽 편중 현상을 가진다고 선택된 노드들의 최대 수는 MAX_NUM_FRD 에 의해 제어된다.

$RREQ_Entry_Selection_Time$ 를 자주 액세스하는 노드를 선택하는 시간 간격이고 Sel_RREQ_Time 를 추가된 RREQ 메시지를 전송하는 시간 간격으로 정의한다. 각 모바일 노드는 라우팅 테이블 엔트리 내의 카운터 값들을 검색하고 가장 높은 값을 갖는 $RREQ$

Entry_Number 노드들을 결정한다. 이 때, 이들 선택된 노드들의 *Is_Sel_RREQ* 값들은 1로 설정된다. DynaMoNET 내의 각 노드들은 해당 트래픽 편중 현상을 가지는 대상 노드들에 추가적인 RREQ 메시지를 매 *Sel_RREQ_Time* 시간마다 전송하여 경로를 추적한다. 이후 네트워크의 변화에 빠르게 적응하기 위해서 라우팅 테이블 엔트리 내의 해당 카운터의 값은 다시 영(zero)으로 초기화된다. 이러한 절차는 순차적으로 매 *RREQ_Entry_Selection_Time* 마다 반복된다. 이를 통해 패킷은 가장 높은 액세스 빈도를 가진 목적지에 대해 보다 빠르고 안정적인 방식으로 전송될 수 있다.

루트 모바일 라우터는 DynaMoNET 내에서 본질적으로 트래픽 편중 현상을 가지기 때문에, FRD 알고리즘에서 가장 높은 액세스 빈도를 가지게 된다. 루트 모바일 라우터로 선택된 모바일 라우터가 라우터 광고 메시지를 DynaMoNET 내에 브로드캐스팅할 때, 각 모바일 라우터는 루트 모바일 라우터에 대한 엔트리를 생성한다. 만일 필요할 경우, 카운터 값과는 상관없이 *Is_Sel_RREQ* 플래그를 1로 설정할 수 있다. 물론, 루트 모바일 라우터의 수는 *MAX_NUM_FRD*에 산입된다. 만일 늦게 루트 모바일 라우터로서 선택되었고 해당 루트 모바일 라우터를 위해 할당할 수 있는 슬롯이 없을 경우, 가장 낮은 카운터 값을 가지는 일반 모바일 라우터 혹은 일반 노드의 *Is_Sel_RREQ* 플래그는 리셋되어 나중에 루트 모바일 라우터에 선택된 노드를 위해 할당 슬롯을 비워주게 된다.

그림 11은 FRD에 의해 이루어진 성능 향상도를 도식적으로 보여주며, 표 3은 FRD-AODV와 FRD-DSR

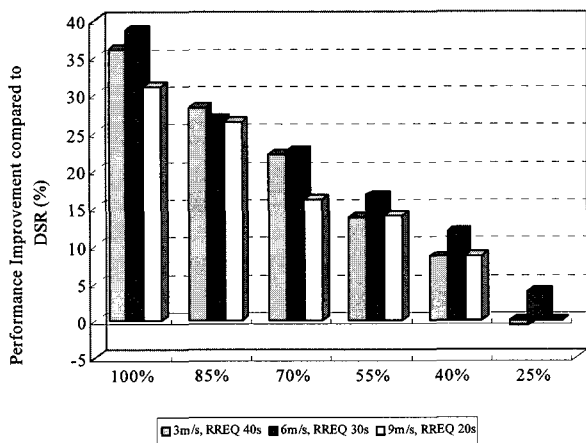


그림 11. 전송 지연 시간에 대한 성능 향상 결과(%)
Fig. 11. The result of performance enhancement in terms of delivery delay time(%).

표 3. FRD-AODV와 FRD-DSR 간의 비교 평가
Table 3. The performance comparison between FRD-AODV and FRD-DSR.

	100%	80%	70%	55%	40%	25%	mean
3m/sec 40s	0.34	0.32	0.82	1.08	-0.95	3.02	0.77
6m/sec 30s	0.98	0.58	0.84	0.84	-0.26	0.8	0.63
Average	0.66	0.45	0.83	0.96	-0.605	1.91	0.70

간의 성능 향상도 비교를 보인다. 이들 결과를 통해서, FRD를 도입하는 것이 기본적인 리액티브 에드혹 라우팅 프로토콜의 메카니즘과는 큰 관계가 없이 전송 지연 시간을 크게 단축하고 있음을 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 다중 네트워크 인터페이스를 가지고 이동하는 동적인 에드혹 네트워크와 관련된 문제점들을 해결하기 위해 새로운 이동형 네트워크 아키텍처인 DynaMoNET을 제안한다. 끊어짐 없는 인터넷 연결성을 지원하기 위한 DynaMoNET에서의 주요 이슈는 다중망간 전환 알고리즘, 통신 장애 회피 및 부하 분산 메카니즘을 구현하기 위한 모바일 라우터들간의 링구조 구성 메카니즘, 토큰기반 루트 모바일 라우터 선택 알고리즘 및 고속 루트 모바일 라우터 탐색 메카니즘 및 모바일 라우터의 시스템 구조 설계 등이다.

다중망간 핸드오버 프로토콜은 다중망 인터페이스나 다중 홈이전트 환경을 고려하고 있지 않은 NEMO basic support protocol을 기반으로 설계되었다. DynaMoNET에서는 이를 다중 CoA 등록 메카니즘을 이용하여 해결하였다. 핸드오버 절차는 망간 전환 모듈이 다중 판단 요소인 무선신호세기, 대역폭, BER, 패킷요금 등을 AHP/GRA 알고리즘에 의해 계산된 판단에 의해 트리거된다. 부가해서 단말기의 속도에 기반한 히스테리시스 함수를 핑퐁 문제를 해결하기 위해 사용되었다. 본 논문에서는 통신 장애 발생에 따른 문제해결을 위해 토큰기반의 루트 모바일 라우터 선택 알고리즘을 제안했다. 마지막으로 DynaMoNET 내에서 트래픽 편중 현상을 가지는 루트 모바일 라우터의 경로를 보다 빨리 탐색하기 위해 FRD 알고리즘이 도입되었다.

참고 문헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC 3775, June 2004.
- [2] H. Y. Jung, E. A. Kim, J. W. Yi and H. H. Lee, "A Scheme for Supporting Fast Handover in Hierarchical Mobile IPv6 Networks," ETRI Journal, vol.27, no.6, Dec. 2005, pp. 798-801.
- [3] T. Ernst, "Network Mobility Support Goals and Requirements," IETF draft-ietf-nemo-requirements-05, October 24, 2005.
- [4] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu and P. Thubert, "Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol," IETF RFC3963, January 2005.
- [5] H.-Y. Lach, C. Janneteau, A. Petrescu, "Network mobility in beyond-3G systems," IEEE Communications Magazine, Volume 41, issue 7, July 2003 Page(s):52 - 57.
- [6] C. Ng, E. Paik, T. Ernst, M. Bagnulo, "Analysis of Multihoming in Network Mobility Support," IETF draft-ietf-nemo-multihoming-issues-04, October 24, 2005.
- [7] R. Wakikawa, T. Yokota, K. Tasaka, H. Horiuchi, K. Uehara and J. Murai, "Experimentation of networked vehicle with multihomed mobile router," VTC-2005-Fall, Volume 1, 28-25 Sept., 2005 Page(s):334 - 338.
- [8] P. E. Engelstad, A. Tonnesen, A. Hafslund and G. Egeland, "Internet connectivity for multihomed proactive ad hoc networks," IEEE International Conference on Communications Volume 7, 20-24 June 2004 Page(s): 4050 - 4056.
- [9] S. Kashiwara, T. Nishiyama, K. Iida, H. Koga, Y. Kadobayashi and S. Yamaguchi, "Path selection using active measurement in multi-homed wireless networks," Applications and the Internet, 2004. Proceedings. 2004 International Symposium on 2004 Page(s):273 - 276.
- [10] N. Montavont, T. Noel and T. Ernst, "Multihoming in nested mobile networking," SAINT 2004 Workshops on 26-30 Jan. 2004 Page(s):184 - 189.
- [11] S. H. Cho, J. K. Na and C. K. Kim, "A dynamic load sharing mechanism in multihomed mobile networks," ICC 2005 16-20 May 2005 Page(s):1459 - 1463 Vol. 3.
- [12] E. K. Paik, H. S. Cho, T. Ernst and Y. H. Choi, "Load sharing and session preservation with multiple mobile routers for large scale network mobility," The proceedings of AINA 2004: Page(s):393 - 398 Vol.1.
- [13] Q. Song and A. Jamalipour, "Network selection in an integrated wireless LAN and UMTS environment using mathematical modeling and computing techniques," IEEE Wireless Communications, Volume 12, Issue 3, June 2005 Page(s):42 - 48.
- [14] N. Montavont, R. Wakikawa, T. Ernst, C. Ng and K. Kuladinithi, "Analysis of Multihoming in Mobile IPv6," IETF draft-montavont-mobileip-multihoming-pb-statement-05.txt, October 27, 2005.
- [15] R. Wakikawa, K. Uehara and T. Ernst, "Multiple Care-of-Addresses Registration," IETF draft-wakikawa-mobileip-multiplecoa-04.txt, June 2005.
- [16] A.-L. Barabasi, "LINKED," Penguin, June 2003.

저자 소개



김원태(정회원)

1994년 2월 한양대학교 전자공학과 학사 졸업.

1996년 2월 한양대학교 전자공학과 석사 졸업.

2000년 8월 한양대학교 전자공학과 박사 졸업.

<주관심분야 : 유비쿼터스 컴퓨팅, 통신 아키텍처, 임베디드 시스템>