

## 네트워크 이동성을 위한 인터넷 연결성 제공 및 경로 최적화<sup>1</sup>

정하율<sup>o</sup>, 김윤국, 안순신  
고려대학교 전자컴퓨터공학과  
{yulyul<sup>o</sup>, dbs1225, sunshin}@dsys.korea.ac.kr

### Supporting Internet Connectivity and Route Optimization for Network Mobility

Hayul Jung<sup>o</sup>, Yunkuk Kim, Sunshin An  
Dept. of Electronics and Computer Eng, Korea University

#### 요 약

이 논문에서는 Wireless Network Mobility(NEMO) 환경하에서 지속적인 인터넷 연결성을 지원하고 또한 multi-angular routing 을 방지하여 최적화된 경로를 제공하기 위한 메커니즘을 제안한다. 이를 위해 각각의 NEMO 들은 parent-child 관계를 가지는 계층적 멀티 홉 NEMO 구조로 표현하고, 네트워크 이동성을 제공하기 필요한 최소한의 Mobile IPv6 Extension 에 대해서 설명한다. 또한 Wireless NEMO 환경하에서 hop by hop 터널링 기법을 이용한 최적화된 라우팅 동작에 대해 기술한다.

#### 1. 서론

Mobile IP 의 Host Mobility 와 다르게, 네트워크 이동성(Network Mobility) [1]이란 네트워크 단위로 이동함으로써 인터넷과의 연결성이 변경되고, 이로 인해 인터넷 토폴로지에서의 reachability 도 바뀌는 것을 말한다. 이와 같은 네트워크는 인터넷에 연결될 수 있는 한 개 이상의 이동 라우터(Mobile Router; MR)를 포함하고 있으며, mobile network 라고도 한다. Mobile network 의 일반적인 예로는 여러 매체를 이용하여 인터넷에 연결된 운송수단(기차, 비행기, 택시, 버스 등)을 들 수 있다.

이러한 Mobile network 와 관련한 연구는 NEMO W/G [5]에서 수행하고 있으며, 제안된 기본 솔루션 [4]은 Mobile IP 와 유사하게 MR 과 MR 의 Home Agent(HA)간 양방향 터널링을 이용하여 세션 연속성을 유지하는 것이다. 이 접근방법은 최소한의 Mobile IP 프로토콜 변경으로 network mobility 를 가능하게 한다. 그러나 서로 다른 network prefix 를 가진 여러 개의 mobile network 들이 무선 환경하에 전개되어 있는 경우 지속적인 네트워크 이동성을 제공하기 위해서는 다음과 같은 문제점들을 추가적으로 해결해야만 한다.

첫째, 홉 네트워크로부터 이동한 MR 이 인터넷에 직접 연결된 Access Router(AR)로부터 1 hop 이상 떨어진 곳에 전개되는 경우, MR 은 이웃 노드(MR)들 중에서 인터넷과의 연결성을 유지하고 있는 mobile network 에 접속해야 한다. 만약 isolated MR 에 접속한다면 인터넷과의 연결성은 단절될 것이다.

둘째, 중첩된(nested) 또는 트리 기반 mobile network 환경에서의 경로 최적화이다. Mobile network 들은 서로 중첩되거나 또는 계층적인 트리 구조의 토폴로지로 구성될 수 있으며, 이와 같은 환경하에서 NEMO W/G 의 솔루션을 적용한다면 각 MR 들의 HA 의 위치에 따라 매우 비효율적인 라우팅을 하는 multi-angular 라우팅 문제 [2]가 발생한다. 따라서, 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 무선환경하의 mobile network 가 지속적으로 인터넷과의 연결성을 유지하고 또한 최적의 경로로 라우팅 할 수 있는 구조를 제안하였다. 논문의 구성은 다음과 같다. 무선환경하에서 mobile network 와 인터넷 간의 packet routing 을 지원하기 위한 계층적 멀티 홉 NEMO 구조를 제 2 절에서 묘사하였고, 계층적인 경로 최적화 방안과 결론을 각각 제 3 절 및 4 절에 기술하였다.

#### 2. Hierarchical Multi-hop NEMO Architecture

##### 2.1 Extended MIPv6 Messages

Extended RA 메시지 - Router Advertisement(RA) 메시지를 전송한 라우터가 AR 인지 또는 MR 인지를 구별하기 위해 RA 메시지의 Prefix Information option 내의 'reserved 1' 필드에 'D' 플래그를 추가하였다. 만약 수신된 RA 메시지에서 이 플래그가 set 되어 있으면, 이 메시지를 송신한 라우터는 MR 이고 'network prefix' 필드에는 NEMO 의 노드들을 위한 Delegate Care-of Address(DCoA)이 포함되어 있다는 것을 의미한다. 이 경우 network prefix 는 송신 라우터의 address 와 'Prefix Length'로 계산된다. 만약 이 플래그가

<sup>1</sup> 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성□지원사업의 연구결과로 수행되었음

unset 되어 있으면 이 메시지를 송신한 라우터는 AR 이고 'network prefix' 필드는 ICMPv6 Prefix Information Option 스펙에서 정의된 network prefix 의 용도로 사용된다.

또한, MR 들 간의 parent-child 관계를 설정하기 위해 RA 메시지 내에 'NLevel' 필드를 추가하였다. 이 필드는 root-MR 로부터 거리(홉)에 의해 증가되는 값으로 정의되고 최초 root-MR 에 의해 0 으로 세팅된다.

Extended Binding Update (BU) 메시지 - 제안된 구조에서 BU 메시지는 MR 자신의 HA 뿐만 아니라 MR 이 속해 있는 도메인내의 root-MR 에게도 자신의 위치를 등록하는 메시지로 이용된다. 이를 구별하기 위해 reserved 필드에 'D' 플래그를 추가하였다. 이 플래그가 set 되어 있으면 이 메시지는 root-MR 에 등록하기 위한 BU 메시지로써, 'Care-of Address' 필드에는 MR 의 Local CoA 가 포함되어 있다는 것을 의미하고, 만약 unset 되어 있는 경우에는 자신의 HA 에 전송되는 BU 메시지로써 'Care-of Address' 필드에는 mobile network 에 있는 모든 노드들을 위한 DCoA 값이 포함된다.

2.2 Tree-based Multi-hop NEMO Scheme

무선 송수신기를 갖는 MR 이 홈 네트워크로부터 다른 지역으로 이동했을 때, 자신의 전송 범위 안에 있는 모든 라우터(MR 또는 AR)로부터 전송된 RA 메시지들을 수신할 수 있다. 만약 MR 이 extended RA 메시지를 수신하면, 이 메시지를 송신한 라우터가 자신의 parent MR 임을 인식하게 된다. 그러나 MR 이 [3]에서 정의된 normal RA 메시지를 받게 되면, 이 메시지를 송신한 라우터는 AR 임을 알게 되고 자신은 NEMO 의 도메인에서 root-MR 로 동작하게 된다.

Root-MR 에서 자신의 위치정보를 HA 에 등록하는 동작은 NEMO W/G 의 기본 솔루션에서 제시하는 과정과 동일하다. HA 에 대한 등록이 완료된 후, root-MR 은 Prefix Information option 안의 'Network Prefix' 필드에 자신의 CoA 를 포함하고 또한 'NLevel' 필드를 0 으로 세팅한다. 그리고 나서 이 extended RA 메시지를 브로드캐스트한다.

만약 root-MR 의 전송 범위 내에 또 다른 MR 들이 전개되어 있는 경우 root-MR 에서 전송된 이 extended RA 메시지를 수신할 수 있다. 이 경우 MR 들은 extended RA 메시지 내의 'D' 플래그와 'NLevel' 필드를 체크하여 자신이 또 다른 mobile network 에 child mobile network 로 접속할 수 있음을 인식하게 된다. Extended RA 메시지를 수신한 child MR 은 인터넷에 접속하기 위해 자신의 Binding Cache 에 root-MR 에 대한 경로 정보를 저장하고 network level 을 1 만큼 증가시킨 후 이 메시지를 다시 브로드캐스트한다. 또한 parent MR 도 child MR 들이 전송한 extended RA 메시지를 수신할 수 있다. 이 경우, parent MR 은 'NLevel' 필드를 체크하여 이 메시지를 송신한 라우터가 자신의 child MR 임을 알게 되며, 자신의 Binding Cache 에 child mobile network 에 관한 정보를 저장하고, 이 메시지는 재전송하지 않는다.

일반적으로 AR 로부터 1 hop 이상 떨어져 있는 MR 들은 직접적으로 인터넷에 액세스 할 수 없다. 즉 NEMO 도메인 내에 전개된 Child MR 들은 인터넷에 액세스하기 위해서는

자신의 parent MR 을 이용하여 root-MR 을 경유해야만 한다. 그러므로 end-point MR 은 extended BU 메시지를 이용해 자신의 HA 뿐만 아니라 root-MR 에 자신의 위치 정보를 등록해야 한다.

이와 같이 자신의 홈 네트워크로부터 이동한 MR 이 처음으로 extended RA 를 수신하면 이 메시지를 송신한 라우터가 자신의 parent MR 임을 인식하게 된다. 그러나 parent MR 의 Lifetime 이 만료되기 전에 자신의 이웃들로부터 또 다른 RA 를 수신하게 되는 경우 그림 1 과 같이 핸드오프 결정 및 MR 들간 관계 설정을 하는 과정을 수행하게 된다.

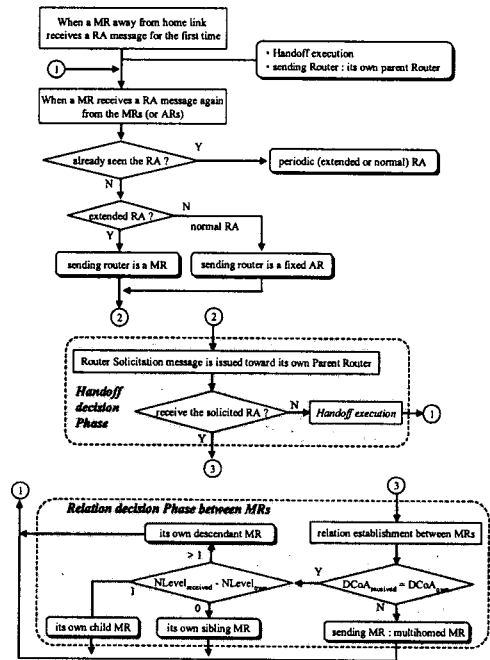


그림1. Decision Tree of Hierarchical NEMO Architecture

3. Route Optimization using Proposed Architecture

3.1 CN 에서 MNN 으로 패킷을 보낼 때

그림 2 는 CN (Correspondent Node)이 NEMO 도메인내의 MNN(Mobile Network node)에 패킷을 보낼 때의 라우팅 순서를 보여주고 있다. ①만약 CN<sub>LFN3</sub> 이 LFN3 에 대한 바인딩 정보를 가지고 있지 않으면 CN<sub>LFN3</sub> 으로부터 전송된 패킷들은 먼저 MR3 의 HA 가 있는 홈 링크로 전송된다. ② HA<sub>MR3</sub> 은 이 패킷들을 가로채서 LFN3 의 network prefix3 과 바인딩 되어 있는 DCoA1 로 터널링하여 전송한다. HA<sub>MR3</sub> 로부터 터널링된 패킷을 수신한 root-MR 은 이 패킷들을 decapsulation 한다. ③ root-MR 은 다시 LFN3 으로의 경로를 결정하기 위해 자신의 Binding Cache 를 검색한다. LFN3 과 Prefix3(mobile network 3)의 prefix 는 동일하기 때문에, root-MR 은 먼저 Prefix 3 에 바인딩 되어 있는 LCoA<sub>MR3</sub> 를 선택한다. 그리고 나서

LCoA<sub>MR3</sub> 를 가지고 또 다시 Binding Cache 를 검색한다. MR3 의 CoA 와 Prefix 2 가 공통의 prefix 를 갖고 있기 때문에 결국, root-MR 은 Binding Cache 에서 LCoA<sub>MR2</sub>(MR2 의 CoA)를 얻을 수 있다. ④ LFN3 으로의 경로 정보를 얻은 후, root-MR 은 먼저 MR3 로 보내기 위해 패킷들을 캡슐화한다. 그리고 나서 root-MR 은 터널링한 패킷을 MR2 로 직접 전송하기 위해 또 다시 캡슐화한 다음, 이 중첩 터널링된 패킷을 MR2 로 전송한다. ⑤ MR2 가 이 중첩 터널링된 패킷들을 수신하면 먼저 decapsulation 한 다음 이 패킷들의 목적지 주소를 가지고 자신의 Binding Cache 를 검색하여 MR3 로 패킷을 전송한다. ⑥ End-point MR3 에서, 패킷들은 decapsulation 되어 LFN3 으로 배달된다.

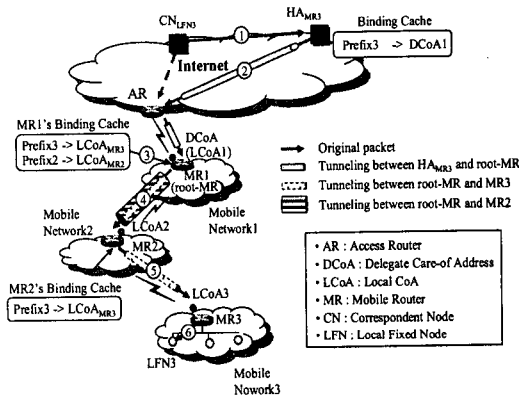


그림 2. Flow routing from CN to MNN

### 3.2 MNN 에서 CN 으로 패킷을 보낼 때

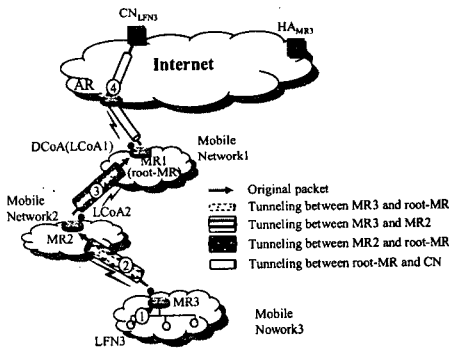


Fig. 9. Flow routing from MNN to CN

NEMO 도메인에 있는 MNN 이 자신의 CN 에게 패킷을 보낼 때, 이 패킷은 먼저 인터넷에 연결된 root-MR 로 보내기 위해 자신의 MR 에 의해 캡슐화 된다. 그리고 MR 은 자신의 parent MR 로 캡슐화된 패킷을 직접 전송하기 위해 또 다시 캡슐화 한다. 이 중첩 캡슐화된 패킷은 먼저 자신의 parent MR 로 전송된다. parent MR 은 이 패킷을 decapsulation 하고 또 다시 자신의 parent MR 으로 직접 전송하기 위해 이 패킷을 다시 캡슐화 한다. 즉, 이 패킷은 root-MR 과 end-

point MR 사이에 위치한 각 MR 들에 의해 연속적으로 캡슐화-캡슐해제 작업을 반복하게 된다. 이 패킷이 root-MR 에 도달하면, root-MR 은 이 패킷을 해제한다. 그리고 root-MR 이 접속된 AR 에서의 ingress 필터링을 통과하기 위해 다시 이 패킷을 터널링 한다. Root-MR 에 의해 터널링된 패킷은 AR 을 경유하여 CN 으로 전달된다. CN 이 이 터널링된 패킷을 decapsulation 하게 되면 이 패킷이 LFN3 에서 CN 으로 전송한 패킷이다. 그림 3 은 MNN 이 CN 으로 패킷을 전송할 때의 라우팅 흐름을 보여주고 있다.

### 4. 결론

이 논문에서 우리는 네트워크 이동성 환경하에서 지속적으로 인터넷 연결성을 제공함과 동시에 최적화된 라우팅을 하는 계층적인 멀티 홉 NEMO 구조를 제안하였다. 제안된 계층적 NEMO 구조를 적용하면 NEMO 도메인에 있는 모든 MR 은 자신의 전송범위 내에 있는 이웃 MR 들 중에서 인터넷에 연결된 upstream MR 을 구분할 수 있으며, root-MR 을 통해 인터넷과의 연결성을 유지할 수 있다. 또한 delegate CoA 를 이용한 최적화된 tree-based routing 을 함으로써 NEMO 도메인내의 노드들에게 향하는 모든 패킷들은 root-MR 로 직접 전송된 다음, parent-child 관계에 있는 MR 들을 경유하여 해당 노드에게 패킷이 전달된다. 따라서 제안된 방식에서는 multi-angular routing 문제가 발생되지 않는다.

다만 제안된 방식에서 경로 최적화를 수행하기 위해서는 root-MR 이 자신의 관리하는 도메인 안의 모든 MR 들의 위치 정보를 유지해야만 하고, 하위 계층의 MR 은 extended MIPv6 메시지를 이용하여 인터넷에 액세스 하기 위한 root-MR 의 정보(DCoA)를 알고 있어야만 한다. 따라서 빈번하게 이동되는 Mobile network 나 관리해야 할 NEMO 도메인이 크면 signaling overhead 와 root-MR 에서의 병목현상으로 인한 문제점이 발생할 수도 있다.

### 5. 참고 문헌

- [1] T.Ernst,, "Network Mobility Support Goals and Requirements", <draft-ietf-nemo-requirements-02.txt>, Feb., 2004
- [2] P. Thubert, M.Molteni, "Taxonomy of Route Optimization models in the Nemo Context", <draft-thubert-nemo-ro-taxonomy-02.txt>, Feb. 2004
- [3] T. Narten, E. Nordmark and W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)", RFC 1970, August 1996
- [4] Vijay Devarapalli, Ryuji Wakikawa and Pascal Thubert, "Nemo Basic Support Protocol", < draft-ietf-nemo-basic-support-00.txt>, June 2004
- [5] IETF NEMO WG, [http : //www.mobilenetworks.org/nem](http://www.mobilenetworks.org/nem)