

# 네트워크 이동성 환경에서 분산 바인딩 갱신 기법\*

김 훈<sup>0</sup>, 김진수, 양순옥, 이근호, 송의성, 황중선  
고려대학교  
{hoon<sup>0</sup>, cantor, soyang, root1004, ussong, hwang}@disys.korea.ac.kr

## Distributed Binding Update in Network Mobility Environment

Hoon Kim<sup>0</sup>, JinSoo Kim, SoonOk Yang, KeunHo Lee, Ui-Sung Song, Chong-Sun Hwang  
Dept. of Computer Science & Engineering, Korea University

### 요 약

네트워크가 이동하는 환경을 지원하기 위하여 IETF에서는 NEMO(NETwork MOBility)를 제안하였다. NEMO에서는 이동 네트워크 내부에 이동하는 노드를 가질 수 있기 때문에 이동 네트워크 노드와 이동 네트워크 간의 복잡한 구조로 인하여 중첩되는 라우팅 문제가 발생한다. 이로 인하여 이동 네트워크 환경에서의 라우팅 최적화에 관한 연구가 진행되고 있다. 하지만 라우팅 최적화는 홈 에이전트 또는 상대 노드와 직접 통신을 하기 때문에 이동 네트워크가 이동 시마다 갱신된 위치를 알려주어야 하며 이로 인하여 바인딩 갱신 폭풍 문제가 발생한다. 본 논문에서는 분산 바인딩 갱신 기법을 제안하여 바인딩 갱신 폭풍으로 인하여 발생하는 대역폭 감소와 바인딩 갱신 지연 문제를 해결하고 시뮬레이션을 통하여 제안기법의 성능을 분석하였다.

### 1. 서론

무선 네트워크 환경이 발전함에 따라 언제 어디서나 인터넷을 사용하려는 요구가 증가하고 있다. 사용자들은 자신의 다양한 형태의 단말기를 이용하여 무선 네트워크에 접속하는 것이 가능하다. 심지어 배, 기차, 버스와 같은 이동하는 교통수단에서도 단말기를 이용하여 무선 네트워크에 접속하는 것이 가능해졌다. 이동하는 교통수단과 같은 환경에서 제공되는 무선 네트워크를 효율적으로 지원하기 위해서 IETF(Internet Engineering Task Force) NEMO Working Group에서 네트워크 이동성(NETwork MOBility: NEMO)을 위한 NEMO 기본 지원 프로토콜을 제시하였다[1]. NEMO는 이동 네트워크 노드(Mobile Network Node: MNN)의 위치관리, 전력관리의 효율성을 제공하지만 NEMO 기본 지원 프로토콜의 한계로 여러 문제를 가진다. 대표적인 것이 이동 네트워크의 중첩된 구성으로 복잡해진 라우팅 경로이다. 라우팅 경로가 길어지면 데이터 전송에 지연을 가져오며 네트워크 전체의 부하를 증가시킨다. 최근의 연구는 라우팅 경로의 최적화에 관한 기법을 제시하고 있다. 그러나 대다수의 라우팅 기법들은 프로토콜이 복잡해 지면서 최적화를 위한 바인딩 갱신 폭풍(Binding Update Storm: BU storm) 문제 및 보안 문제 등을 가진다. 그림 1과 같이 이동 네트워크가 새로운 위치로 이동할 때 동시에 발생하는 BU(Binding Update) 메시지로 인한 지연 및 혼잡의 문제를 BU storm 이라고 한다[5]. 본 논문에서는 NEMO 환경에서 라우팅 최적화로 인한 BU storm 문제를 해결하기 위해 분산 바인딩 갱신 기법 (Distributed Binding Update: DBU)을 제시하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 관련연구, 3장에서 DBU 기법을 설명한다. 그리고 4장에서 시뮬레이션을 통한 성능분석을 살펴보고 5장에서 제안기법에 대한 결론과 함께 향후 연구의 방향을 제시한다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 NEMO 기본 지원 프로토콜

NEMO 기본 지원 프로토콜[1]은 MIPv6(Mobile IPv6)[2]에 기반을 두고 NEMO 환경을 지원하기 위한 프로토콜이며 MNN에 대한 지속적인 연결을 제공한다. 이동 네트워크는 이동 라우터 (Mobile Router: MR)라는 특정한 게이트웨이를 통해서만 접근이 가능하다. 또한 내부의 모든 노드들은 MR을 통하여 외부와 통신이 가능하다. MR은 하나의 호스트와 같이 동작하면서 동시에 라우터의 기능을 가진다. MR은 위치가 변경될 때마다 자신의 홈 에이전트(Home Agent: HA)에게 BU 메시지와 함께 내부의 네트워크 프리픽스 정보를 보낸다. MR의 HA는 BU 메시지를 받고 응답 메시지를 보내어 MR과 양방향 터널을 형성한다. MR의 HA는 네트워크 프리픽스 정보를 이용하여 이동 네트워크로 향하는 패킷을 가로채고 IP-in-IP 캡슐화를 통하여 이동 네트워크로 패킷을 전송한다.

NEMO 기본 지원 프로토콜은 단지 자신과 연결된 한 계층의 정보만 전송하기 때문에 중첩된 환경의 NEMO에서는 Pinball 라우팅 문제가 발생한다[8]. Pinball 라우팅은 상대 노드(Correspondent Node: CN)가 MNN으로 패킷을 전송할 때 MNN의 HA와 MR의 HA를 모두 거치는 복잡한 라우팅 경로를 가지게 된다. 이와 같은 라우팅 문제를 해결하기 위해서 여러 가지 라우팅 최적화 기법이 등장하였다.

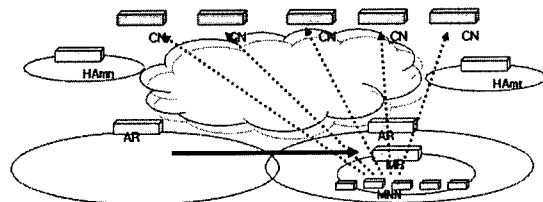


그림 1. BU storm 문제

\* 본 연구는 대학 IT연구센터 육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음

2.2 라우팅 최적화와 BU storm 문제

NEMO 기본 지원 프로토콜은 MNN로 향하는 패킷이 이동 네트워크를 구성하는 모든 MR의 HA와 MNN의 HA를 거쳐야 하는 매우 비효율적인 라우팅 경로를 제공한다. 따라서 최근의 NEMO에 관한 연구는 라우팅 최적화 기법을 중심으로 연구하고 있다. 라우팅 최적화는 다음과 같은 여러 가지 이점을 제공한다. 라우팅 경로가 짧아지면 MNN과 CN이 패킷을 전송하는데 걸리는 지연 시간이 줄어들고 이러한 장점은 향후 QoS를 지원할 수 있는 가능성을 제공한다. 짧은 길이는 네트워크 상의 링크를 사용하는 트래픽을 줄이며 이것은 전체 네트워크의 자원 활용도를 높인다. NEMO 기본 지원 프로토콜은 패킷이 경로를 거칠 때 마다 캡슐화를 통하여 전달하기 때문에 패킷의 크기가 점점 증가하게 된다. 라우팅 최적화는 경로를 줄여 캡슐화의 반복 회수를 줄이므로 패킷 크기의 증가를 감소시킨다. NEMO 환경에서 라우팅 최적화는 위와 같은 특징을 가지고 있으며 몇 가지 유형의 기법이 존재한다.

첫 번째는 MNN의 변경 없이 외부의 추가적인 라우터에 의한 방법이다[4]. 기반 시설의 도움으로 몇몇 게이트웨이 프로토콜을 사용하여 라우팅 테이블을 만들어 사용한다.

두 번째는 MNN과 MR이 라우팅 최적화에 참여하는 MR-to-CN 기법이다[5]. 이동 네트워크가 새로운 위치로 이동하면 MR이 새로운 CoA(Care Of Address)를 획득하고 이 주소를 자신의 네트워크 내부로 전파한다. MNN은 BU 메시지에 바뀐 MR의 주소를 포함하여 라우팅 최적화를 시행한다. [3][4]에서는 HMIPv6를 이용하여 MAP의 주소를 내부로 전파하여 라우팅 최적화를 시행하고 있다.

라우팅 최적화로 인하여 얻어지는 장점도 있지만 트레이드 오프가 존재한다. 대표적인 것이 최적화를 위한 추가적인 BU 메시지 전송 비용이다. 라우팅 최적화를 하려는 MNN이 많을수록 비용은 증가한다. 위에서 설명한 라우팅 최적화 기법 중 후자의 경우 이러한 BU storm 문제를 가지고 있으며 본 논문에서는 시간적으로 집중된 BU storm을 분산시켜 짧은 시간 동안 라우팅 최적화를 위한 바인딩 갱신이 이루어 지도록 DBU 기법을 제시한다.

3. DBU 기법

3.1 라우팅 최적화를 위한 바인딩 갱신 절차

본 논문의 기본적인 시스템 모델은 [4]에서 제안한 라우팅 최적화 기법을 적용한 NEMO 환경이며 [4]의 가장 기본적인 라우팅 최적화 기법의 절차는 다음과 같다.

1. MR은 새로운 위치로 이동하여 CoA를 생성하고 자신의 HA에 등록한다.
2. MR은 자신의 내부 네트워크로 새롭게 생성된 CoA를 전파한다.
3. MNN은 이동 네트워크가 새로운 위치로 이동한 것을 인지한다.
4. MNN의 BU 메시지에 MR의 CoA를 포함시킨다.
5. MR로 BU 메시지를 전송한다.
6. MR은 CN으로 직접 BU 메시지를 전달하여 양방향 터널을 형성한다.
7. MNN과 CN간의 모든 패킷들은 양방향 터널을 통하여 캡슐화 되어서 전송이 된다.

5번 과정에서 많은 수의 MNN들이 동시에 MR로 BU 메시지를 전송하려고 하여 BU storm이 발생한다.

3.2 BU 메시지의 분산화

BU 메시지를 동시에 전송하려는 MNN이 많은 경우 실제로 매체에 데이터를 전송하는 과정에서 충돌이 발생하여 전송 지연이 증가한다. 그 이유는 MAC계층에서 사용하는 백 오프

기법 때문이다. 백 오프 기법은 매체가 사용 중인지를 체크한 후에 사용 중이지 않다면 바로 데이터를 전송하고 만약 매체가 사용 중이면 충돌을 회피하기 위하여 일정시간을 기다린다. 일정 시간을 기다린 후 다시 전송 시도를 하여도 매체가 사용 중이면 기다리는 시간을 두 배로 늘리는 방법이다. MAC 계층의 충돌이 증가하면 대기 시간이 길어지고 매체의 사용률도 감소하게 된다[7]. BU 메시지는 짧은 시간 내에 HA 또는 CN에게 전달이 되어야 바인딩 갱신 지연으로 인한 패킷 손실을 줄일 수가 있기 때문에 백 오프 알고리즘에 의한 지연을 줄이는 것이 중요하다. BU storm은 짧은 순간 많은 메시지가 집중되는 현상이므로 메시지들의 전송 시도를 분산시키면 MAC 계층에서의 지연도 줄어들게 된다. BU 메시지의 분산은 3계층에서 랜덤하게 설정되는 전송 대기 시간을 이용한다. 이동 네트워크 내부에서 CN과 통신을 하고 있던 MNN은 MR의 라우팅 광고 메시지(Router Advertisement: RA)를 받자마자 BU 메시지를 보내지 않고 RA메시지에 포함된 대기 시간 정보를 이용하여 대기 시간을 설정한다. 대기 시간의 크기는 MNN의 수에 의하여 동적으로 결정된다. 이동 네트워크 내부에서 통신을 하는 MNN의 패킷은 MR을 통과하여 전송되어야 한다. 따라서 MR은 현재 자신의 네트워크 내부에서 통신하는 노드의 수를 알 수가 있다. MR은 새로운 위치로 이동 후에 자신의 내부에서 바인딩 갱신이 필요한 노드의 수에 타임슬롯 값을 곱하여 대기 시간을 설정하고 이 정보를 RA의 DBU 옵션에 넣어서 전파하게 된다.

그림 2은 DBU 기법을 보여준다. 대기 시간의 범위 내에서 <랜덤하게 선택되는 값 \* 타임슬롯> 이 실제로 MNN이 대기하는 시간을 의미한다. 그림 2에서는 랜덤으로 선택된 값이 3이며 3개의 타임슬롯 시간이 흐른 후 BU 메시지가 전송된다. 타임슬롯 값은 네트워크 대역폭의 부하를 측정하여 <BU 메시지 크기 / (대역폭 \* 처리율)> 로 구한다.

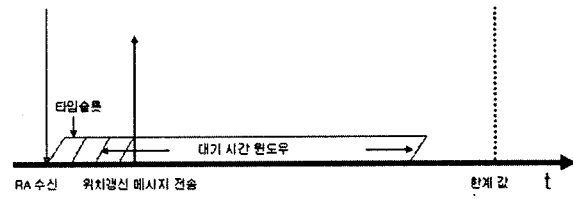


그림 2. DBU 기법

3.2 MNN 대기 시간 전송을 위한 메시지 포맷

바인딩 갱신에 필요한 대기 시간을 MNN에게 알려주기 위하여 MIPv6의 RA메시지에 새로운 플래그를 추가하였다. 추가된 D 플래그가 1로 세트 되어 있으면 DBU 옵션이 있는 것을 의미한다. 만약 플래그가 0으로 세트 되어 있으면 DBU는 사용되지 않으며 NEMO 기본 지원 프로토콜로 동작한다 그림 3는 변경된 RA메시지의 포맷을 보여준다.

0										1										2										3									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Type										Code										Checksum																			
Cur Hop Limit										M O H D Reser..										Router Lifetime																			
										Reachable Time																													
										Retrans Timer																													
Options ...																																							

그림 3. 변경된 RA 메시지 포맷

그림 4는 DBU 옵션 메시지 포맷으로 TLV(Type Length Value) 형태의 헤더 포맷을 가지며 MNN의 대기 시간 정보를 위한

타입슬롯 크기와 MNN수에 관한 정보를 가진 필드가 있다.

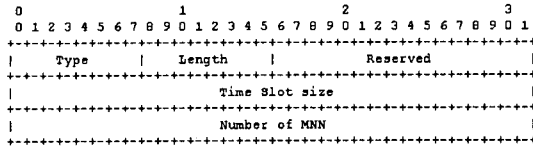


그림 4. DBU 옵션 메시지 포맷

4. 성능 평가

본 논문에서는 ns-2 시뮬레이터[6]를 사용하여 성능평가를 하였다. 실험에 사용된 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 파라미터

Application Agent	FTP
Routing Protocol	DSDV
Transport Protocol	TCP
MAC	IEEE 802.11
Node speed	5m/s
Number of Nodes	10
Wire link speed	10Mbps
Wireless link speed	2Mbps
Simulation Time	100s
Mean waiting time slot	1ms
Max Waiting time	30ms

이동 네트워크 환경과 동일한 네트워크를 설정하기 위하여 동일한 위치를 가지면서 이동 네트워크 내부에 존재하는 10개의 노드를 설정하였고 이동 네트워크의 이동 속도는 5m/s로 설정하였다. 이동 노드는 이동 네트워크와 같은 속도와 방향을 가지고 이동한다. 이동 네트워크는 AR(Access Router)와 2Mbps의 전송 속도를 가지는 WLAN을 사용하며 이동 네트워크 내부의 통신환경도 똑같이 설정하였다.

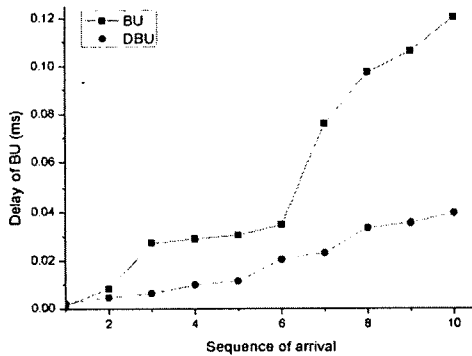


그림 5. BU 메시지 도착시간

그림 5는 10개의 노드가 동시에 발생시키는 BU 메시지가 MR에 도착하는 전송 시간을 측정한 결과 DBU 기법이 기존의 기법에 비하여 적은 지연을 가지는 것을 볼 수 있다. DBU 기법에서는 노드의 BU 메시지를 랜덤한 방법을 이용하여 분산시키는 효과를 가지며 이 때문에 전체 노드의 갱신 메시지 전송에 걸리는 시간을 줄일 수 있다. 그림 6은 FTP 통신을 하고 있는 노드에서 나머지 노드들의 BU storm이 발생하는 경우의 성능을 측정한 것이다. 순차적인 BU

메시지가 발생하는 시점에서는 많은 지연이 발생되고 이로 인하여 TCP의 혼잡 제어 윈도우의 크기가 작아지며 전체적인 처리율이 떨어진다. DBU 기법을 적용한 경우는 BU storm이 발생하지 않은 경우와 비슷한 수준의 처리율이며 기존의 기법보다 약 10%의 성능 향상을 보인다.

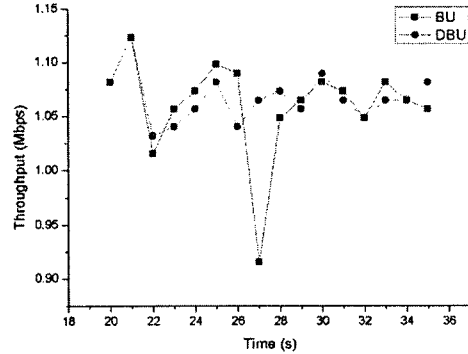


그림 6. DBU를 적용한 경우의 처리율

5. 결론 및 향후 과제

본 논문은 라우팅 최적화 기법을 적용한 NEMO 환경에서 BU storm으로 인한 BU 메시지 전송 지연 문제를 해결하기 위하여 분산 바인딩 갱신 기법(DBU)을 제안하였다. DBU는 랜덤하게 설정되는 대기 시간을 이용하여 집중된 메시지의 전송을 분산시키는 기법으로 MNN들의 BU 지연 시간을 감소시켜 이동 네트워크 내부의 대역폭에 미치는 영향도 감소시키고 있다. 향후 연구방향은 멀티미디어 애플리케이션이나 실시간 애플리케이션의 통신에서 효율적인 바인딩 갱신이 가능하도록 NEMO 환경에서의 바인딩 갱신 기법에 QoS를 지원하는 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] V. Devarapalli, "Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol," IETF, RFC 3963, Jan 2005.
- [2] D. B. Johnson, C. E. Perkins, and J. Arkko, "Mobility support in IPv6," IETF, RFC 3775, Jun 2004.
- [3] T. Inoue, N. Takahashi, and T. Miyazaki, "Hierarchical Location Management Scheme Based on Collaboration of Mobile Nodes," IEICE Trans. Commun., Vol. E87-B, No.3 Mar 2004.
- [4] Y. Takagi, "Route Optimization Methods for Network Mobility with Mobile IPv6," IEICE Trans. Commun., Vol. E87-B, No.3 Mar 2004.
- [5] C. Ng, P. Thubert, H. Ohnishi, and E. Paik, "Taxonomy of Route Optimization models in the NEMO Context," Internet Draft, draft-thubert-nemo-ro-taxonomy-04.txt, IETF, Feb. 2005, Work in progress.
- [6] NS-2 network simulator (ver 2) LBL, URL: <http://www.isi.edu/nsnam/ns>
- [7] Giuseppe Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function," IEEE JSAC, Vol. 18, No. 3 Mar 2000.
- [8] C. Ng, "Network Mobility Route Optimization Problem Statement," Internet Draft, draft-ietf-nemo-ro-problem-statement-00.txt, IETF, Jul 2005.