

NEMO 환경에서 RMTP를 지원하기 위한 개선된 경로 최적화 알고리즘

정회원 조인휘*, 김재영*

An Improved Route Optimization Algorithm for RMTP Support in the NEMO Environment

Inwhee Joe*, Jae-young Kim* *Regular Members*

요약

All IP 기반의 네트워크를 위해 이동 단말의 이동성을 지원하는 프로토콜이 현재까지 진행 중이다. 특히 NEMO(Network MObility)는 이동 단말 각각의 이동성을 지원하는 방법이 아닌 이동 단말 그룹, 즉 이동 네트워크의 이동성을 제공하는 것을 목적으로 연구되고 있다. 또한 이러한 환경에서 유선 기반의 기존 프로토콜을 통해 무선이라는 제약을 극복하고 마치 유선 통신처럼 성능을 유지하려는 연구가 진행 중이다. 특히 NEMO 환경에서 기존의 멀티캐스트 방식을 적용하려는 연구가 진행 중이지만, 신뢰성을 가진 멀티캐스트 연구는 전무하다. 따라서 본 논문에서는 NEMO 환경에서 기존 멀티캐스트에 보다 높은 신뢰성을 기반으로 제안된 RMTP(Reliable Multicast Transport Protocol)를 적용하는 방법을 고려하여, 기존 NEMO 환경에 RMTP를 적용하였을 때 발생하는 문제점을 해결하는 효율적인 알고리즘을 제안한다. 또한 본 논문에서 기존의 NEMO 환경에서 RMTP를 그대로 적용했을 때와 제안된 알고리즘을 Delay 측면에서 AR(Access Router)과 TLMR(Top-Level Mobile Router) 간의 전송 성공률과 NEMO 레벨에 따른 성능 비교를 통해 제안된 알고리즘의 우수함을 증명한다.

Key Words : NEMO, RMTP, Route optimization

ABSTRACT

There are lots of researches for mobility of MS(mobile station) in All IP based network. Specially, NEMO(NEMO Network MObility) is not supporting mobility of each MS but supporting mobility of network that include group of MS. Some research try to overcome limitation of wireless with the protocol in wired state and it maintains the performance such as wire environment. There are no researches about multicast with reliability in NEMO. Therefore, this paper suggests efficient algorithm to solve problems when RMTP(Reliable Multicast Transport Protocol) apply to NEMO environment to support high reliability with multicast. And this paper shows the better performance of proposed algorithm for delay and transmission rate between AR and TLMR comparing with RMTP in NEMO.

1. 서론

현재 네트워크의 급속한 발전을 통해 4G를 위한 통신 방법으로 LTE(Long Term Evolution)에 대한 연

구가 계속되고 곧 상용화를 앞두고 있다. 4G 네트워크의 궁극적인 목표인 All IP 네트워크에 한걸음 더 다가갔음을 알 수 있다. 또한 여러 WG(Working Group)을 통해 IP기반의 이동 단말의 이동성을 연구

* 한양대학교 컴퓨터공학부 이동네트워크 연구실 (iwjoe@hanyang.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-02-051, 접수일자 : 2010년 2월 3일, 최종논문접수일자 : 2010년 12월 28일

하는 계속되어 가고 있다. 특히 Mobile IP^[1,2]와 Hierarchical Mobile IP v6^[3], Fast Handoff for Mobile IP v6^[4], Proxy Mobile IP^[5] 등이 대표적인 기술이다.

하지만 이러한 기술은 이동 단말의 개별적인 이동성을 제공하기 위한 기술로 이동 단말 그룹의 이동을 관리하는 기술로는 부적합하다. 이에 IETF Mobility EXTensions for IPv6(MEXT) WG^[6]에서는 NEMO라는 기술을 제안하고 이를 통해 이동 단말 그룹의 이동성을 관리하고자 하였다. NEMO에서는 NBS(NEMO Basic Support) 프로토콜을 통해 최상위를 담당하는 MR(Mobile Router)이 이동성을 관리하도록 하고 하위의 이동 단말은 이동성 관리에 관한 어떠한 작업도 수행하지 않는다.

하지만 NEMO 환경에서 멀티캐스트를 위한 연구는 미비하고 특히 높은 신뢰성을 가진 멀티캐스트에 관한 연구가 전무하다. 이에 신뢰성이 높은 멀티캐스트 프로토콜인 RMTP^[7]는 멀티캐스트에 신뢰성을 추가한 기술 중에 하나이다. 따라서 본 논문에서는 NEMO 환경에서 RMTP를 지원하기 위해 효율적인 알고리즘을 제안하고자 한다.

제안하는 알고리즘은 RMTP를 효율적으로 지원하기 위해 Light-NEMO+를 통해 데이터의 경로를 최적화하고, 이동 단말이 TLMR을 구분하는 필드를 추가하여 MR이 자신의 홈 네트워크에 위치한 경우와 위치하지 않고 다른 네트워크로 이동하는 경우를 구분하여 동작하도록 하였다. 또한 하위의 단말에게 데이터를 수신하면 이를 캡슐화 과정 없이 상위의 MR에게 전달한다. 이를 통해 캡슐화를 줄임으로 오버헤드를 최소화 하였다. 따라서 MR은 이동 단말이 데이터를 송신하게 되면 캡슐화하지 않은 상태로 Light-NEMO+와 같이 동작을 한다.

II. 개선된 경로 최적화 알고리즘

NEMO 환경에서 RMTP 문제를 해결하기 위해서 경로 최적화 방법 중 하나인 Light-NEMO+^[8] 방식을 기반으로 한다. Light-NEMO+에서 사용한 프로토콜은 TLMR이 자신의 CoA와 이동 단말의 CoA를 TLMR의 CoA로 적절하게 맵핑함으로써 라우팅 경로를 간편화하고자 하였다. 본 논문에서는 NEMO가 Light-NEMO+를 기반으로 RMTP를 지원하고자 TLMR과 이동 단말의 CoA 뿐만 아니라 RMTP에 필요한 포트도 맵핑하는 방법을 사용하고자 한다. 본 논문에서는 TLMR의 버퍼는 굉장히 크고 고성능의 장

치임(L4)을 가정하고, 또한 이동 단말이 멀티캐스트를 조인하고자 할 때 Bi-directional 터널 방법을 사용하여 자신의 HA를 통해 멀티캐스트를 하고 데이터를 수신하는 방법을 사용한다고 가정한다.

먼저 제안되는 알고리즘은 그림 1과 같다. 이동 단말이 TLMR을 구분하는 R 필드가 '1'인 RA를 수신하게 되거나 MR이 자신의 홈 네트워크에 위치해 있지 않고 다른 네트워크로 이동한다면 MR은 RA의 R 필드를 '1'로 셋팅한다. 이를 받은 또한 하위의 단말에게 데이터를 수신하면 이를 캡슐화 과정 없이 상위의 MR에게 전달한다. 이를 통해 캡슐화를 줄이도록 한다. 따라서 MR은 이동 단말이 데이터를 송신하게 되면 캡슐화하지 않고 Light-NEMO+과 같이 동작을 하게 된다. RMTP를 위한 Light-NEMO+를 개선한 알고리즘은 그림 1과 같다.

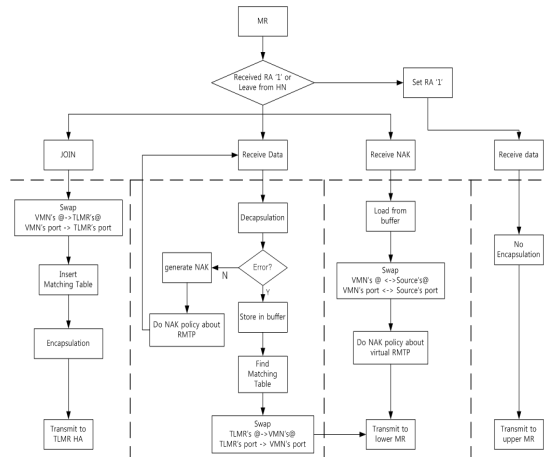


그림 1. RA 옵션 비트에 따른 MR의 알고리즘

제안되는 알고리즘을 근거로 TLMR은 수신되는 데이터 유형에 따라 3가지 동작을 수행한다.

• 데이터를 수신할 경우

하위 단말에게 데이터를 수신하거나 NEMO외부에서 데이터를 수신하게 된다면 기존의 Light-NEMO+와 같은 방식과 같은 수행을 하게 된다. TLMR은 NEMO내부의 경로최적화를 위한 매핑테이블을 관리하게 되고 이를 통해 자신의 CoA와 이동 단말의 CoA를 적절하게 스왑하고 대응 단말은 TLMR의 CoA를 이동 단말의 CoA대신 등록하여 대응 단말이 데이터를 이동 단말에게 전송할 경우 TLMR은 매핑 테이블을 통해 데이터 내부의 TLMR의 CoA를 적절한 이동 단말의 CoA로 스왑하여 NEMO 내

부로 전송한다. 또한 각 MR은 자신을 통과할 경우에도 각자 매핑 테이블을 생성하여 데이터의 CoA를 자신의 CoA로 바꾸는 과정을 통해 적절한 루트를 선택하도록 한다.

하지만 RMTP 데이터를 수신할 경우는 참고해야 하는 매핑 테이블이 다르다. RMTP의 경우 소스의 주소외에 포트를 위한 주소도 필요하다. 또한 RMTP 그룹에 따른 그룹 ID도 존재하므로 다른 매핑 테이블 관리가 필요하다.

• RMTP의 조인 메시지를 수신할 경우

TLMR의 경우 L4라우터이므로 자신을 지나치는 메시지를 엿볼 수 있다. 만약 하위의 단말 중 하나가 어떠한 RMTP 그룹으로 조인을 원할 경우 RMTP 조인 메시지를 발생하는데 이를 감지한 TLMR은 RMTP를 지원하기 위한 매핑 테이블을 생성한다. 이러한 매핑 테이블을 통해 하위의 이동 단말에게 수신한 RMTP 조인 메시지의 주소와 포트번호를 자신의 주소와 포트번호로 변경한 후 이를 매핑 테이블에 등록한다. 그 후 TLMR은 자신의 HA를 통해 RMTP 그룹에 조인하고 이에 관한 응답 메시지를 수신하게 되면 자신이 RMTP를 서비스 가능함을 알리기 위해 응답메시지의 주소와 포트를 하위 단말의 주소와 포트로 스왑한 후 NEMO 내부로 전송하여 RMTP를 위한 임시 RMTP 그룹을 설정한다. 즉 TLMR은 자신이 이동 단말을 대신하여 RMTP 그룹에 가입하여 RMTP 데이터를 수신한 후, 데이터를 자신의 버퍼에 저장하고 매핑 테이블을 참고하여 데이터의 주소와 포트 번호를 스왑한 후 NEMO 내부의 이동 단말에게 전달한다. 또한 이를 받은 MR들은 각자 자신의 매핑 테이블을 통해 정확한 이동 단말에게 데이터를 전달한다.

• RMTP 이동 단말에게 NAK를 수신할 경우

TLMR이 RMTP에 관한 NAK를 수신하게 될 경우를 대비하여 수신된 데이터를 자신의 버퍼에 일정 시간 동안 저장한다. 이는 마치 RMTP의 DR과 같은 기능을 하게 되며 하위의 단말에게 NAK를 수신하게 되면 적절한 데이터를 전송한다. 이는 NEMO의 특성상 TLMR이 NEMO 내부의 단말들의 HA 외부에 DR이 존재하면서 발생하는 문제점들을 해결할 수 있다.

이러한 과정에 대한 절차는 그림 2를 통해 볼 수 있다. 또한 이러한 알고리즘에 따라 수행되는 RMTP 데이터의 이동경로는 그림 3을 통해 볼 수 있다.

이러한 과정을 통해 4가지 전송 구간으로 구분할

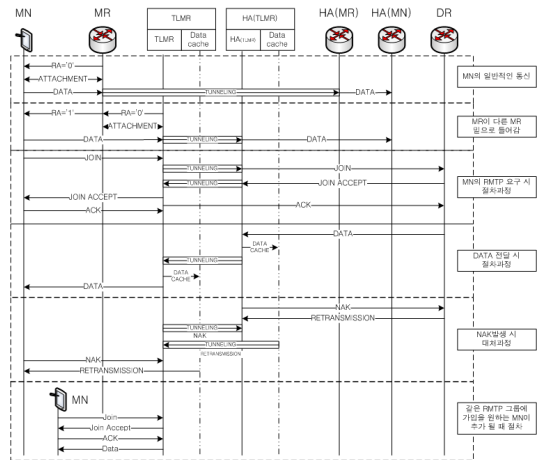


그림 2. 제안된 알고리즘에 따른 프로토콜 절차

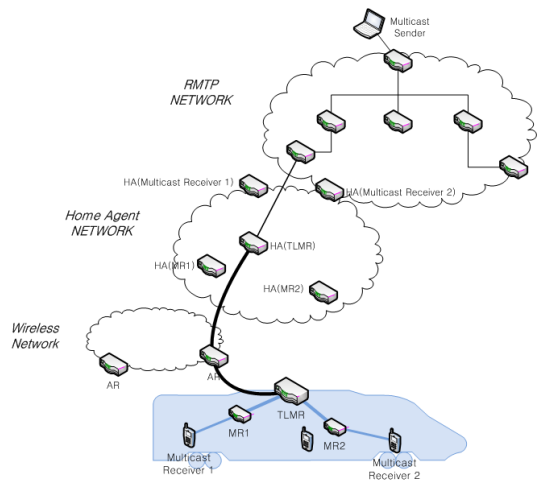


그림 3. 경로 최적화 알고리즘을 통한 데이터 이동 경로

수 있다. 먼저 RMTP를 서비스하고 이를 위한 트리 구조의 형태를 가지게 되는 RMTP 네트워크, 그리고 NEMO 내부의 단말의 이동성을 보장하고 지원하는 Home Agent 네트워크, NEMO의 TLMR이 직접적으로 통신하게 되는 무선 네트워크, NEMO 네트워크로 구분할 수 있다. 이러한 구분 과정을 통해 데이터의 에러가 발생하기 쉬운 NEMO 환경을 RMTP 경로에 배제함으로써 에러에 따른 재전송의 횟수를 줄이고 또한 TLMR이 RMTP의 DR의 기능을 수행함으로써 재전송에 따른 경로를 줄여 이에 따른 Delay를 줄이도록 고안하였다.

RMTP 그룹에 조인을 하고자하는 메시지를 하위 이동 단말에게 전달받게 되면 MR은 최상위 TLMR에게 자신의 자식이 RMTP를 하고자함을 알리고 데이터를 전달한다. 이를 받은 TLMR은 RMTP 조인 메시

지를 분석하여 송신자의 주소와 포트, 수신자의 주소와 포트를 구분하여 매핑 테이블에 저장한다. 그 후, TLMR은 마치 자신이 직접 RMTP 그룹에 조인하는 것처럼 메시지를 새로 생성하여 RMTP 송신자에게 전송한다. 즉 이동 단말이 RMTP를 원하게 되면 TLMR이 이동 단말을 대신해 RMTP에 조인하게 되고 TLMR의 HA가 RMTP에 조인하는 Bi-directional 터널 방법을 사용하게 된다. 또한 TLMR은 TLMR의 HA에 가까운 DR이나 RMTP의 송신자에 등록이 되면 RMTP 조인과정을 마치게 된다.

RMTP 송신자로부터 메시지를 받게 되는 TLMR은 자신의 버퍼에 RMTP 메시지를 저장하고 매핑테이블을 통해 RMTP에 조인을 원하였던 이동 단말의 주소와 포트를 찾아 메시지 포맷을 새로 작성한 후 원래의 이동 단말에게 메시지를 포워딩한다. 또한 TLMR은 이동 단말에게서 올지도 모를 NAK를 대비하여 RMTP 데이터를 임시적으로 TLMR의 버퍼에 저장하고 NAK가 수신되면 이를 재전송한다. 즉, TLMR은 임시적인 DR의 역할을 수행하고 NEMO는 한시적으로 소규모의 RMTP 영역으로 구성된다. 이러한 과정은 매핑테이블에 의해 결정되고 구성된다.

NEMO 내부의 경우에는 이러한 임시적인 RMTP 그룹으로 해결되지만 TLMR과 그에 연결된 무선 매체와의 통신의 경우는 다르다. NEMO 외부에서 데이터의 에러가 발생하게 되고 NEMO 내부에 이를 포워딩하게 되면 심각한 문제를 초래할 수 있으므로 TLMR에서 이러한 에러를 점검하는 과정이 필요하다. 따라서 TLMR은 L4 라우터라 가정하고 수신된 RMTP 메시지의 에러 유무를 판단한다. 이러한 과정을 통해 TLMR에 수신된 RMTP 데이터에 에러가 존재할 경우 TLMR은 자신이 속한 DR에 재전송을 요청하고 이를 하위의 이동 단말에게 포워딩한다.

앞서 말한 것과 같이 NEMO내부에 같은 RMTP 그룹의 단말이 존재하게 된다면 중복된 데이터가 HA 네트워크를 통해 전송되기 때문에 네트워크에 부하를 초래하고 TLMR에 bottleneck이 존재하게 될 수 있다고 언급하였다. 하지만 제안된 프로토콜을 이용하게 되면 이러한 문제를 해결할 수 있다. 먼저 어떠한 이동 단말이 RMTP 그룹 A에 조인을 했다면 이미 TLMR은 A 그룹에 대한 매핑 테이블을 가지고 있다. 이러한 상황에서 다른 이동 단말이 A 그룹에 조인하고자 한다면 매핑 테이블에 후자 이동 단말의 주소와 포트를 저장한 후 데이터를 받게 되면 RMTP를 이용하거나 유니캐스트를 이용해 후자 이동 단말에게 전달한다면 중복된 데이터에 의한 네트워크 부하를 줄

일 수 있다.

III. 성능 평가

본 장에서는 RMTP를 사용하기 원하는 이동단말이 존재할 때 기존의 NEMO 환경에서 RMTP 지원 방법과 제안된 RMTP간의 성능평가를 하도록 한다. 성능평가에 앞서 네트워크 모델은 그림 4와 같다.

RMTP 네트워크의 경우 RMTP 트리에 의해 만들어진 네트워크로 NEMO 내부의 이동 단말이 RMTP를 이용해 통신하려 한다면 RMTP의 가장자리에 위치한 DR를 통해 조인하게 되고 DR에 의해 데이터가 전송/ 재전송 된다.

네트워크 환경은 다음과 같이 가정한다. 먼저 NEMO 내부의 무선통신 방식은 WLAN으로서 BER이 10⁻⁵이라 가정한다. 또한 NEMO 내부 즉, TLMR과 AR(Access Router)사이의 전송 매체는 각 성능평가마다 경우에 따라 결정한다.

기존의 NEMO 환경의 경우, 데이터의 전송에 따른 Delay는 다음과 같다.

$$D_{Delivery} = D_{DR-HA(MN)} + d \times D_{HA-HA} + D_{HA-AR} + D_{AR-TLMR} + d \times D_{NEMO} \quad (1)$$

데이터를 전달하기 위한 전체 Delay는 DR과 MN(Mobile Node) 사이의 전송 Delay와 NEMO 내부의 MR레벨의 각 HA를 거치는 전송 Delay, TLMR의 HA와 무선AR간의 전송 Delay, AR과 TLMR간의 전송 Delay, 그리고 NEMO내부의 MR레벨에 따른

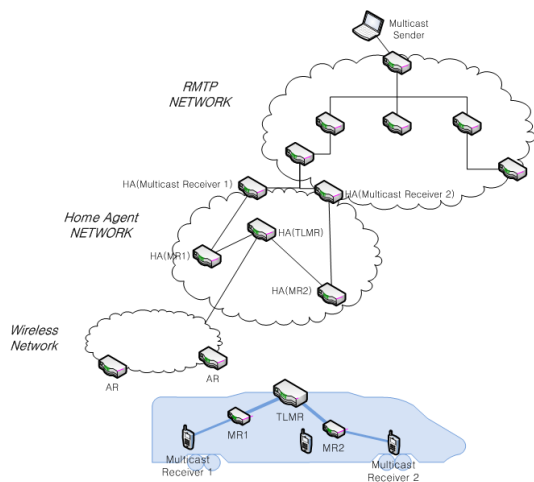


그림 4. 네트워크 모델

Delay로 이루진다고 가정한다. 식(1)은 이러한 전체적인 Delay를 표현한 식이다. 식 (1)에서 d는 NEMO의 레벨을 의미하며 레벨이 커지게 되면 터널링에 의해 핀볼 라우팅이 발생하므로 HA 네트워크에서 Delay는 증가한다. 또한 NEMO 내부에서도 전송을 위한 Delay가 증가함을 알 수 있다. 이는 제안된 알고리즘과도 같이 적용될 수 있다. 식(1)을 통해 기존환경과 제안된 알고리즘을 적용한 환경에 각각 발생하는 Delay를 식을 통해 표현한다.

위 식에 따라 기존 NEMO 환경에서의 Delay의 평균적인 값은 다음과 같다.

$$D_{total} = D_{Delivery} + 2 \sum_{rt=1}^{\infty} \{1 - P_{AR} \times (P_{WLAN})^d\}^{rt} \times D_{Delivery} \quad (2)$$

식(2)는 NEMO 내부의 MN이 데이터 전송을 할 때 발생하는 전체 Delay를 표현한 식이다. 데이터를 전송한 후에 에러가 발생하면 이에 따른 재전송 Delay가 발생하고 이는 다시 CN까지 재전송을 요구하는 시그널과 재전송 데이터가 발생한다. 재전송을 하면 에러확률이 줄어들 수 있음을 가정해 위와 같이 표현한다. 전체적인 Delay는 처음 데이터가 전송되는 Delay와 재전송 요청과 그에 따른 재전송 Delay로 이루어진다. PAR은 AR과 TLMR간의 전송 성공 확률이고 PWLAN은 NEMO 내부의 전송 성공 확률이며 rt는 재전송 횟수이다. 재전송은 NEMO와 AR간의 전송 성공 확률과 NEMO 내부의 전송 성공 확률에 의해 결정되고 재전송이 계속되면 성공률이 점점 상승하여 100%에 인접할 것이라 가정하였다. d는 NEMO내부의 MR 레벨을 뜻하며 레벨이 증가할수록 데이터 전송 성공확률은 낮아진다. 하지만 재전송횟수(rt)가 증가하면 에러확률이 낮아지므로 데이터 전송 성공률은 높아짐을 표현한다.

제안된 알고리즘의 경우, 기존의 NEMO 환경과 달리 RMTP 데이터의 전송을 두 부분으로 분류하여 생각한다. 하나는 DR-TLMR간의 전송이고 또 다른 하나는 TLMR-MN간의 전송이다. 따라서 각 부분을 표현하면 다음 식과 같다.

$$D_{DR-TLMR} = D_{DR-HA(MN)} + d \times D_{HA-HA} + D_{HA-AR} + D_{AR-TLMR} \quad (3)$$

$$D_{TLMR-MN} = d \times D_{NEMO} \quad (4)$$

이러한 식을 종합하여 나타내면 제안된 프로토콜의

평균적인 Delay는 다음과 같다.

$$D_{total} = D_{Delivery} + 2 \sum_{rt=1}^{\infty} (1 - P_{AR})^{rt} \times D_{DR-TLMR} + 2 \sum_{rt=1}^{\infty} \{1 - (P_{WLAN})^d\}^{rt} \times D_{TLMR-MN} \quad (5)$$

제안된 프로토콜의 경우 재전송이 DR-TLMR, TLMR-MN간 두 부분에 존재하므로 rt1, rt2로 나누어 계산한다. NEMO내부의 WLAN의 전송 성공확률의 경우는 BER이 10-5이라 가정했다. 또한 MTU가 1500바이트가 되므로 MTU에 따른 전송 성공확률을 이항분포에 따라 계산한다. 식은 다음과 같다.

$$P(x) = \binom{12000}{0} (0.00001)^0 (1 - 0.00001)^{12000} \quad (6)$$

6번식은 MTU 전송 시 전체 비트가 에러 없이 전송될 확률을 나타내었다. 1500바이트는 12000비트이며 BER이 10-5이므로 위와 같이 표현할 수 있다. 위 식에 따라 WLAN의 전송 성공확률은 89%가 되며 이를 기반으로 성능 평가를 하고자 한다. 평가하기에 앞서 각 구간의 Delay는 표 1에서 볼 수 있다.

먼저 AR-TLMR간의 전송 성공확률에 따른 Delay를 비교하는 그래프는 그림 5와 같다. 그래프를 통해 AR의 전송 성공확률에 따라 Delay의 변화를 볼 수 있다. 확률이 적을 때에는 재전송이 많이 일어나므로 Delay가 꽤 높음을 볼 수 있지만 확률이 점점 커지면서 재전송 횟수가 줄어들고 이에 따라 Delay도 줄어드는 것을 알 수 있다. 또한 기존의 환경에 RMTP를 바로 적용하는 것 보다 제안된 프로토콜을 통해 RMTP를 적용하는 방법이 Delay 측면에서 보다 나은 성능을 볼 수 있다.

그림 6은 NEMO의 레벨에 따른 전송 Delay를 표현한 그래프이다. NEMO의 레벨이 커질수록 Delay의 증가는 미비하지만 NEMO 환경에서의 RMTP 적용 방법은 기하급수적으로 Delay가 증가함을 볼 수 있다.

표 1. Delay Parameter 값

구간	Delay
P _{WLAN}	0.89
P _{AR}	0.7
D _{DR-HA(MN)}	0.1 ms
D _{HA-HA}	0.1 ms
D _{HA-AR}	0.1 ms
D _{AR-TLMR}	0.1 ms
D _{NEMO}	0.1 ms

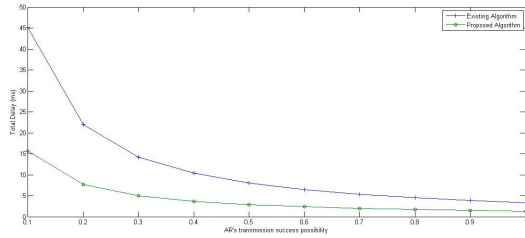


그림 5. AR의 전송 성공확률에 따른 전송 Delay

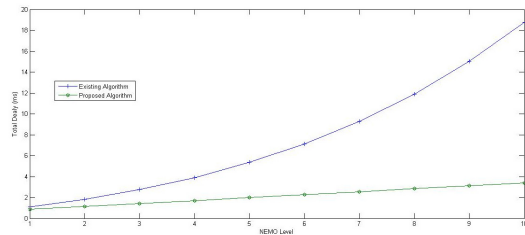


그림 6. NEMO의 Level에 따른 전송 Delay

IV. 결 론

본 논문에서는 RMTP를 NEMO 환경에 적용할 때 발생할 문제점을 살펴보고 Light-NEMO+ 프로토콜을 통해 NEMO에서 흔히 발생할 수 있는 핀볼 라우팅 등을 예방하고, 경로 최적화과정 가운데 RMTP를 효율적으로 지원하고 패킷의 오버헤드를 줄이기 위해 MR과 TLMR과 자신의 위치를 확인하도록 하는 필드를 추가함으로 필요없는 터널 생성을 예방하였다. 이를 통해 레벨이 깊어지는 환경에서 기존의 방법보다 Delay가 많이 줄어드는 것과 전송확률에 따른 Delay가 줄어드는 것을 성능평가를 통해 증명하였다.

참 고 문 헌

- [1] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," IETF RFC 3220, August 2002.
- [2] D. Johnson, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2004.
- [3] C. Catellucia and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management(HMIPv6)," IETF RFC 4140, August 2005.
- [4] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," IETF RFC 4068, July 2005.
- [5] S. Gundavelli, et al., "Proxy Mobile IPv6," draft-ietf-netlmm-proxymip6-01.txt, June 2007.
- [6] T. Ernst, "Network Mobility Support Termi-

nology," draft-ietf-nemo-terminology-06.txt, May 2007.

- [7] S. Paul, et al., "Reliable Multicast Transport Protocol (RMTP)," in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, July 1997.
- [8] M. Sabeur, B. Jouaber, D. Zeghlache, "Light-NEMO+: Route Optimization for Light-NEMO Solution," IEEE International Conference on Networks (ICON), pp.1-6, September 2006.

조 인 휘 (Inwhee Joe)

정회원



1983년 2월 한양대학교 전자공학과
1994년 12월 미국 University of Arizona, Electrical and Computer Engineering, M.S.
1998년 9월 미국 Georgia Tech, Electrical and Computer Engineering, Ph.D.

1992년 12월 (주) 데이콤 종합연구소 선임연구원
2000년 6월 미국 Oak Ridge 국립연구소 연구원
2002년 8월 미국 Bellcore Lab (Telcordia) 연구원
2002년 9월~현재 한양대학교 컴퓨터공학부 부교수
<관심분야> Mobile Internet, Cellular System and PCS, Sensor Networks, Mobility Management

김 재 영 (Jae-young Kim)

정회원



2008년 2월 서경대학교 정보통신공학과 졸업
2010년 2월 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석사
2009년 12월~현재 하나아이엔에스 카드서비스본부 재직
<관심분야> Mobile Internet