

논문 2005-42TC-12-18

HMIPv6에서 MAP 구조를 개선한 부하분산기법

(Load Balancing Technique using MAP Structure Change on HMIPv6)

홍 원 상*, 이 동 호**

(Hong Won Sang and Lee Dong Ho)

요 약

본 논문에서는 계층적인 mobile IPv6에서 MAP에 집중되는 트래픽을 효율적으로 분산하는 기법을 제안하였다. IPv6 확장옵션을 이용하여 보조 MAP 주소를 미리 알려주어 상위 MAP에서 관리도록 한 후, 과부하가 발생하였을 때, 보조 MAP 주소로 리다이렉트 터널링 기법을 이용하여 적절하게 부하분산 시킴으로써 효과적인 통신을 계속할 수 있게 한다. 제안한 알고리즘의 타당성 및 실험 결과를 ns-2 시뮬레이터를 이용하여 검증하였다.

Abstract

This paper proposes the technique of load balancing with traffic which is concentrated to MAP on the hierarchical mobile IPv6. This technique sends the secondary MAP address using the extension option of IPv6, so the upper level MAP will manage it. Therefore, when the overload occurs, it distributes the overload to the secondary MAP address by using redirect tunneling technique, so the efficient communication becomes possible. We validate the feasibility and result of the proposed technique by using ns-2 simulator.

Keywords : Mobile IP, Hierarchical Mobile IPv6, MAP, Redirect Tunneling

I. 서 론

최근 인터넷 사용자들은 언제 어디서나 고품질의 인터넷 서비스를 제공받기 바라며, 휴대용 단말기나, PDA와 같이 이동단말의 빈번한 핸드오버가 일어나는 상황에서는 빠른 이동성 지원이 요구되며, 무선 이동환경에서도 고품질의 서비스를 제공받기 원하는 사용자가 증가하였다. HMIPv6(Hierarchical Mobile IPv6)는 MAP(Mobility Anchor Point)이라는 에이전트가 액세스 라우터를 관리하여 단일 MAP이 관리하는 영역 도메인 내에서는 이동단말이 이동하였을 때, 따로 업데이트를 하지 않아도 seamless 이동 서비스를 보장하는 장점이 있어 각광을 받고 있다.^{[1][2][4][7]}

그러나 이동노드의 빈번한 핸드오버가 발생하는 경

우 초래되는 패킷손실과 시그널링의 오버헤드로 인한 문제점이 대두되고 HMIPv6는 일정 지역의 한계를 넘어서도 서비스를 이용하는 것은 고려하지 않았기 때문에 실제환경에 적용하는데 미흡하다. 또한 여러 단계로 구성된 MAP 구조에서 상위 MAP으로 부하가 집중되어 일을 처리하지 못하는 문제가 발생한다.^{[2][3]} 이에 본 논문에서는 MAP의 구조를 개선하여 지역의 범위에 관계없이 seamless 서비스를 제공하는 방안을 제시한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 HMIPv6에서 부하분산을 목적으로 제안된 기존연구에 대해 설명하고 III장에서는 제안한 MAP의 구조로써 적절한 재경로 선택 알고리즘과 이를 이용한 개선방안을 제시하며, IV장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대하여 언급한다.

II. 관련연구

1. LMSP(Local-Multicast Service Provider)

LMSP는 이동노드에게 멀티캐스트 서비스를 제공해

* 학생회원, ** 정회원, 광운대학교
(Kwangwoon University)

※ 본 연구는 2005 광운대 교내연구비 지원으로 수행되었음

접수일자: 2005년4월8일, 수정완료일: 2005년12월7일

주는 외부 에이전트를 말한다. 이 방법은 계층적인 트리로 구성된 무선 네트워크 도메인에서 LMSP를 여러 개 선정함으로써 최상위 외부 에이전트의 오버헤드를 다른 외부 에이전트로 분산한다. LMSP 기법은 계층적 외부 에이전트 구조를 논리적인 세그먼트로 분할한 후 각 세그먼트의 루트 외부 에이전트를 LMSP로 선정하는 토플로지 기반의 LMSP와 각 외부 에이전트가 자신을 포함하여 하위트리에 로밍한 이동노드의 수를 유지하고 있다가 그 수가 정해진 한계에 도달하면 스스로 LMSP가 선정되는 이동노드 밀집 기반의 LMSP 기법이 있다. 그러나 이동노드 밀집 기반의 LMSP 선정의 경우 새로운 LMSP가 선정이 되면 이동노드의 CoA가 새로운 LMSP로 변경되므로 CoA 변경 횟수가 늘어나게 되는 문제점이 있다.

2. LDA(Local Decentralizing Architecture)와
DLM(Distributed Location Management)

MAP이 과부하 상태에 있을 때 스스로 그 부하분산 시점을 결정하여 하위 라우터에게 MAP으로 동작하게 하거나, 그와 반대로 하위의 라우터가 스스로 분산시점을 결정해서 자동적으로 MAP으로 동작하게 하는 LDA(Local Decentralizing Architecture)^[8] 방식은 라우터에게 또 다른 부하를 주어 라우터의 기능을 저하시킬 수 있는 단점이 있고, 액세스 라우터와 이동노드 간에 바인딩 메시지의 평균 간격에 따라서 이동노드가 등록 할 MAP을 선택하게 함으로써 분산시키는 DLM(Distributed Location Management)^[8]의 경우 다중 레벨의 MAP 구조에서 먼 거리에 있는 MAP을 선택할 때 바인딩 업데이트 시간의 증가로 데이터의 손실이 발생할 수 있는 문제점이 있다.

III. MAP 구조를 개선한 부하분산기법

본 장에서는 상위의 MAP에서 발생할 수 있는 부하를 분산시키는 기법을 설명한다.

그림 1은 HMIPv6에서의 MAP의 위치를 보여준다. MAP은 이동노드가 액세스 라우터1에서 액세스 라우터2로 이동할 때 seamless 이동성을 제공한다. 방문한 네트워크로 이동한 이동노드는 MAP의 전역CoA를 찾게 되는데, 이 주소는 MAP의 정보를 액세스 라우터에서 얻는다. 이 탐색 단계에서는 이동노드에게 MAP과의 거리정보도 제공된다. 이러한 과정은 이동노드가 다음 서브넷으로 이동할 때마다 반복된다. 이동노드는 이동

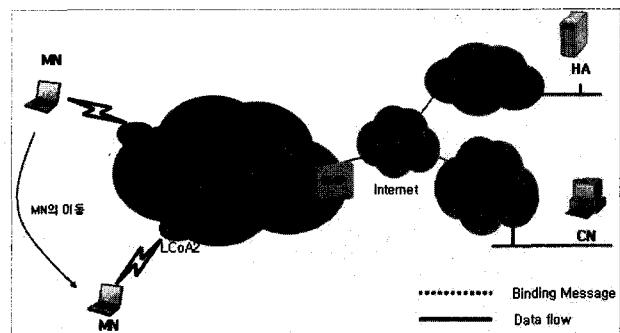


그림 1. Hierarchical Mobile IPv6의 기본동작
Fig. 1. Basic operation of Hierarchical mobile IPv6.

할 때마다 자신의 정보를 주어진 MAP에게 등록을 하는 바인딩 과정을 거치게 되는데, 이때 정해진 MAP에게만 등록을 하도록 되어 있기 때문에 과부하 상태의 MAP에게 또 등록을 하게 되면 응답시간이 늦어질 뿐만 아니라 원활한 통신이 불가능하게 된다.

1. 선택적 MAP 구조

이동노드의 이동이 발생하면 액세스 라우터는 자신이 속해 있는 가장 가까운 MAP이 관리하는 지역을 의미하는 전역CoA 주소를 브로드캐스트 메시지에 포함하여 브로드캐스팅 한다. 이때 이웃한 MAP 간에 브로드캐스트메시지를 주고받을 때, 주기적인 폴링을 통해 패킷처리량을 비교하여, 값이 적은 MAP 주소를 가장 상위 리스트에 위치시켜서 갱신함으로써 이 정보를 유지한다. MAP은 자신의 전역CoA를 액세스 라우터에게 알려줄 때, 주소 리스트에서 가장 상위의 이웃한 MAP 어드레스를 RA 메시지 내에 보조 MAP으로 지정한 후 브로드캐스트 메시지를 통해 액세스 라우터에게 알려준다. 이 메시지는 IPv6의 확장 옵션인 RA 메시지를 이용하여 보조 MAP 주소를 포함하여 전송한다. 이때 이동 노드는 액세스 라우터로부터 받은 메시지의 전역

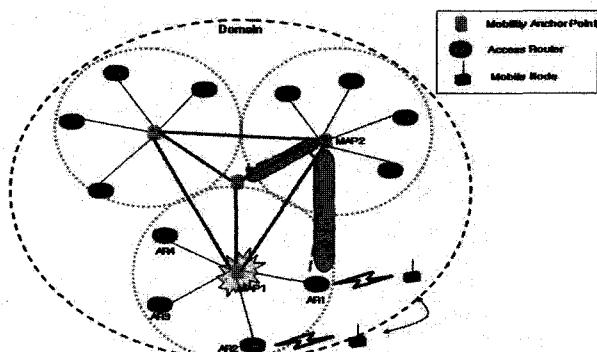


그림 2. 개선한 MAP 구조의 HMIPv6 구성도
Fig. 2. HMIPv6 of improved MAP.

CoA와 상태 없는 자동구성 기능을 통해 생성한 자신의 인터페이스 기반의 주소인 지역CoA와 결합한다. 자신의 CoA의 구성을 완료한 이동 노드는 자신의 전역CoA를 관리하는 MAP에게 바인딩 업데이트를 실시하고 MAP은 업데이트 확인으로써 바인딩 응답신호를 전송 한다. 이동 노드는 바인딩 응답 신호를 통해 서비스를 제공 받을 수 있으며, 이제 대용 노드와도 충분히 통신을 할 수 있는 환경이 되었다. 통신 중 과부하 상태가 되면, 상위 MAP은 이웃한 보조 MAP에게 재 경로 설정을 요청하고 상위 MAP은 보조 MAP을 통해 이동노드 까지 터널링 함으로써 해당 MAP에게 부담을 주지 않으면서 적절한 서비스를 꾸준히 유지할 수 있기 때문에, 부하분산 제공에 적절한 효과를 제공할 수 있다.

2. 개선한 MAP 구조의 메시지 흐름도

개선한 MAP구조를 적용함으로써 각 디바이스 간에 진행되는 메시지 흐름도를 그림3을 통해 살펴 볼 수 있다. 이동노드는 기본관리 영역에 속해있는 액세스 라우터 와 해당 영역의 sub-MAP1(S-M1)을 거쳐서 상위의 top-MAP(T-M)을 통해서 상대 네트워크의 대용노드와 통신하고 있다. 이 때 S-M1을 통한 데이터가 T-M을 거쳐서 지나갈 때 S-M1은 자신의 메시지에 보조 MAP 메시지를 포함하여 전송하고, 메시지를 수신한 T-M은 자신의 캐시에 주소를 저장한다. 그리고 이동노드의 빈번한 이동이나 대용량 서비스 이용 등의 원인으로 인해 S-M1에 과부하가 발생하면, 즉시 T-M에게 알린다. 이 메시지를 수신한 T-M은 자신이 관리하고 있던 보조 MAP 주소에 해당하는 sub-MAP2(S-M2)에게 리다이렉트 요청 메시지를 전송함으로써 재 경로 설정 과정을 시작한다. 리다이렉트 요청 메시지를 받은 S-M2는 자신이 받을 준비가 되었다는 신호로 T-M에게 리다이렉트 요청응답 메세시를 전송하여 가입을 완료하면 재 경

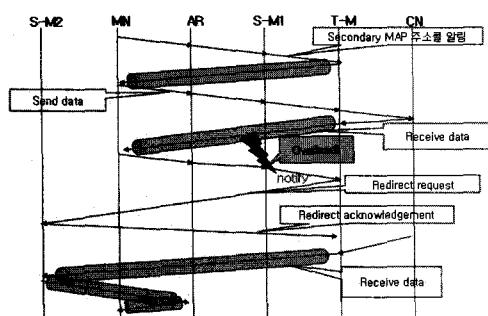


그림 3. 개선한 MAP 구조의 메시지 흐름도
Fig. 3. Message sequencing of improved MAP.

로 설정을 진행한다. 이제는 T-M이 대용노드로부터 전송되는 메시지를 S-M1이 아니라 S-M2로 경로를 설정하여 원래대로 이동노드 까지 터널링을 통해 직접 전송하게 된다. 따라서 기존의 MAP과 액세스 라우터는 지속적인 통신을 하게 되고, 이동노드와 대용노드는 이러한 과정을 모르지만 꾸준히 통신을 할 수 있는 장점이 있다. 그러므로 이 메커니즘을 이용하면 MAP에게 집중되는 과부하가 생겼을 때 적절하게 이를 분산시킴으로써 효과적인 통신을 계속할 수 있게 된다.

3. MAP선택 알고리즘

그림 4는 MAP 선택을 위해 제안한 알고리즘을 알기 쉽게 의사코드로 작성한 것이다.

MAP 선택 알고리즘은 임계값을 결정하여 서로 이웃한 MAP간의 리다이렉트 대상이 되는 MAP을 결정하여 보조 MAP을 선택하기 위해 제안한 알고리즘이다.

이동 환경에서 예민한 부분은 지연시간 이므로 이를 비교해본다. 현재 이동노드를 관리하고 있는 MAP을 MAP2로 선택하고 이웃하고 있는 MAP1과 MAP3에서 Drop Rate, Transmit Rate, Delay Time을 측정 파라미터로 선택하고 각각 3개의 파라미터를 비교하여 MAP을 선택하도록 구성하였다

```

If Td_M2 > Limit (shorter than MAX) then
{
    If Td_M1 > Td_M3 then
    {
        If Rd_M1 > Rd_M3 then /* 3개의 파라미터를 비교하여 2개*/
            SELECT MAP -> M3 /* 이상의 조건을 만족시킨 MAP선택*/
        else if Rd_M1 < Rd_M3
            SELECT MAP -> M3
    }
    else if Td_M1 < Td_M3 /* 3개의 파라미터를 비교하여 MAP1선택*/
    {
        If Rd_M1 < Rd_M3 then
            SELECT MAP -> M1
        else if Rd_M1 > Rd_M3
            SELECT MAP -> M1
    }
}
else if Td_M1 > Td_M3
    SELECT MAP -> M3
else
    SELECT MAP -> M1
/* Rd : Drop rate */
/* Rt : Transmit rate */
/* Td : Delay time */

```

그림 4. MAP선택 알고리즘
Fig. 4. MAP selection algorithm.

IV. 실험 및 평가

본 장에서는 논문에서 제안된 개선된 MAP 구조를 이용하여 부하분산의 성능분석을 위해 필요한 실험 환경을 설정하고, 기존의 MAP 구조와 개선된 MAP 구조에서의 부하정도를 비교 평가하고 분석결과를 기술

한다.

1. 시뮬레이션 환경

실험은 버클리 대학의 ns-2^{[11][12]}를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 구성 망은 그림과 같이 MAP 도메인을 구성하고 있는 MAP의 계층적인 구조와 액세스 라우터를 노드로 구성하였으며, 이동노드의 수를 5개에서 30개 까지 증가시키면서 테스트를 하였다.

그림 5에서 대용노드는 인터넷을 통하여 연결되어 있으며, 도메인 상의 H-MAP은 라우터로서 하위 S-MAP을 관리하게 된다. 이동노드들의 지역 CoA를 구성하는 액세스 라우터는 4개이며 이들은 각각 다른 서브넷을 할당한다. MAP간의 연결은 10Mbps의 전이 중방식의 연결망으로 구성되어 있으며 이 하위 MAP 도메인이 관리하는 영역은 200m 반경이내이다. 통신하는 트래픽은 시뮬레이션에 일반적으로 사용되는 CBR(Constant bit rate)을 이용하였고 패킷의 크기는 512byte이며, 이동노드는 랜덤하게 이동하도록 하고 이동주기를 증가시키면서 패킷손실률, 패킷처리량, 지연정도를 측정하여 테스트를 진행하였다.

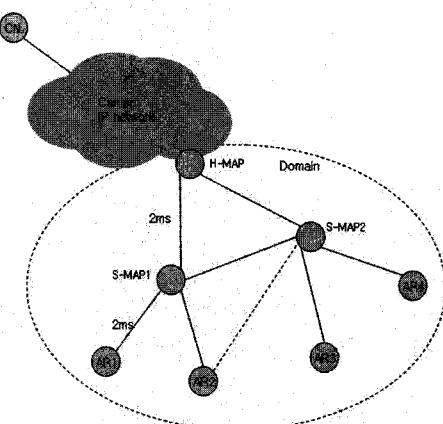


그림 5. 모의실험 토플로지
Fig. 5. Topology for simulation.

2. 시뮬레이션 결과

(1) 부하분산정도의 분석

부하분산 정도를 분석하기 위하여 MAP의 임계값을 40%로 한 상태에서 MAP의 트래픽 부하분산 정도를 측정하여 기존의 방식과 제안한 MAP 구조를 적용했을 때의 부하정도의 차이를 분석하였다.

부하분산의 지표로 기존의 MAP구조에서의 HMIPv6 와 개선된 MAP구조의 HMIPv6에서 각 MAP에 부하되는 트래픽의 부하정도를 계산하기 위해 10 시뮬레이션

시간단위로 측정한 패킷처리량의 평균값을 테이터로 이용하여 모집단에 대한 표준편차를 계산하였다. 이에 따른 결과로 기존의 HMIPv6에서는 7771645, 개선한 HMIPv6에서는 1886554의 값이 나왔다. 표준편차가 적으므로 적절히 분산되었음을 알 수 있다. 이를 시뮬레이션을 통해 보면 다음과 같다.

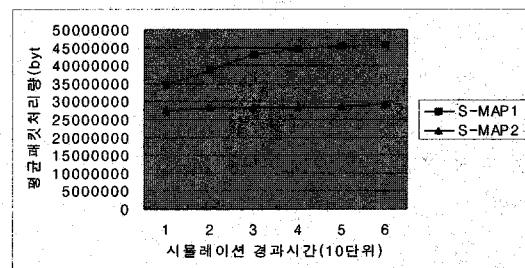


그림 6. HMIPv6에서 MAP의 평균 패킷처리량
Fig. 6. Average throughput in HMIPv6.

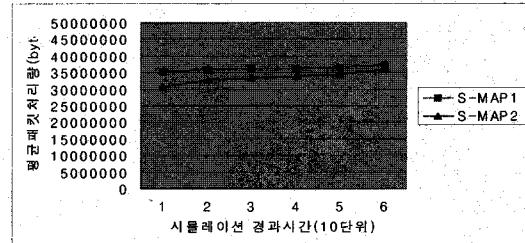


그림 7. 개선한 HMIPv6에서 MAP의 평균 패킷처리량
Fig. 7. Average throughput in proposed HMIPv6.

그림 6은 MAP간의 패킷처리량의 차이가 많다는 것을 알 수 있다. 이는 트래픽이 골고루 분산되지 못하고 편중되어 기존의 MAP에게 부하가 과중되는 것을 뜻한다. 반면에 그림 7은 MAP간의 처리량의 차이가 적은 것으로 보아 전체 MAP에 트래픽이 골고루 분산된 것을 알 수 있다.

그림 8은 이동노드 수의 증가에 따른 패킷 수신량을 측정한 것을 나타낸다. HMIPv6는 기존의 방식을 나타낸 것이며, T-HMIPv6는 터널링 기법을 이용한 개선된 MAP구조이다. 각 이동노드의 수를 5대부터 30대 까지 5단위로 증가시키면서 측정하였다. 이동노드수의 증가와 비례한 이동은 바인딩업데이트의 발생횟수를 증가시키게 되고, 이로 인해 원만한 통신을 할 수 없게 된다. 이동노드의 수가 15대 정도 되었을 때부터 향상된 것을 알 수 있다. 평균적으로는 9400byte정도 향상되었다.

그림 9는 이동노드의 수가 5씩 증가하였을 때 각 노드에서 측정된 대역폭을 평균적으로 나타낸 것이다. 이동노드가 20대로 증가하였을 때 약간의 차이를 나타내

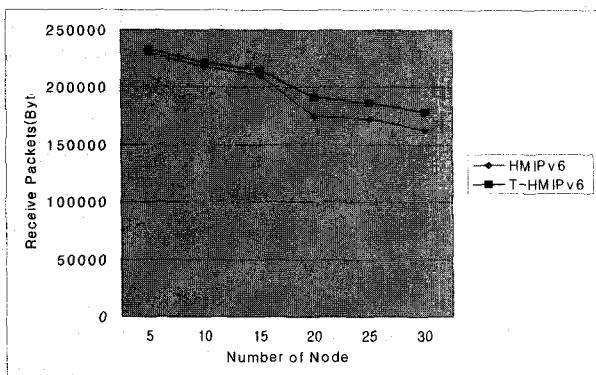


그림 8. 이동노드 수의 증가에 따른 패킷수신량
Fig. 8. Number of received packets as a function of the number of node.

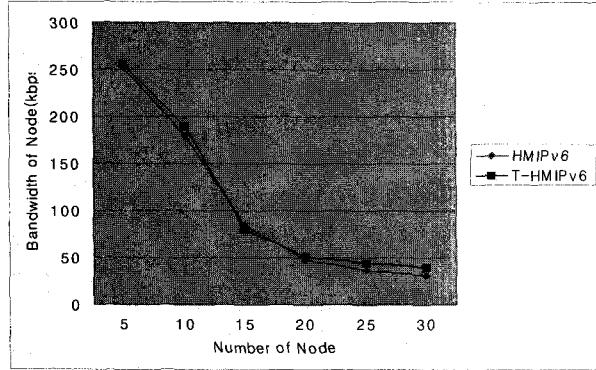


그림 9. 이동노드 수 증가에 따른 각 노드의 대역폭
Fig. 9. Bandwidth of a node as a function of the number of node.

지만 두드러진 성능향상은 나타나지 않는다. 30kbps 정도의 향상이 있다.

그림10을 통해 컴퓨터의 처리 능력을 가늠하는 패킷 처리량 값은 이동노드의 수가 15대 이상이 되면서부터 성능향상이 된 것을 볼 수 있다. 계산결과 약 50000byte 정도의 성능, 백분율로 환산하면 12% 정도 성능이 향상된 것을 볼 수 있다. 앞에서 실험한 결과 값과 마찬가지로 이동노드의 수가 일정수준이 지났을 때부터 성능의 차이가 나타난다.

물리적으로 MAP이라 함은 MAP의 기능을 보유하고 있는 각 네트워크 구성 라우터이다. 2레벨로 구성된 계층적 MAP구조의 도메인 내에서 전체 MAP의 평균 처리량을 측정하였다.

그림 11을 보면 제안한 MAP 구조에서 이동 노드 수가 15대가 된 시점부터는 패킷처리량의 감소 비율이 줄어든 것을 알 수 있으며, 전체적으로 587000 byte의 전송률이 증가하였음을 확인하였다. 이로 인해 기존의 구조에서는 일정 MAP에서 발생하는 오버헤드로 인해 전

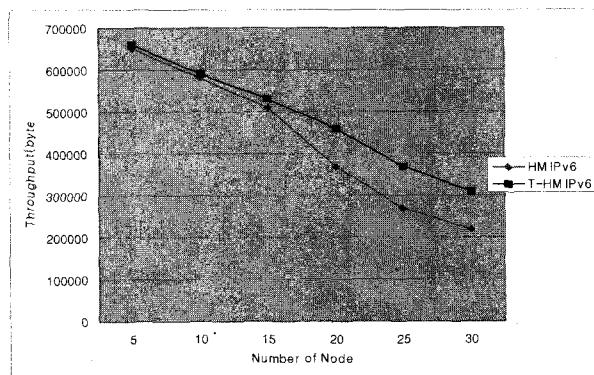


그림 10. 이동노드 수의 증가에 따른 패킷처리량 측정
Fig. 10. Throughput of a Node as a function of the number of node.

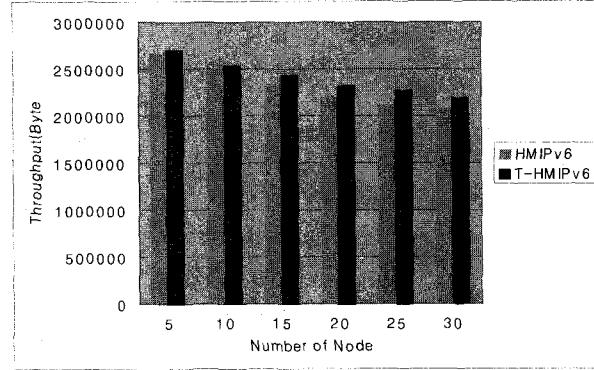


그림 11. 이동노드 수에 따른 MAP의 패킷처리량
Fig. 11. Throughput of a MAP as a function of the number of node.

체적인 처리량이 현저히 감소하는 반면, 개선한 MAP 구조에서는 부하 분산이 적절히 이루어져 전체 MAP의 처리량이 향상되었다.

V. 결 론

인터넷과 무선 통신 환경은 급속히 성장하고 있고, 특히 실시간 멀티미디어를 제공하는 이동 단말의 기술이 발전함에 따라 무선이동노드 수는 점점 증가하여 대량의 트래픽을 발생하는 멀티미디어 어플리케이션의 사용이 늘어나고 있다. 그러나 한정된 대역폭에서 여러 이동노드에게 원활한 서비스를 제공하기 위해서는 홈 에이전트나 MAP에서의 혼잡과 지연의 발생은 필연적이며, 특히 계층적인 구조의 MIPv6 환경에서는 MAP에 발생하는 오버헤드가 더욱 증가할 수 있다.

본 논문에서는 계층적인 구조에서 지정된 MAP에서만 처리해야 하는 문제로 인해 발생하는 오버헤드 문제를 해결하기 위하여 이웃의 MAP을 이용하는 리다이렉

트 터널링 방식을 이용하여 MAP 구조를 개선하였다. 이러한 MAP 구조에서는 MAP 선택 알고리즘을 이용하여 적절한 MAP을 선택함으로써 이동노드에게 좀 더 안정적인 서비스를 제공할 수 있다는 것을 실험을 통하여 확인하였다.

본 실험은 이동노드의 수가 30대 존재한다는 가정하에서의 측정이었다. 따라서 다수의 이동노드가 존재하는 도메인의 경우 발생하는 시그널 트래픽과 이동에 대한 분석이 필요하며, 좀 더 다양한 환경을 고려한 실험 및 검증이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, "Mobility support in IPv6", IETF RFC 3775, June 2004.
- [2] Hesham Soliman, Claude Catelluccia, Karim El Malki, Ludovic Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management" IETF Internet draft, <draft-ietf-mipshop-hmipv6-02.txt>, June 2004.
- [3] M. Bandai and I. Sasase, "A Load Balancing Mobility Management for Multilevel Hierarchical Mobile IPv6 Networks," in Proc. IEEE PIMRC 2003.

- [4] S. Yasukawa, J. Nishikido, K. Hisashi, "Scalable Mobility and QoS support Mechanism for IPv6-based Real-time Wireless Internet Traffic" IEEE, Globecom, 2001.
- [5] H. Omar, T. Sassiawi and M. Lee "Multicast Support for Mobile-IP with the Hierarchical Local Registration Approach" WOWMOM, pp.55-64, 2000.
- [6] Matthew Syme, Philip Goldie, "Optimizing Network Performance with Contents Switching" pp.85-95
- [7] 한연희 "MIPv6 and HMIPv6" Krnet 2004, June 2004.
- [8] Nam Hong, Choong Seon Hong, "Load Decentralizing Architecture of MAP for Hierarchical MIPv6", MATA 2004, Oct 2004.
- [9] James D. Solomon, Mobile IP The Internet Unplugged, Prentice Hall
- [10] "차세대 인터넷 프로토콜 IPv6", IPv6 포럼코리아, February 2002.
- [11] Kevin Fall, Kannan Varadhan, "The ns Manual", The VINT Project, October 26, 2003.
- [12] J.H.Park, S.H.Yang, J.H.Oh, S.I.Noh, J.H.Lee, "Mobile IPv6 Draft 24", IPv6 포럼 코리아 기술문서 2003-002.

저 자 소 개



홍 원 상(학생회원)
2000년 상지대학교 낙농자원식품
학과 학사졸업.
2005년 광운대학교 컴퓨터과학과
석사졸업.
<주관심분야 : 컴퓨터네트워크,
IPv6>



이 동 호(정회원)
1979년 서울대학교 전자공학과
학사졸업.
1983년 서울대학교 컴퓨터공학과
석사졸업.
1988년 서울대학교 컴퓨터공학과
박사졸업.
현재 광운대학교 컴퓨터소프트웨어학과 교수
<주관심분야 : 컴퓨터네트워크, 차세대 인터넷>