

이동 노드의 움직임에 기반한 새로운 페이징 기법에 관한 연구*

오주형*, 이종혁*, 한영주*, 정태명**
*성균관대학교 컴퓨터공학과
**성균관 대학교 정보통신공학부
e-mail : *{[jhoh](mailto:jhoh@imtl.skku.ac.kr),[jhlee](mailto:jhlee@imtl.skku.ac.kr),[yjhan](mailto:yjhan@imtl.skku.ac.kr)}@imtl.skku.ac.kr
**tmchung@ece.skku.ac.kr

A Study on Novel Paging Scheme based on Motion of Mobile Node

Joo-Hyung Oh*, Jong-Hyoun Lee*, Young-Ju Han*, Tai-Myung Chung**
*Dept. of Computer Engineering, Sungkyunkwan University
**School of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

무선 망에서 한정된 무선 자원의 효율을 높이기 위한 페이징 기법들이 많이 제안 되었다. 지금까지 제안된 페이징 기법들은 미리 정의된 규칙에 따라 페이징 영역을 설정한다. 따라서 이동 노드가 네트워크에 접속한 이후에 발생할 수 있는 네트워크의 혼잡이나 라우터의 정지와 같은 갑작스런 상황에 민첩하게 대응할 수 없다. 또한 이동 노드들은 프로세싱 능력이 고정 노드보다 떨어지고 전원도 약하므로 이동 노드가 생성하는 메시지를 줄이기 위한 노력이 필요하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 특별한 페이징 영역 설정 없이 페이징을 적용할 수 있는 기법을 제안한다. 제안하는 페이징 기법을 통해 56%의 성능향상을 거두었고 네트워크의 부하도 줄이게 되었다. 또한 이동 노드들은 생성하던 메시지가 줄어들게 되므로 전력 소모가 줄어드는 부가적인 효과를 얻는다.

1. 서론

최근 무선 통신망의 급격한 발전으로 노드에 제공되는 IP 기반의 이동성 지원과 이동에 따른 위치관리를 위해 HMIPv6(Hierarchical Mobile IPv6 protocol)가 제안되었다. HMIPv6에서는 MAP(Mobility Anchor Point) 컴포넌트를 추가 하여 MAP 도메인 지역 내에서 이동 노드가 이동하는 경우에는 MAP에게만 자신의 위치를 알려서 전체 시그널링 비용을 줄일 수 있다. 그러나 이동 노드가 MAP 영역 내에서 빈번하게 AR(Access Router)를 변경하며 이동할 경우 LocalBU(Binding Update) 메시지들은 이동 노드가 연결된 네트워크에 많은 부하를 줄 뿐만 아니라 MAP의 병목 현

상을 유발한다. 게다가 현재 비활동 상태에 있는 이동 노드의 경우 실제 데이터 통신이 이루어지고 있지 않으므로 LocalBU가 필요 없게 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 HMIPv6에 페이징 기술을 적용시키기 위한 많은 노력이 이루어지고 있다[6][7].

페이징은 비활동 상태에 있는 이동 노드가 몇 개의 AR 또는 라우터를 하나의 영역으로 인식하고 이 영역 안에서 이동할 경우 MAP에게 LocalBU 메시지를 전송하지 않게 된다. 그리고 비활동 상태에 있는 이동 노드에게 전송되어야 하는 데이터를 받았을 경우 MAP은 이동 노드를 찾기 위한 위치 추적 과정을 수행해서 이동 노드를 찾은 후 데이터를 포워딩한다.

페이징 기술에서 영역 설정을 위해 이동 노드당 동

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음.

일한 영역을 부여하는 정적 영역 설정과 이동 노드의 상태와 네트워크 혼잡 정도, 이동 노드와 MAP 간의 거리 등을 고려한 동적 영역 설정이 제안되고 있다 [4][7]. 하지만 위와 같은 영역 설정은 이동 노드가 새로운 네트워크에 접근 하는 순간 대부분 결정 되는 것으로 연결된 이후의 변화에 민첩하게 대응하지 못하게 된다. 따라서 본 논문에서는 특별한 영역 설정 없이 이동 노드의 움직임에 기반한 페이징 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 HMIPv6의 일반적인 구조에 대해 알아보고 페이징의 필요성에 대해 기술한다. 3 장에서는 논문에서 제시한 이동 노드의 움직임에 기반한 페이징 기법에 대해 알아보고 4 장에서는 HMIPv6, 페이징 기법과 비교 분석하도록 한다. 4 장은 결론과 향후 연구과제에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 HMIPv6

MIPv6 에서 이동 노드들을 계층적으로 관리하기 위해 지역 HA 기능을 수행하는 MAP(Mobility Anchor Point) 컴포넌트를 새롭게 추가한 HMIPv6 가 도입되었다. 이동 노드가 MAP 이 관리하는 영역에 진입하면 AR(Access Router)에서 주기적으로 전송되는 RA(Router Advertisement) 메시지를 받는다. 이 메시지에는 AR 가 MAP 의 영역 내에 있음을 알리는 MAP 옵션을 포함하고 있다[1]. MAP 옵션이 포함된 RA 메시지를 받은 노드는 RCoA(Regional Care of Address)와 LCoA(Link Care of Address)를 생성하고 MAP 에게 Local BU 과정을 수행하게 된다.

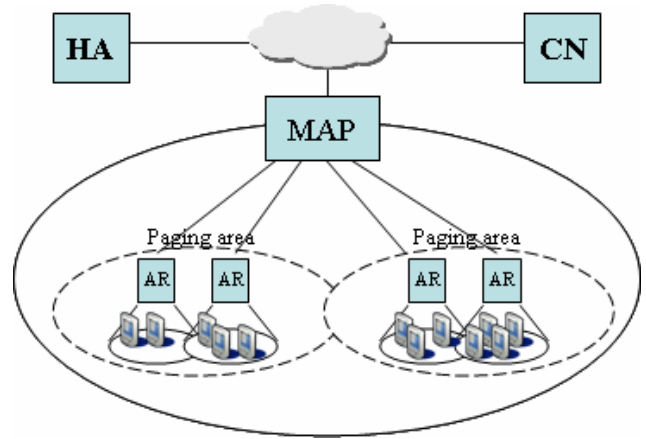
바인딩 과정을 성공적으로 완료한 후 이동 노드는 자신의 HA(Home Agent)와 CN(Correspondent Node)에 대해 GlobalBU(Global Binding Update)를 실행한다. 바인딩 업데이트가 완료되면 이동 노드로 전달되는 데이터는 RCoA 로 보내지게 된다. 이후부터 이동 노드가 MAP 영역을 벗어 나기 전까지 이동하면서 AR 를 변경하게 되더라도 동일한 RCoA 를 가지게 되므로 LocalBU 만을 수행하게 된다. 그러나 MAP 은 이동 노드에게 들어오는 모든 패킷을 수집하므로 MAP 에서 병목현상이 생길 수 있다. 또한 실제로 데이터 통신을 하지 않고 있는 비활성 상태인 이동 노드가 접속한 AR 가바뀔 때 마다 BU 메시지를 MAP 에게 보내는 것은 매우 비효율적이다. 그러므로 HMIPv6 에 페이징을 적용하는 것은 네트워크 전체 그리고 MAP 의 병목 현상을 줄여주는데 큰 역할을 할 수 있다[3].

2.2 페이징

이동 노드가 이동하면서 여러 네트워크를 거치게 되면 그에 따른 핸드오프가 일어나게 된다. 이것은 네트워크에 부하를 주게 되고 이동 노드의 전력 소모도 커지게 된다. 따라서 위와 같은 문제를 해결하기 위해 셀룰러 망에서 사용되고 있는 페이징 기술을 적용하기 위한 노력이 이루어 지고 있다[4][5].

페이징이란 데이터 통신이 이루어 지고 있지 않은

이동 노드에 대해 몇 개의 BS(Base Station) 또는 라우터를 하나의 영역으로 인식하고 이 영역 안에서 이동할 경우 새로운 지점으로 이동하였음을 홈 에이전트에 알리지 않는 방법을 말한다. 또 그러한 영역을 페이징 영역 (Paging Area)이라고 한다.



(그림 1) HMIPv6 에 적용된 페이징 기법

비활성 상태의 노드가 이동하면서 (그림 1)과 같은 페이징을 지원하는 네트워크에 접속하게 되면 노드는 페이징 영역 내에서 AR 를 변경하게 되더라도 LocalBU 를 수행하지 않게된다. 따라서 페이징 사용을 통해 이동 노드가 연결된 네트워크에 주던 부하를 줄일 수 있게 되고 동일한 페이징 영역 내에서 전송했던 메시지가 감소하기 때문에 이동 노드의 전력 손실을 막을 수 있다[3].

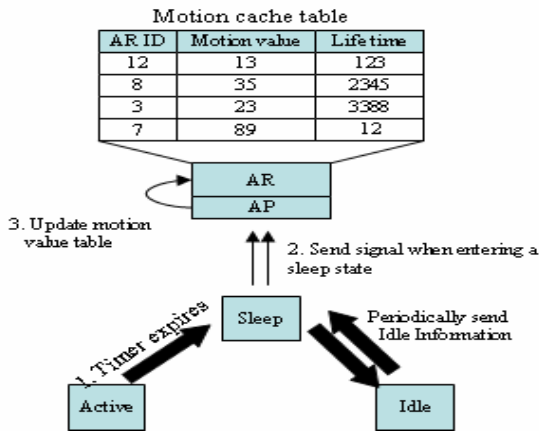
3. 이동 노드의 움직임에 기반한 페이징 기법

3.1 이동 노드의 새로운 상태 정의

지금까지의 페이징 기법들은 이동 노드들이 활동 상태에서 특정 시간 동안 전송된 데이터가 없거나 수신을 하지 못했을 경우 비활동 상태로 변경되게 된다. 하지만 본 논문에서는 활동(Active), 비활동(Idle) 상태 외에 휴면(Sleep)상태를 두어 이동 노드가 비활동 상태로 변경되기 전 잠시 동안 휴면상태에 있게 된다.휴면상태의 이동 노드는 AR 에게 시그널을 전송하고 비활동 상태로 바뀌게 된다.

(그림 2)에서 페이징 과정은 다음과 같다.

- (1) 이동 노드가 설정된 타이머 시간 동안 데이터의 전송이 없을 경우 이동 노드는 휴면 상태로 들어간다.
- (2) 이동 노드가 휴면 상태로 바뀌면서 전송된 시그널은 AR 의 2 계층 AP(Access Point)에서 수신하고 AP 는 이동 노드가 비활동 상태로 변경된다는 정보를 3 계층 AR 에게 보내게 된다.
- (3) AR 는 이 정보를 바탕으로 Motion cache 테이블을 업데이트하게 되고 주기적으로 다른 AR 들과 테이블 정보를 교환하게 된다.

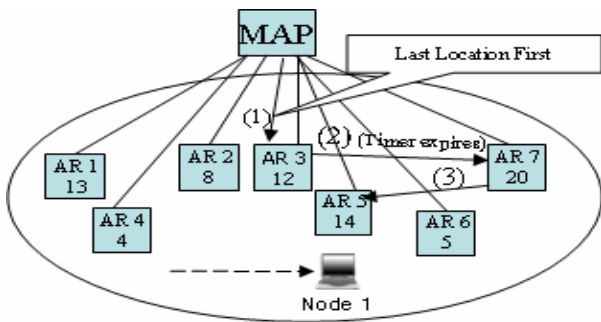


(그림 2) 이동 노드의 상태 변화 및 Motion cache 테이블

AR가 관리하고 있는 Motion cache 테이블에서 활동 상태에 있는 이동 노드들의 총 개수를 의미 하는 움직임값은 MAP 영역안에 있는 AR 들 사이에서 정보 교환이 발생할 때 포함되어 각 AR 들에게 전달되게 된다. 그래서 모든 AR 들은 MAP 영역 안에 포함된 다른 AR 들의 움직임값을 가지게 되며 휴면 노드를 찾기 위한 트래킹 과정에서 사용하게 된다. (그림 2)에서 테이블의 각 엔트리(entry)들은 시스템에서 설정한 유효시간(life time)을 가지게 되며 시간이 만료 되게 되면 초기화 된다.

3.2 Last-Location 알고리즘과 트래킹

본 논문에서 제안한 이동 노드의 움직임에 기반한 페이징은 특별히 페이징 영역을 나누는 것을 필요로 하지 않는다. 이것은 비활성 노드를 찾기 위한 트래킹 과정에서 영역을 사용하지 않는다는 것을 의미한다. 대신 노드 검색 시작 시 비활동 상태의 이동 노드를 찾는 페이징 알고리즘은 효율성이 가장 뛰어난 것으로 알려진 Last-Location 알고리즘을 사용하여 가정 먼저 검색을 시작할 AR를 선정한다[10].



(그림 3) 제안된 페이징 기법이 적용된 HMIPv6

- (1) MAP은 알고리즘에 의해 마지막으로 LocalBU를 수행했던 AR에게 페이징 시작 요청을 보내게 된다. AR은 해당 노드를 찾기 위해 RA 메시지를 전송하고 응답을 기다리기 위해 타이머를 작동시킨다.
- (2) 타이머가 만료 될 때 까지 응답을 받지 못하게 되면 AR은 자신이 관리하는 영역에 해당 이동 노드가 없다고 판단한다.

(3) 다음 AR 검색을 위해 이동 노드의 움직임이 가장 많은 AR에게 메시지를 보낸다.

(그림 3)에서 AR5가 관리하는 영역에 접속해있는 비활성 상태의 이동 노드 1에게 전송되어야 할 데이터는 MAP에게 전송된다. 비활성 상태의 이동 노드를 찾기 위해 제안된 페이징 기법에서는 Last Location 알고리즘에 의해서 노드가 마지막으로 LocalBU를 수행했던 AR3에게 페이징 시작 메시지를 보낸다.

비활성 상태의 이동 노드를 찾기 위한 RA 메시지 전송 후 Timer 시간동안 응답을 못하게 될 경우 AR 3는 MAP 영역 내에서 이동 노드의 움직임값이 가장 높은 AR7에게 노드 1을 찾기 위한 메시지를 전송하게 된다. 트래킹 메시지를 수신한 AR7 또한 Timer 시간 동안 대기후 응답을 받지 못할 경우 다음으로 움직임값이 많은 AR5에게 메시지를 전송하게 되고 AR5에 접속되어 있던 노드 1은 MAP에게 BU 메시지를 전송함으로써 페이징 과정이 종료된다. 위 과정에서 제안된 페이징 기법의 특징을 보면 Last-Location 알고리즘을 적용해 이동 노드를 찾기 위한 트래킹 과정을 시작할 AR를 선출함으로써 페이징 과정을 줄일 수 있고 해당 이동 노드를 찾지 못할 경우 이동 노드의 움직임값이 가장 많은 AR부터 차례로 트래킹 과정을 수행하게 되므로 이동 노드들이 많은 대형 네트워크망에서 보다 뛰어난 성능을 발휘할 수 있다.

4. 성능 평가

본 논문에서는 정확한 성능 평가를 위해 [10][11]에서 정의된 시스템 파라미터를 사용한다.

<표 1> System parameters

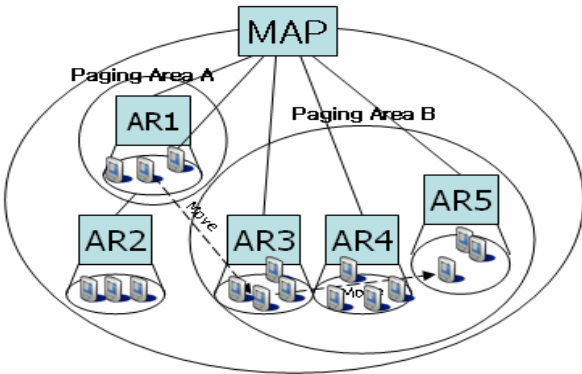
Bit rate		Processing time	
Wire link	155 Mbps	Routers (HA,FA)	0.5 msec
Wireless link	144 Kbps	Nodes (MN)	0.5 msec
Propagation time		Data size	
Wire link	0.5 msec	Message size	50 bytes
Wireless link	2 msec		

이전에 제안된 페이징 기법들과 본 논문에서 제안한 페이징 기법을 비교하기 위해 <표 1>의 파라미터들을 바탕으로 성능평가에 사용할 변수들과 값을 정의하였다.

<표 2> Performance parameters

Variables	Definitions	Values
PREQ_Init	Paging init request time from MAP to AR	0.13 msec
PREQ_AR-AR	Paging request time from AR to AR	1.0 msec
PREQ_AR-MN	Paging request time from AR to MN	5.37 msec
BUREQ_MN-MAP	BU request time from MN to MAP	5.37 msec
BUREP_MAP-MN	BU reply time from MAP to MN	5.37 msec
PINFO_MN-AR	Paging Information from MN to AR	3.89 msec
SREQ_MAP-AR	Service Request from MAP to AR	1.0 msec

그리고 보다 정확한 성능 측정을 위해 다음과 같은 네트워크가 구성되어 있다고 가정한다.



(그림 4) 성능 평가를 위한 가상의 네트워크

(그림 4)에서 AR1에서 AR5로 이동한 이동 노드를 찾기 위한 비용을 HMIPv6, 페이징 기법, 그리고 제안한 기법으로 나누어 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{HMIPv6} = (\text{PREQ_MN-MAP} * 4) + \text{SREQ_MAP-AR} + (\text{PREQ_AR-MN} * 3) + \text{BUREQ_MN-MAP} + \text{BUREP_MAP-MN} = 48.50 \text{ msec}$$

$$\text{페이징 기법} = (\text{PREQ_MN-MAP} * 2) + \text{PREQ_Init} + (\text{PREQ_AR-AR} * 2) + (\text{PREQ_AR-MN} * 3) + (\text{PREQ_AR-MN} * 4) + \text{BUREQ_MN-MAP} + \text{BUREP_MAP-MN} = 60.19 \text{ msec}$$

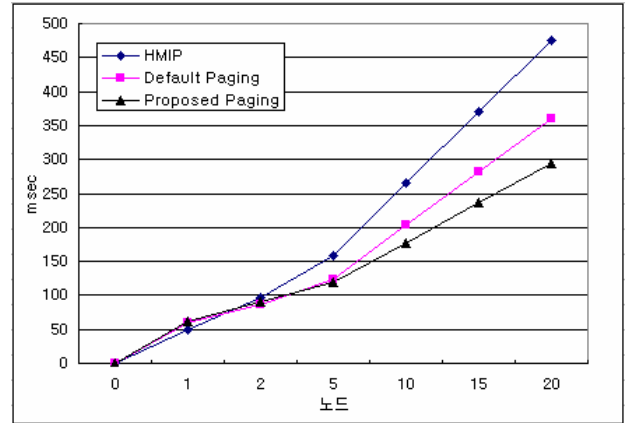
$$\text{제안한 기법} = (\text{PINFO_MN-AR} * 3) + \text{PREQ_Init} + (\text{PREQ_AR-AR} + \text{PREQ_AR-MN} * 4) + \text{PREQ_AR-AR} + (\text{PREQ_AR-MN} * 3) + \text{BUREQ_MN-MAP} + \text{BUREP_MAP-MN} = 61.30 \text{ msec}$$

가상 네트워크에서 한 개의 이동 노드만이 이동한다고 가정한 단순 비교에서는 제안한 기법이 가장 많은 비용을 필요로 한다. 이것은 움직임값을 구하기 위해 주기적으로 사용하는 PINFO_MN-AR 메시지 때문이다. 하지만 PINFO_MN-AR 메시지는 특정 AR 영역에 속한 이동 노드가 증가 할수록 트래킹 비용을 감소시킨다. 또한 실제 네트워크에서는 최소 100 개 이상의 이동 노드들이 존재할 것이다. 보다 정확한 성능 평가를 하기 위해 다른 모든 파라미터와 변수를 고정시키고 네트워크에서 이동 노드의 수를 점차적으로 늘려가며 계산한 결과 (그림 5)를 얻게 되었다.

(그림 5)에서 이동 노드의 수가 적을 때는 결과 값이 크게 차이가 나지 않지만 이동 노드의 수가 증가함에 따라 HMIPv6 보다 56%의 성능 향상을 이루었다. 또한 페이징 기법보다 18%의 성능 향상을 가져와 본 논문에서 제안한 페이징 기법이 보다 효율적임을 증명하였다.

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서 제안한 페이징 기법을 통해 이동 노드들이 빈번하게 이동하는 네트워크에서 전체 메시지를 줄이고 이동 노드의 전력 손실을 줄일 수 있었다. 하



(그림 5) 이동 노드의 증가에 따른 트래킹 비용

지만 중소규모의 네트워크에서는 제안한 페이징 기법보다 노드의 상태와 네트워크 상황, 노드와 MAP 간의 거리 등을 고려한 동적 페이징 기법이 더욱 효과적이다.

향후 과제로 네트워크에 규모에 따라 동적 페이징 기법과 이동 노드의 움직임에 기반한 페이징 기법의 혼용에 관해 연구 하겠다.

참고문헌

- [1] Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki, L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management", Internet experimental RFC 4140, August 2005.
- [2] 이준섭, 민재홍, "효율적인 페이징 관리를 위한 동적 페이징 영역 설정 기법", 한국 해양 정보통신학회, 춘계종합학술대회지, Vol.6, pp. 354 - 364, 2002.
- [3] 정계갑, 이상욱, 김준년, "페이징 영역 크기에 따른 계층적 이동 IPv6의 성능분석", 정보통신학회 논문지, Vol. 28, pp. 964 - 974, 2003.
- [4] 정유진, 최종원, "HMIPv6 환경에서 새로운 동적 페이징 기법", 정보과학회논문지, Vol. 32, pp. 687 - 695, 2005.
- [5] I.F. Akyildiz, J.S.M. Ho and Y. B. Lin, Movement-based location update and selective paging for PCS networks, IEEE ACM, vol.4, pp. 629 - 638, 1996.
- [6] B.Sarikaya, X. Xu, V. K. Choyi, A. Krywaniuk, "Mobile IPv6 Hierarchical paging", September 2001.
- [7] R. Ramjee, L.Li, "IP paging Service for Mobile Hosts", ACM SIGMOBILE, vol.8, pp. 427 - 441, 2002.
- [8] C.E. Perkins, IP mobility support for IPv4, Request for Comments (RFC_3220), January 2002.
- [9] Claude Castelluccia, "Extending Mobile IP with Adaptive Individual Paging : A Performance Analysis," ACM SIGMOBILE, 2001
- [10] J.McNair, I. F. Akyildiz, M. D. Bender, "Handoffs for real-time traffic in mobile IP version 6 networks", IEEE GLOBECOM, vol.6. pp. 3463-3467, 2001
- [11] J.Xie, I. F. Akyildiz, "An optional location management scheme for minimizing signaling cost in mobile IP", IEEE ICC, vol.5, pp. 3313 - 3317, 2002.