

WiBro에서 마코프 체인을 이용한 성능분석

박원길¹, 김형진^{2*}

¹성균관대학교 유비쿼터스 컴퓨팅 기술연구소, ²전북대학교 응용시스템공학부

Performance Analysis using Markov chain in WiBro

Won-Gil Park¹ and Hyoung-Jin Kim^{2*}

¹Ubiquitous Computing Technology Research Institute, Sunyunkwan University

²Division of Applied System Engineering, Chonbuk National University

요약 WiBro의 ACR(Access Control Router)은 ACR간을 움직일 때만 홈 에이전트와 상대 노드에게 위치등록을 하므로, 위치등록비용은 MIPv6에 비해 적지만, 이동 노드의 송수신되는 모든 패킷들은 ACR을 통해 전달되기 때문에 ACR이 관리하는 이동노드의 수가 많아지면 ACR의 패킷처리비용은 증가한다. 따라서 ACR도메인 내에 있는 이동 노드들을 관리하는 ACR이 잘 작동한다면 ACR도메인 내의 통신상태는 원활하다. 그러나 ACR이 잘 작동하지 않으면 네트워크의 delay가 발생하므로 ACR의 역할은 중요하다. 본 논문에서는 WiBro의 효율적인 작동을 위해 ACR의 성능을 측정한다. 이를 위해, 성능평가 요소로서 이동노드의 거부확률(deny probability)와 ACR 성능의 총이익을 사용한다. 그리고 이동모델로서 랜덤워크 모델을 이용한다.

Abstract The ACR (Access Control Router) of WiBro processes location registration of the Correspondent Node and Home Agent as the Correspondent Node moves between ACRs. Therefore, the location update cost is low compared with MIPv6. However, all packets which are sent and received are sent through the ACR, so as the number of mobile nodes that are managed by the ACR increases, the cost of packet delivery also increases. Therefore, the communication state of the ACR domain remains smooth when the ACR which manages the mobile node in the ACR domain has good performance. However, network delays occur unless the ACR performs well, so the role of the ACR is important. In this paper, we analysis performance of the ACR for efficient realization of the WiBro standard. By using the Deny Probability and the Total Profit of ACR performance and apply it to the Random Walk Mobility model as the mobility model.

Key Words : WiBro, Access Control Router, Deny probability, Total profit

1. 서론

IP기반 무선망에서 실시간 서비스를 지원하기 위한 이동성 관리에 대한 중요성이 커짐에 따라 Internet Engineering Task Force(IETF)에서는 IPv6이동성 관리 프로토콜인 Mobile IPv6(MIPv6)를 제안하였다[1]. 그러나 이 방식은 이동 단말이 다른 IP 프리픽스 도메인(Prefix Domain)으로 이동할 때마다 새로운 주소(NCoA)를 자신의 홈 에이전트(HA:Home Agent) 및 상대노드(CN:Correspond Node)와 갱신하는 과정을 수행해야한다. 이러한 갱신과정은 이동 노드가 빈번하게 이동할수록 이

동 노드의 위치등록을 위한 오버헤드가 증가한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 나온 것이 HMIPv6(Hierarchical MIPv6) 와 FMIPv6(Fast Handover for MIPv6)이다.

HMIPv6은 MAP(Mobility Anchor Point)라는 에이전트를 추가하여 지역이동성을 문제를 해결하였다[2]. FMIPv6은 링크계층(Layer 2)의 트리거(Trigger)기법을 이용한 예측된 빠른 핸드오버 처리와 패킷 손실 방지를 위한 터널기반의 핸드오버를 지원한다[3].

IPv6 기반인 WiBro(Wireless Broadband)는 IEEE 802.16 표준에서 PHY(physical)에 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)이 적용된 2.3GHz의 대역

*교신저자 : 김형진(kim@chonbuk.ac.kr)

접수일 09년 11월 02일

수정일 10년 01월 05일

게재확정일 10년 01월 20일

을 사용하며, PSS(Portable Subscriber Station)가 정지 및 이동 중에서도 언제, 어디서나 중속으로 무선인터넷 접속이 가능한 서비스이다. WiBro 서비스의 특징은 정지 및 보행뿐만 아니라 중속의 이동성 및 상향링크 1Mbps, 하향링크 3Mbps의 데이터 전송률을 지원한다[4, 5]. 모바일이 움직일때마다 홈 에이전트와 상대노드에게 위치등록을 하는 MIPv6에 비해 WiBro는 ACR 간을 이동할때만 위치 등록을 하기 때문에 위치등록비용이 작다. 그러나 이동노드로 송수신되는 모든 패킷들은 ACR을 통해야 하기 때문에 ACR이 관리하는 이동노드의 수가 많아지면 ACR의 패킷 처리비용이 증가한다. ACR은 ACR 도메인 내에 있는 이동 노드들을 관리한다. 그러므로 ACR이 잘 작동한다면 ACR 도메인 내의 통신상태는 원하지만 ACR이 잘 작동하지 않으면 네트워크의 지연이 발생하게 되므로 ACR의 역할은 중요하다. 본 논문에서는 WiBro의 효율적인 작동을 위해서 ACR의 성능을 측정한다.

성능평가 요소로서 이동노드의 거부 확률과 ACR성능을 이용한 MIPv6 총비용과 WiBro의 총비용의 차인 총이익을 사용하고, 이동모델은 랜덤워크 모델을 이용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구인 MIPv6와 WiBro의 기술에 대해 알아보고, 이동모델인 랜덤워크 모델을 서술한다. 3장에서는 마코프 체인을 사용하여 ACR의 성능분석을 위한 분석 모델을 정의한다. 4장에서는 성능분석에 대한 결과를 서술하고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

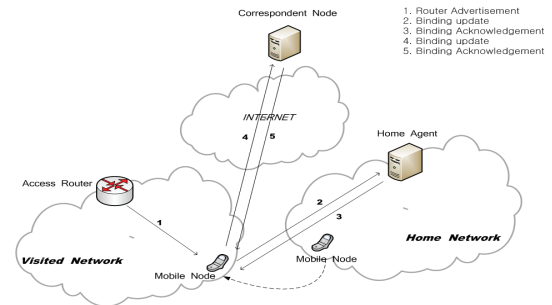
2.1 MIPv6

MIPv6는 이동 노드의 이동에 상관없이 항상 인터넷 서비스를 제공하기 위한 프로토콜이다[1].

AR(Access Router)는 이동노드에게 서비스를 제공하기 위한 무선중계기로, 이동노드가 새로운 AR로 이동할 때마다 CoA(Care-of Address)를 다시 구성한다. 이 CoA는 홈 네트워크가 아닌 다른 네트워크에서 인터넷 서비스를 제공받기 위해 사용되는 이동 노드의 임시주소이다. 이때 이동 노드는 AR주소의 Prefix를 이용하여 CoA를 구성한다. 이동노드가 다른 AR로 이동하여 새로 생성한 CoA를 홈 에이전트와 현재 통신하고 있는 상대노드에게 알린다.

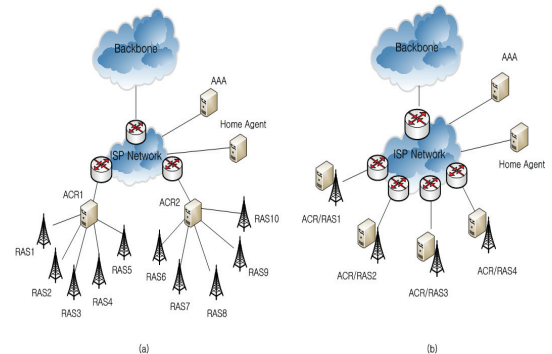
그림 1은 MIPv6의 기본동작과정을 나타낸다. 새로운 AR로 이동한 이동 노드는 위치등록 메시지인 BU(Binding Update)를 홈 에이전트에게 보낸다. 그러면

홈 에이전트는 BU에 대한 응답으로 BA(Binding Acknowledgement)를 이동노드에게 보낸다. 마찬가지로 상대노드에게 BU을 보내고 BA을 받으므로 이동노드는 상대노드와 위치등록을 한다. MIPv6은 이동성을 가진 모바일 노드가 새로운 AR로 이동할 때마다 이동노드의 위치를 홈 에이전트와 상대노드에게 항상 위치를 등록해야 한다는 문제점을 가지고 있다.



[그림 1] MIPv6 구조

2.2 WiBro (Wireless Broadband)



[그림 2] WiBro 구조

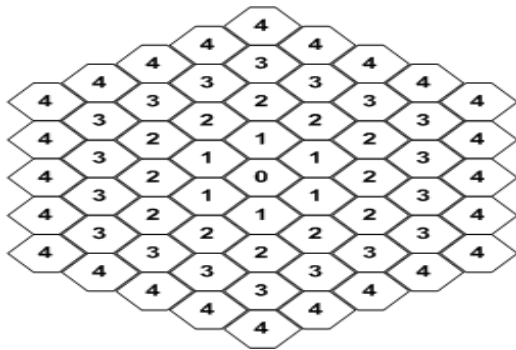
PSS(Portable Subscriber Station)가 정지 및 이동 중에도 언제, 어디서나 중속으로 무선 인터넷 접속이 가능한 서비스로 노트북 및 PDA의 사용이 보편화 되면서 관심을 받는 기술로 IEEE 802.16 표준에서 PHY(Physical)에 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)이 적용된 2.3GHz의 대역을 사용한다. WiBro의 특징은 정지 및 보행중에 중속의 이동성 및 상향링크 1Mbps, 하향링크 3Mbps의 데이터 전송률을 지원한다.

WiBro는 다음과 같은 PSS, RAS, ACR의 구성요소를 가진다. PSS(Portable Subscriber Station)은 가입자가 휴대 인터넷 서비스를 제공받기 위해 사용하는 기기이다. RAS(Radio Access Station)은 유선네트워크 종단에서 무

선 인터페이스를 통하여 PSS와 송수신을 하는 구성요소이다. ACR(Access Control Router)sms PSS와 RAS를 제어하고 IP패킷을 라우팅하는 구성요소이다. 그림2는 WiBro 구조를 보여준다.

2.3 이동모델

본 논문에서는 이동모델로 랜덤워크 모델을 사용한다 [6-10]. 각각의 ACR 도메인의 크기가 같고 ACR 도메인은 그림 3과 같이 Hexagonal cellular 네트워크 구조로 되어 있다고 가정한다. 가장 안쪽에 있는 셀을 ‘0’이라고 하고, ‘0’ 셀 주위의 셀을 ‘1’이라고 부르고, 비슷하게 2, 3으로 번호를 매긴다. 따라서 r번째 링의 셀의 개수는 6r이기 때문에 셀의 개수 N(D)은 식 (1)과 같다.



[그림 3] Hexagonal cellular 네트워크 구조

$$N(D) = 1 + 6 \cdot \sum_{d=1}^D d = 1 + 3 \cdot D \cdot (D + 1) \quad (1)$$

그림3에서 이동노드가 d번 셀에 위치하여 다른 셀로 이동할 경우, 중앙 셀로부터 거리가 늘어나거나 줄어드는 확률은 다음과 같다.

$$P^+(d) = \frac{2d+1}{6d} \quad \text{and} \quad P^-(d) = \frac{2d-1}{6d} \quad (2)$$

본 논문에서 마코프 체인의 상태 $d(d \geq 0)$ 은 이동 노드가 현재 위치한 셀과 중앙 셀 간의 거리로 정의한다. 따라서 상태 d은 이동 노드가 위치한 링의 색인과 같고 이동 노드가 d번째 링에 있다면 이동 노드는 상태 d에 있다고 말할 수 있다. 상태전이확률 $\alpha_{d,d+1}$ 와 $\beta_{d,d-1}$ 은 이동 노드가 현재 위치한 셀과 ACR 도메인의 중앙 셀 간의 거리가 각각 증가하고 감소하는 확률이라고 정의한다. 그리

고 q는 이동 노드가 현재 셀에서 움직이지 않고 머무는 확률이라 정의한다. 그러면 식(2)에 의해서 각각의 상태 전이확률은 다음과 같이 유도 된다.

$$\alpha_{d,d+1} = \begin{cases} (1-q) & \text{if } d=0 \\ (1-q)p^+(d) & \text{if } 1 \leq d \leq D \end{cases} \quad (3)$$

$$\beta_{d,d-1} = (1-q)p^-(d) \quad \text{if } 1 \leq d \leq D \quad (4)$$

식(3)과 식(4)에 의해 ACR도메인 내에서 상태 d에 대한 정상상태 확률(steady-state probability)는 식(5)와 같다.

$$P_{d,D} = P_{0,d} \prod_{i=0}^{d-1} \frac{\alpha_{i,i+1}}{\beta_{i+1,i}} \quad \text{for } 1 \leq d \leq D \quad (5)$$

식 $\sum_{d=0}^D P_{d,D} = 1$ 이므로 이동 노드가 상태 0에 있을 확률은 식 (6)과 같다.

$$P_{0,D} = \frac{1}{1 + \sum_{d=1}^D \prod_{i=0}^{d-1} \frac{\alpha_{i,i+1}}{\beta_{i+1,i}}} \quad (6)$$

3. 제안기법

홈 에이전트는 자신의 네트워크 안에 있는 어떠한 외부 노드에게도 인터넷 연결성을 제공하지 않는다. 이는 홈 에이전트가 관리하는 이동노드의 수가 고정되어 있기 때문이다. 이에 반해 WiBro에서 ACR(Access Control Router)은 ACR 도메인 안에 있는 모든 노드들에게 인터넷 연결성을 제공한다. 이 말은 ACR이 관리하는 이동 노드의 개수가 정해져 있지 않다는 것이다. 따라서 ACR 도메인안에서 이동 노드의 개수가 증가하여 ACR이 더 이상의 이동 노드에게 인터넷 연결성을 제공해 줄 수 없으면, ACR 도메인 안으로 새로 들어오는 이동노드는 ACR에게 연결성을 제공받을 수 없다.

본 논문에서는 이러한 경우가 발생할 확률을 거부 확률(deny probability)라고 한다. 거부 확률을 줄이기 위해서는 ACR의 성능을 올림으로서 해결할 수 있지만, 이는 리소스의 낭비가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 ACR 도메인 안으로 들어오는 이동노드의 도착율과 거부확률

을 고려하여 ACR의 최적 성능을 구한다.

3.1 가정(Assumption)

분석모델을 위한 마코프 체인 모델을 세우기 위해 다음과 같은 가정을 한다

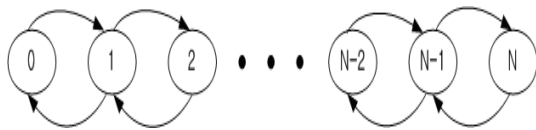
- ① 이동노드의 도착과정은 평균 λ 의 포아송 분포를 따른다
- ② 이동노드를 위한 서비스 시간은 평균 μ 의 지수분포를 따른다
- ③ ACR의 용량은 N 으로 나타내며, ACR이 제공할 수 있는 이동노드의 최대 개수를 나타낸다

분석모델을 위한 정의와 기호를 다음과 같이 정의한다.

MIPv6의 총비용은 이동 노드가 ACR 도메인에 머무는 동안 MIPv6로 인터넷 서비스를 제공받기 위해 사용되는 비용으로, C_{MIP} 로 표시하고, WiBro의 총비용은 이동 노드가 WiBro로 인터넷 서비스를 제공받기 위해 사용되는 비용으로, C_{WiBro} 로 표기한다. 그리고 Wibro를 사용함으로써 하나의 ACR 도메인 내에서 네트워크가 얻는 이익은 $C_{MIP} - C_{WiBro}$ 이고, 본 논문에서는 이것을 총 이익이라 한다.

3.2 마코프 체인(Markov chain)분석

그림4는 WiBro의 마코프 체인에서 상태전이 다이어그램을 나타낸것이다. 그림 4에서 λ 는 ACR 도메인 안으로 들어오는 이동 노드의 도착율을 의미하고, μ 는 이동노드가 ACR 도메인에서 밖으로 나가는 출발율을 의미한다. 따라서 μ 는 ACR의 성능을 나타낸다.



[그림 4] WiBro 마코프 체인 모델

상태 i 는 ACR도메인 내에 있는 이동 노드의 개수를 나타내고, $q(i, j)$ 는 상태 i 에서 상태 j 로 이동하는 전이율을 의미한다. 마코프 체인의 상태 전이율은 다음과 같다.

$$q(i, i+1) = \lambda \quad (0 \leq i < N) \quad (7)$$

$$q(i+1, i) = \mu \quad (0 \leq i < N)$$

$q(i, i+1)$ 은 상태 i 에서 상태 $i+1$ 로 가는 전이율이고, $q(i+1, i)$ 는 상태 $i+1$ 에서 상태 i 로 가는 전이율이다. 마코프 체인의 rate-equality principle은 다음과 같은 식을 산출한다.

$$\begin{aligned} \lambda P_0 &= \mu P_1 \\ (\lambda + \mu)P_n &= \lambda P_{n-1} + \mu P_{n+1} \quad (1 \leq n \leq N-1) \\ \mu P_N &= \lambda P_{N-1} \end{aligned} \quad (8)$$

식(8)와 $\sum_{n=0}^N P_n = 1$ 에 의해 정상상태확률 (P_k)는 다음과 같이 유도된다.

$$P_i = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^i P_0$$

$$P_0 = \begin{cases} \frac{1}{N} & , \lambda = \mu \\ \left(\sum_{k=0}^N \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k\right)^{-1} & , \lambda \neq \mu \end{cases} \quad (9)$$

P_N 은 ACR도메인 안에 이동 노드들의 수가 꽉 차 있는 상태의 확률이므로 실질적으로 ACR 도메인 안으로 들어오는 이동 노드의 도착율은 $\lambda(1 - P_N)$ 이다.

각각의 이동 노드는 ACR도메인 안에서 C_{MIP} 만큼 비용을 지불하기 때문에 단위 시간당 네트워크가 얻는 비용은 $C_{MIP} \cdot \lambda(1 - P_N)$ 이다. 그리고 이동 노드에게 인터넷 연결성을 제공하기 위해 사용되는 비용은 C_{WiBro} 이기 때문에 네트워크가 지불하는 비용은 $C_{WiBro} \cdot \mu$ 이다. 따라서 단위시간당 ACR 도메인 내의 총 이익(T_p)은 다음과 같다.

$$T_p(\lambda, \mu) = \lambda(1 - p_N) \cdot C_{MIP} - \mu \cdot C_{WiBro} \quad (10)$$

이동 노드의 거부 확률($B(\lambda, \mu)$)은 다음과 같다.

$$B(\lambda, \mu) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^N \cdot P_0 \quad (11)$$

ACR의 개수를 하나로 가정하였을 때, ACR의 사용률은 식 (12)과 같다.

$$\rho_{MAP} = \frac{\lambda(1 - P_N)}{\mu} \quad (12)$$

이동 노드가 다른 ACR 도메인 안으로 들어갔을 때, 이동 노드는 홈에이전트와 상대노드에게 자신의 위치를 등록한다. 다음에 서술하는 랜덤워크 모델에서 $P_{D,D}$ 은 이동 노드가 상태 D에 있을 정상상태 확률이므로 랜덤워크 모델을 사용했을 경우, 이동 노드가 다른 ACR도메인 으로 이동하여 홈 에이전트와 상대 노드에게 자신의 위치를 등록할 확률은 $P_{D,D} \cdot \alpha_{D,D+1}$ 이다. 따라서 T는 이동 노드가 각 셀에 머무는 평균시간이라 가정하면, 랜덤 워크 모델에서 단위시간 당 ACR 도메인 안으로 들어오는 이동 노드의 도착율은 다음과 같다.

$$\lambda = \frac{P_{D,D} \cdot \alpha_{D,D+1}}{T} \quad (13)$$

3.3 MIPv6와 WiBro의 총비용

무선/모바일 네트워크의 성능을 분석하기 위하여, location update 와 packet delivery cost로 구성된 total cost가 고려되어 진다. 제안된 방법에서 MIPv6와 WiBro 각각에서 location update cost 와 packet delivery cost는 각각 $C_{Mlocation}$, $C_{Wlocation}$, $C_{Mpacket}$, $C_{WWpacket}$ 으로 각각 나타낸다. MIPv6와 WiBro 의 total cost(C_{Mtotal} , C_{Wtotal})은 다음과 같이 획득되어 진다.

$$\begin{aligned} C_{Mtotal} &= C_{Mlocation} + C_{Mpacket} \\ C_{Wtotal} &= C_{Wlocation} + C_{WWpacket} \end{aligned} \quad (14)$$

3.3.1 location update cost

MN가 새로운 AR로 이동했을 때, MN은 새로운 CoA 을 생성하여 자신의 위치를 홈 에이전트와 상대 노드에게 등록한다. 즉 MIPv6에서, 이동 노드는 이동 노드가 움직일 때마다 자신의 위치를 등록하는 과정을 수행한다. 이에 반하여 WiBro는 새로운 ACR로 이동시 자신의 위치를 홈 에이전트나 상대노드에게 알리지만, ACR내에서의 이동일 경우에는 ACR에게만 알리고 홈 에이전트나

상대노드에게는 알리지 않는다. C_{Mg} , C_{Wg} , C_{MI} , C_{WI} 은 각각 MIPv6와 WiBro에서 global binding update와 local binding update 시그널링 코스트를 나타낸다. IP 네트워크에서, 시그널링 코스트는 두 네트워크 항목의 거리에 비례한다. C_{Mg} , C_{Wg} , C_{MI} , C_{WI} 은 아래 식으로부터 획득 된다.

$$\begin{aligned} C_{Mg} &= 2 \cdot (k \cdot D_{AR-MN} + \tau \cdot D_{HA-AR}) \\ &+ 2 \cdot N_{CN} \cdot (k \cdot D_{AR-MN} + \tau \cdot (D_{HA-AR} + D_{CN-AR})) \\ &+ PC_{HA} + N_{CN} \cdot PC_{CN} \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} C_{Wg} &= 2 \cdot (k \cdot D_{RAS-MN} + \tau \cdot (D_{HA-ACR} + D_{ACR-RAS})) \\ &+ 2 \cdot N_{CN} \cdot (k \cdot D_{RAS-MN} + \tau \cdot (D_{HA-ACR} + D_{CN-ACR})) \\ &+ PC_{HA} + N_{CN} \cdot PC_{CN} + PC_{ACR} \end{aligned} \quad (16)$$

$$C_{MI} = 2 \cdot (k \cdot D_{RAS-MN} + \tau \cdot D_{ACR-RAS}) + PC_{ACR} \quad (17)$$

어디든 τ 와 k 은 각각 유선과 무선 링크에서 전송 코스트 단위이다. PC_{HA} , PC_{CN} , 그리고 PC_{ACR} ,은 HA, CN 그리고 ACR에서 binding update 처리를 위한 처리 코스트이다. b, c, e 그리고 f 은 노드 사이의 홉 거리를 나타낸다. N_{CN} ,은 MN와 통신하는 CN의 수 을 나타낸다.

WiBro은 ACR(Access Control Router)라고 불리는 local 에이전트를 사용하는 시그널링 코스트를 최소화하여 성능을 향상시킨 것이다. ACR은 라우터의 계층 구조의 어느 레벨이든지 위치되어 질 수 있다. WiBro에서 ACR은 도메인내 에서 하위 네트워크 주변으로 움직였을 때, MN은 단지 현재의 ACR에게만 BU 메시지를 보낸다.

랜덤 walk mobility model의 항목에서, MN가 global binding update을 수행하는 확률은 다음을 따른다 :

$$P_{D,D} \cdot \alpha_{d,d+1} \quad (18)$$

특히, 만약 MN가 D ring 범위로 구성되어진 ACR 도메인의 경계링 과 D ring 범위에 위치한다면, ring D의 범위로부터 ring D+1의 범위로 움직임을 수행했다. 그때 MN은 global binding update 처리를 수행한다. 다른경우에, 이 움직임을 제외하면, MN은 단지 local binding update 처리를 수행한다. 그러므로, 일반적인 경우의 location update cost 와 시간 단위마다 제안되어진 방법은 다음의 식으로 표현되어 진다.

$$C_{MI} = \frac{P_{D,D} \cdot \alpha_{D,D+1} \cdot C_{Mg}}{T} \quad (19)$$

$$C_{WZ} = \frac{P_{D,D} \cdot \alpha_{D,D+1} \cdot C_{WZ} + (1 - P_{D,D+1} \cdot \alpha_{D,D+1}) \cdot C_M}{T} \quad (20)$$

어디든 T은 평균 셀 거주 시간을 나타낸다.

3.3.2 packet delivery cost

MIPv6와 WiBro에서 패킷 전달 비용 C_{MP} , C_{WWP} 은 다음의 식으로 계산 된다.

$$C_{MP} = C_{HA} + C_{CN-MN} \quad (21)$$

$$C_{WWP} = C_{ACR} + C_{HA} + C_{CN-MN} \quad (22)$$

식 (22)에서, C_{HA} 은 HA에서 패킷 처리를 위한 처리 비용을 나타낸다. C_{CN-MN} 은 CN 으로부터 MN까지의 패킷 전송 비용을 나타낸다. WiBro에서, ACR은 매핑 테이블을 관리하고, MN의 현재 위치(LCoA)을 트래킹하기 위하여 사용되어졌다. MN를 가리키는 모든 패킷은 HA에 의해서 받아질것이고, 매핑 테이블을 사용하여 MN의 CoA로 터널 되어진다. 그러므로 lookup time은 매핑 테이블을 위하여 요구되어지고 고려되어지는 것이 필요하다. 특히, 패킷이 ACR에 도착되었을 때, ACR은 매핑 테이블로부터 목적지 MN의 현재 CoA를 선택하고, 패킷은 MN로 라우트 되어진다. 그러므로 ACR에서 처리 비용은 lookup cost (C_{lookup}), 라우팅 비용($C_{routing}$)으로 나누어진 다. lookup cost는 매핑 테이블의 크기에 비례되어진다. 매핑 테이블의 크기는 도메인의 범위내에 위치되어진 MN의 수에 비례한다[11]. 다른 한편으로, 라우팅 비용은 특별한 도메인에 속하는 AR의 수의 대수에 비례한다 [12]. 식(24)에서, S은 패킷의 단위에서 평균 세션 사이즈를 λ_s 는 세션 도착율을 나타낸다. α 와 β 는 weighting 요소이다. N_{MN} 은 도메인에 위치되어진 유저의 총 수이다. 이 논문에서 우리는 AR의 범위에 위치된 유저의 평균수는 K 라고 가정하였다. 그러므로, 유저의 토탈 수는 식 (23)을 사용하여 획득되어질 수 있다.

$$N_{MN} = N_{AR} \times k \quad (23)$$

$$C_{ACR} = \lambda_s \cdot S \cdot (C_{lookup} + C_{routing}) \quad (24)$$

$$= \lambda_s \cdot S \cdot (\alpha N_{MN} + \beta \log(N_{AR}))$$

WiBro에서 route optimization은 삼각 라우팅 문제를 해결하기위하여 사용되어졌다. 그러므로 단지 세션의 첫 번째 패킷은 MN가 다른 네트워크로 움직이는지 아닌지를 감지하기 위여 HA로 전송한다. 그 후에, 세션의 모든

연속하는 패킷은 직접적으로 MN로 라우트 된다. HA에서 처리 비용은 다음과 같이 계산되어질 수 있다 :

$$C_{HA} = \lambda_s \cdot \theta_{HA} \quad (25)$$

θ_H 은 HA에서 단위 패킷 처리 비용을 나타낸다. WiBro가 route optimization을 지원한 이후, WiBro에서 전송 비용은 식(26)을 사용하여 획득되어질 수 있다.

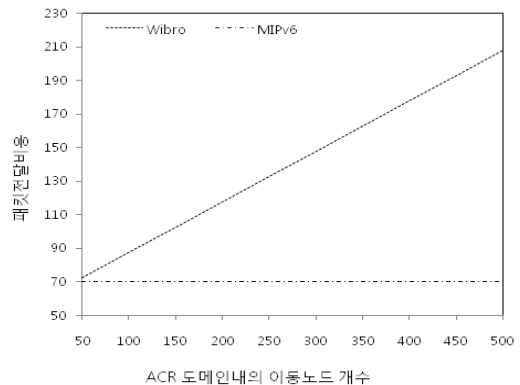
$$C_{CN-MN} = \tau \cdot \lambda \cdot ((S-1) \cdot (D_{CN-ACR} + D_{ACR-RAS}) + (D_{HA-CN} + D_{CN-ACR} + D_{ACR-RAS})) + K \cdot \lambda \cdot S \quad (26)$$

4. 분석결과

[표 1] 시스템 파라미터

Parameter	α	β	τ	k	DHA-ACR	DCN-ACR
value	0.1	0.2	1	2	8	6
Parameter	DHA-CN	N_{CN}	PC_{HA}	PC_{CN}	PCACR	DACR1-ACR2
value	6	2	24	6	10	1
Parameter	DRAS-MN	DACR-RAS	λ_1	λ_2		
value	1	2	0.1	0.2		

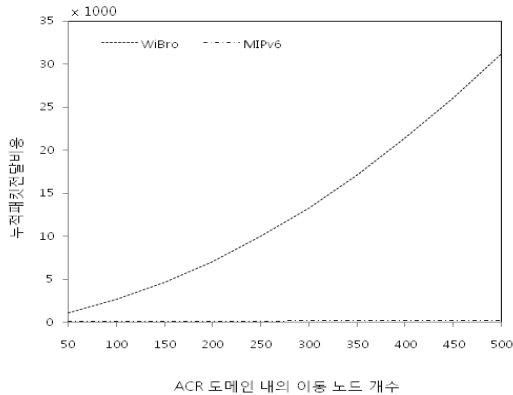
표 1은 성능분석을 위한 파라미터 값이다[6,7,11].



[그림 5] ACR 도메인 내의 이동 노드 개수에 따른 이동 노드 당 패킷전달비용

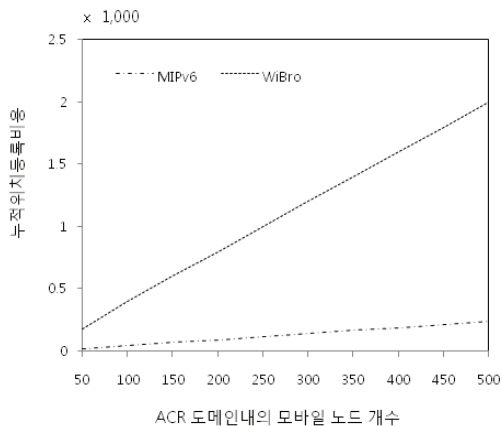
그림 5는 도메인 ACR안에서 이동노드의 증가에 따른 각 이동 노드당 패킷 전달 비용을 나타낸 것이다. WiBro

의 도메인 ACR안에 이동 노드가 증가할수록 패킷 처리 비용은 일정하게 증가한다, 반면, MIPv6의 경우 패킷 처리비용은 일정하다. 이는 WiBro의 ACR의 패킷 처리비용은 식(24)에서와 같이 이동노드의 개수에 비례하기 때문에 이동노드가 증가하면 패킷 처리비용도 일정하게 증가하는 것이다.



[그림 6] ACR 도메인 내의 이동 노드 개수에 따른 누적 패킷전달비용

그림 6은 WiBro의 ACR 도메인 내에서 이동 노드의 개수에 따라 모든 이동 노드의 패킷 처리비용을 합한 것이다. WiBro의 ACR 도메인 내에서 누적 패킷 처리비용이 이동 노드 수의 제곱에 비례하고, MIPv6은 이동 노드의 수에 비례한다.



[그림 7] ACR 도메인 내의 이동 노드 개수에 따른 누적 위치등록비용

그림 7은 각 이동 노드의 위치 등록비용을 합한 것이

다. WiBro 와 MIPv6의 누적 위치 등록비용이 일정하게 증가한다.

5. 결론

정지 또는 이동 중에도 고속인터넷 접속이 가능한 무선인터넷 규격인 WiBro는 유선망이 갖는 기존 시스템의 한계를 극복하여 최소 시속 60Km 이하의 이동성을 지원하며 실내외에서 끊임없이 초고속 무선인터넷 서비스를 제공할 수 있도록 설계되어있다. 그러나 PSS와 RAS을 제어하고 IP패킷을 라우팅하는 ACR은 이동노드로 송수신되는 모든 패킷을 전달하므로, 이동노드의 개수가 증가하면 패킷처리비용이 증가한다. 본 논문에서는 WiBro의 ACR 성능을 마코프 체인을 이용하여 분석하였다. 분석 결과, ACR안에 이동 노드가 증가 할수록 MIPv6의 경우는 패킷 처리비용이 일정하지만, WiBro는 이동노드의 증가에 따라 일정하게 증가한다. 따라서 누적 패킷처리비용이 MIPv6에서는 이동노드의 수에 비례하여 증가하지만 WiBro는 이동노드수의 제곱에 비례함을 볼 수 있으며 위치등록비용은 WiBro와 MIPv6가 각각 일정하게 증가함을 볼 수 있다.

참고문헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC 3775, Jun. 2004.
- [2] H. Soliman, C. Castelluccia, K. E. Malki and L. Bellier, "Hierarchical MIPv6 (HMIPv6) mobility management," Internet Draft, Nov. 2001.
- [3] R. Koodi "Fast Handovers for Mobile IPv6," RFC 4068, Jul. 2005.
- [4] 송석일 외 2인, "초고속 WiBo 기술", ETRI 전자통신동향분석
- [5] 인지환, 양정록, 김영일, "초고속 WiBro 기술", 대한전자공학회지, 2004.
- [6] M. Woo, "Performance analysis of mobile IP regional registration, " IEICE Trans. Commun., vol. E86-B, no.2, pp.472-478, Feb. 2003.
- [7] X. Zhang, J. G. Castellanos, and A. T. Capbell, "P-MIP: Paging extensions for mobile IP", ACM Mobile Networks and Applications, vol.7, no.2, pp.127-141, 2002.
- [8] J. S. M. Ho and I. F. Akyildiz, "Mobile user location update and paging under delay constraints,

"ACM-Baltzer J.Wireless Networks, Vol.1, pp413-425, 1995.

[9] Y.-B. Lin, "Reducing location update cost in a PCS network," IEEE/ACM Trans Networking, vol.5, pp.25-33, 1997.

[10] I. F. Akyildiz and W. Wand,"A dynamic location management scheme for next-generation multitier PCS systems," IEEE Trans. Wireless Commun., vol.1, no.1, pp. 178-189, Jan. 2002.

[11] Sangheon Pack and Yanghee Choi, "A Study on performance of hierarchical mobile IPv6 in IP-based cellular networks," IEICE Trans. Commun., vol. E87-B no.3 pp.462-469, Mar. 2004.

[12] J. Xie and F. Akyildiz, "A novel distributed dynamic location management scheme for minimizing signaling costs in Mobile IP," IEEE Trans. Mobile Computing, Vol. 1, No. 3, pp. 163-175, Sep. 2002.

김 형 진(Hyoun-Jin Kim)

[정회원]



- 1997년 2월 : 호원대학교 전자계산학과 이학사
- 1999년 8월 : 군산대학교 정보통신공학과 공학석사
- 2004년 8월 : 군산대학교 정보통신공학과 공학박사
- 2004년 9월 ~ 2005년 3월 : 군산대학교 전자정보공학부 계약교수
- 2005년 4월 ~ 2008년 2월 : 익산대학 정보통신과 조교수
- 2008년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 응용시스템공학부 조교수

<관심분야>

멀티미디어 통신 시스템, 무선 센서 네트워크, 이동 통신

박 원 길(Won-Gil Park)

[정회원]



- 1992년 2월 : 호원대학교 전자계산학과 이학사
- 1996년 8월 : 전북대학교 전자계산교육학과 교육학석사
- 2007년 8월 : 송실대학교 컴퓨터학과 공학박사
- 2008년 3월 ~ 2009년 2월 : 한국건설기술연구원 박사후 연구원
- 2009년 3월 ~ 현재 : 성균관대학교 유비쿼터스 컴퓨팅 기술연구소 선임연구원

<관심분야>

멀티미디어 통신, 이동 통신, 무선 센서 네트워크