

계층적 모바일 인터넷에서의 비용 효율적인 MAP 선택 기법

노명화[○] 정충교

강원대학교 컴퓨터정보통신과

ravis82@gmail.com[○] ckjeong@kangwon.ac.kr

Cost Effective Mobility Anchor Point Selection Scheme for HMIPv6 networks

Myonghwa Roh[○] Choongkyo Jeong

Dept. of Computer and Information Communications Engineering

Kangwon National University

요 약

IPv6를 사용하는 계층적 모바일 인터넷(HMIPv6)에서는 단말의 이동을 관리하기 위해 MAP (Mobility Anchor Point)를 사용한다. 현재는 매크로 핸드오프 발생 시 단말로부터 가장 멀리 떨어져있는 MAP을 선택하는 기법을 사용하고 있다. 그러나 이 경우 하나의 큰 MAP으로 전체 부하가 몰리는 문제와 이동 단말과 MAP 간의 긴 거리로 인해 통신 비용이 증가하는 문제가 있다. 따라서 이 연구에서는 단말의 이동속도와 패킷 전송률을 종합적으로 고려하여 새 MAP 영역에서 소요될 이동지역비용을 계산하고 이를 최소화하는 MAP 도메인 크기를 구하여 실제 서비스 받을 MAP들 중 이와 가장 유사한 크기의 MAP을 선택하는 기법을 제안한다.

1. 서론

현재 무선망을 통해 IP기반의 유선망에 접근하여 서비스를 제공 받는 이동 장치들이 크게 증가하고 있다. 이러한 이동 장치들의 이동성을 심리스하고 효율적으로 관리하기 위해 Wireless TCP, Mobile IP 등 다양한 영역에서의 연구가 진행되어 왔다. 최근 All-IP망으로의 차세대 망이 진화함에 따라 IP기반의 이동성 관리 프로토콜인 Mobile IP의 중요성이 더욱 커지고 있다. Mobile IP는 이동장치의 사용자가 다른 망으로 이동 시 사용 중이던 IP주소를 그대로 사용케 하여 통신의 지속성을 유지시켜주는 기술이며, 이에 차세대 인터넷 프로토콜 IPv6이 결합되어 이웃 발견 프로토콜, 주소 자동 설정 기능, 경로 최적화 기법을 제공하는 Mobile IPv6가 IETF에 의해 표준되었다[1].

Mobile IPv6의 핸드오버 최적화를 위해 FMIPv6(Fast Mobile IPv6)와 HMIPv6(Hierarchical Mobile IPv6)가 IETF MIPSHOP WG에 의해 제안되었으며 표준화가 완료되었다[2][3]. FMIPv6는 단말의 이동을 미리 감지하여 주소 재설정애 소요되는 시간을 크게 줄여주고, HMIPv6는 MAP(Mobility Anchor Point)를 이용하여 이동 단말이 무선 접속 라우터를 옮겨갈 때 행하는 글로벌 위치 등록 갱신 수행의 빈도를 줄여줌으로써 무선 이동 단말로부터 HA(Home Agent)과 CN(Correspondent Node)로 향하는 위치 등록 갱신 메시지의 양을 줄여준다. 더욱 효율적인 핸드오버를 수행하기 위해 두 네트워크의 장점을 결합한 기술인 F-HMIPv6(Fast-Hierarchical Mobile IPv6)를 사용할 수도 있을 것이다.

위에서 언급했듯이 HMIPv6 망에서는 글로벌 위치 등록 갱신 부담을 줄이기 위해 MAP을 사용한다. MAP은 일종의 중간 기착지 역할을 한다. CN으로부터 이동 단말까지의 통신 경로가 만들어질 때 HA와 이동 단말간의 터널이 생성되는 대신 CN과 MAP간 터널, 그리고 MAP과 이동 단말 간 터널이 연결되어 형성된다. 이렇게 함

으로써 이동 단말이 무선 접속 라우터를 바꿔 접속할 때마다 먼 곳에 위치한 HA와 CN에 위치 등록 갱신 메시지를 보내는(글로벌 위치 등록 갱신) 대신 MAP에만 보내어(로컬 위치 등록 갱신) MAP과 이동 단말 간 터널만 재설정함으로써 시그널링 부하를 줄이고 보다 빠른 핸드오버 시간을 제공하게 된다.

HMIPv6 프로토콜에서 이동 단말이 무선 접속 라우터를 옮겨갈 때 새 무선 접속 라우터가 속하는 여러 MAP 도메인 중 어느 것을 선택할 것인가 하는 문제는 통신 성능에 큰 영향을 주는 요소이다. 이 문제를 효과적으로 해결하기 위해 다음과 같은 기법들이 제안되었다.

거리기반의 MAP 선택 기법

현재의 표준 문서[3]에 의하면 이동 단말은 갖은 MAP 간 핸드오버로 인한 지연 및 패킷 손실을 피하기 위해 최대한 큰 영역을 관리하는 MAP을 선택하도록 하고 있다. MAP 크기를 판단하기 위해 무선 접속 라우터가 이동 단말에게 보내주는 라우터 광고 메시지 내의 MAP option 중 Distance 필드 값을 이용한다. 여기에서 Distance 필드의 값은 단말과 MAP 간의 홑 수를 나타낸다. 그러나 이러한 단순한 거리기반의 MAP 선택 기법을 사용하면 모든 단말이 항상 가장 거리가 먼 MAP을 선택하기 때문에 동일한 선택이 발생하여 하나의 MAP으로 모든 부하가 집중되는 부작용을 낳을 수 있다[4][5]. 또한 단말의 이동 속도가 작을 경우에도 큰 MAP 영역을 경유하여 통신하기 때문에 먼 거리를 통해 패킷 전송이 이루어지는 비효율이 발생할 수 있다.

망 정보를 이용한 MAP 선택 기법

[5][6]에서 이동 단말은 MAP 망 정보를 이용하여 자신과 가장 가까이 위치한 MAP을 선택하도록 한다. 이 기법에서 트리 구조의 MAP 망을 구성하기 위해 MAP option에 Lifetime, Distance, IP Address 필드를 추가한 새 옵션이 사용된다. 게이트웨이 MAP이 자신의 정보를 새 옵션에 세팅하여 라우터 광고 메시지에 실어 보내

면 이를 수신한 또 다른 MAP들이 자신들의 정보를 유선에 차례로 추가하여 무선 접속 라우터까지 전송한다. 무선 접속 라우터는 이를 수신하여 지역적인 MAP 리스트를 생성, 관리하고 이를 주기적으로 이동 단말에 전송한다. 이를 통해 이동 단말은 전체 MAP들에 대한 망 정보를 알 수 있다. 이동 단말이 처음 새 도메인에 진입하면 기본적으로 게이트웨이 MAP을 선택 하고 이후 라우터 광고 메시지를 통해 수신한 MAP 망 정보를 이용하여 자신과 가장 근접한 MAP을 찾아 처음 등록한 게이트웨이 MAP과 대체한다. 하지만 이 기법에서는 MAP option 및 라우터 광고 메시지를 수정해서 사용해야 하며 각 무선 접속 라우터에서 망에 존재하는 모든 MAP들에 대한 리스트를 관리해야 한다는 부담이 있다.

속도기반의 MAP 선택 기법

속도기반의 MAP 선택 기법에서 이동 단말은 자신의 이동 속도에 따라 MAP을 선택하도록 한다[7][8]. 이 기법에서 이동 단말은 평단해은 이전 MAP에서의 평균 거주시간과 MAP의 표준 크기를 이용하여 단말의 이동속도를 측정한다. 측정 결과 단말이 빠르게 이동하면 큰 MAP을, 느리게 이동하면 작은 MAP을 선택하여 통신 효율을 높이도록 한다. 하지만 빠른 단말이 큰 MAP을 선택하여 사용하더라도 단말의 패킷 전송률이 매우 높은 경우에는 큰 MAP을 경유하여 전달되는 패킷들의 전송 비용이 증가하기 때문에 전체 비용이 증가되는 문제가 발생한다.

따라서 이 논문에서는 단말의 이동성과 통신 상태를 종합적으로 고려하여 최적의 MAP을 선택하는 방법을 제시하고 이를 통해 단말의 통신 비용을 최소화하도록 한다. 제안한 방법의 효과는 모의실험에 의해 검증된다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 논문에서 제안한 비용 효율적인 MAP 선택 기법에 대해 기술한다. 다음 3장에서는 시뮬레이션 및 결과 분석을 다루고 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 비용 효율적인 MAP 선택 기법

MAP 도메인은 효율적인 핸드오프와 망 고장으로부터의 빠른 복구를 위해 서로 중첩되어 설정될 수 있다. 이로 인해 이동 단말은 기존의 MAP 도메인을 벗어나 새로운 무선 접속 라우터로부터 라우터 광고 메시지를 받을 때 복수의 MAP에 대한 정보를 받을 수 있으며 이 중 하나를 선택해 자신의 새로운 MAP으로 사용할 수 있다. 이때 어떤 MAP을 선택하는가 하나에 따라 통신 비용이 달라질 수 있는데 이 연구에서는 단말의 데이터 전송률과 이동 속도를 고려하여 통신 비용을 최소화하는 MAP을 선택하는 기법을 제안한다.

여기에서 우리의 관심사는 MAP 도메인의 크기이다. 선택 대상이 되는 복수의 MAP들은 각각 그 도메인 크기가 다르며 이 중 어떤 크기의 도메인을 갖는 MAP을 선택하는 것이 통신 비용을 최소화할 것인지를 결정하는 일반적인 기법을 찾는 것이 우리의 목표이다.

일반적으로 볼 때 이동 단말이 큰 도메인을 갖는 MAP을 선택하면 향후에 그 도메인에 머무를 시간이 길 것이므로 단위 시간당 비용으로 환산한 위치 등록 갱신 비용이 줄어드는 반면 단말로부터 MAP까지의 거리가 멀어져 단말, MAP, 상대 노드로 이어지는 삼각

라우팅에 의한 전송 비용이 증가하게 된다. 우리는 이 두 가지 상충되는 비용의 균형점에 해당하는 최적 도메인 크기를 갖는 MAP을 찾는 일반적인 규칙을 알아내고자 한다.

최적의 MAP 도메인 크기 결정에 영향을 미치는 요소에는 여러 가지가 있겠지만 그 중 대표적인 것은 단말의 데이터 전송률과 이동 속도이다. 데이터 전송률이 작을수록 그리고 단말의 이동 속도가 높을수록 삼각 라우팅에 의한 전송 비용이 위치 등록 갱신에 의한 비용보다 그 상대적 비중이 낮아질 것이다. 우리는 MAP을 사용함으로써 발생하는 비용을 MAP 도메인의 크기, 단말의 데이터 전송률, 그리고 단말의 이동 속도로 나타내고 이 비용을 최소화하는 도메인의 크기를 나타내는 식을 도출할 것이다.

이 논문에서는 MAP을 사용함으로써 발생하는 비용, 즉 단말이 MAP을 바꿀 때 발생하는 위치 등록 갱신 비용과 단말로부터 MAP까지의 데이터 전송 비용을 합친 비용을 이동지역비용이라고 부르기로 한다. 즉 이동지역비용은 단말이 상대노드(CN)와 통신하는 데 필요한 전체 비용 중 상대노드와 MAP 사이 구간에 의해 발생하는 비용을 제외하고 MAP과 단말 사이 구간에 발생하는 비용만을 의미한다.

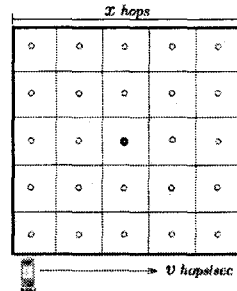


그림 1 무선 라우터와 MAP의 배치 모형

우선 그림 1과 같은 단순한 무선 네트워크 모형을 생각하자. 그림의 작은 동그라미는 무선 접속 라우터를 나타내며 그 중 굵은 선으로 그려진 동그라미는 MAP을 나타낸다. 가는 선으로 그려진 격자는 각 무선 접속 라우터의 전파 전달 구역이며 굵은 선으로 그려진 큰 격자는 MAP 도메인을 나타낸다. 무선 접속 라우터들은 가로 세로 방향으로만 이웃 무선 접속 라우터와 유선으로 연결되어 있다고 가정한다. 우리는 이 단순한 모형으로부터 기본적인 이동지역비용함수를 구한 후, MAP 도메인들이 서로 중첩되어 있는 더 복잡한 모형에서 최적의 MAP을 선택하는 데 이 함수를 이용할 것이다.

2.1 이동지역비용함수

변의 길이가 x 홉인 MAP 도메인들을 단말이 시간당 v 홉을 지나가는 속력으로 직선으로 지나쳐 간다고 가정하자. 단말이 하나의 도메인을 거쳐 가는 동안 발생하는 이동지역비용의 기대치 C 는 위치 등록 갱신을 위한 비용의 기대치 C_M 와 단말로부터 MAP까지 데이터 패킷들을 전달하는 데 드는 비용의 기대치 C_M' 의 합으로 표현할 수 있다.

$$C = C_{bu} + C_{st} \quad (1)$$

이 중 위치 등록 갱신 비용의 기대치 C_{bu} 는 다시 위치 등록 갱신을 수행하는 패킷의 전달 비용의 기대치와 이 패킷에 대한 처리 비용의 기대치로 나눌 수 있는데 이 중 처리 비용은 일정하다고 가정하고 패킷의 전달 비용의 기대치는 홉 수로 표현된 전달 거리에 비례한다고 가정한다. 전달 비용이라는 것은 패킷의 지연 시간과 손실 확률, 보안 위협 등의 제반 부담을 포함하는 것이므로 전달 과정에서 거치는 홉 수에 비례한다는 가정을 한다. 그러면 이동 단말이 하나의 MAP 도메인을 거쳐가는 동안 부담하는 위치 등록 갱신 비용의 기대치 C_{bu} 는

$$C_{bu} = C_p + \alpha \quad (2)$$

로 표현할 수 있으며 여기에서 C_p 는 처리 비용이고 α 는 비례상수이다.

단말과 MAP간 데이터 패킷 전달 비용의 기대치 C_{st} 는 패킷 발생률과 단말로부터 MAP까지의 거리, 그리고 단말이 MAP 도메인에 머무르는 시간에 비례할 것이다. 단말이 MAP 도메인에 머무르는 시간을 t_d 라고 하면 $t_d = \beta x^2$ 이므로 (β 는 적절한 비례상수),

$$C_{st} = \delta \alpha t_d = \beta \delta x^2 \quad (3)$$

라고 표현할 수 있으며 여기에서 δ 은 단말과 MAP간 데이터 패킷 전송률이며 β 는 적절한 비례상수이다.

식 (2)와 (3)을 식 (1)에 대입하면

$$C = C_p + \alpha + \beta \delta x^2 \quad (4)$$

이다.

우리는 단위시간당 이동지역비용을 구해야 한다. 하나의 도메인에서 발생하는 비용을 최소화하는 것이 아니라 단위 시간당 비용을 최소화해야 하기 때문이다. 단위시간당 이동지역비용의 기대치를 c 라고 하면 c 는 MAP 도메인 당 이동지역비용(비용/도메인)과 도메인 통과율(도메인/단위시간)의 곱으로 구해진다.

$$c = C \frac{1}{t_d} = C \frac{v}{\beta x} = (C_p + \alpha + \beta \delta x^2) \frac{v}{\beta x} = \frac{C_p v}{\beta x} + \frac{\alpha v}{\beta} + \delta x \quad (5)$$

2.2 최적의 MAP 도메인 크기

단위시간당 이동지역비용함수의 기대치 c 는 x 의 함수로서 아래로 볼록인 모양을 갖는다. c 를 최소화하는 x 값은

$$x_o = \sqrt{\frac{C_p v}{\beta \delta}} \quad (6)$$

이며, 그 때의 최소 단위시간당 이동지역비용의 기대치는

$$c_{min} = \frac{\alpha v}{\beta} + 2\sqrt{\frac{C_p \beta \delta v}{\beta}} \quad (7)$$

이다. 즉 C_p 와 α , β , δ 가 정해져 있을 때 MAP 도메인들을 단말이 지나가는 속도 v 와 단말의 데이터 전송률 δ 을 알면 단위시간당 이동지역비용의 기대치를 최소화하는 최적의 MAP 도메인의 크기를 (6)식을 이용해 결정할 수 있으며, 그 때의 비용은 (7)식에 의해 계

산된 값이 된다.

단말의 이동 속도의 기대치와 데이터 전송률의 기대치를 우리가 알고 있다면 (6)식에 의해 계산된 값으로 MAP 도메인의 크기를 설계할 수 있을 것이다. 그러나 우리는 MAP 도메인 설계 문제를 다루고 있는 것이 아니고 여러 가지 현실적 고려를 통해 다양한 크기의 MAP 도메인들이 서로 중첩되어 이미 배치되어 있을 때 이 속을 이동하는 개별 이동 단말이 여러 후보 MAP들 중 어떤 MAP을 선택해야 하는가 하는 문제를 다루고 있다. 결국 이동 단말은 자신이 택할 수 있는 여러 후보 MAP들 중에서 식 (6)에서 구한 최적의 MAP 도메인 크기와 가장 유사한 크기를 갖는 MAP을 선택하도록 함으로써 CN과의 통신 비용을 낮게 만들 수 있다. 자신의 이동 속도와 데이터 전송률은 스스로 이력을 관리하여 그 수치를 가지고 있어야 한다. 단말의 이동속도를 스스로 측정하기 위한 기술로는 [9][10]가 있으며 평균 수치 계산을 위해서는 흔히 사용되는 지수가중적 이동평균(exponentially weighted moving average)같은 기법을 사용할 수 있다.

3. 시뮬레이션 및 결과 분석

이번 장에서는 본 논문에서 제안한 MAP 선택 기법에 대한 시뮬레이션을 통해 각 통신 비용[11]을 산출하고 결과를 분석한다. 시뮬레이션 결과를 보여주는 3장 전체를 통해 통신비용이라는 것은 2장에서 사용했던 이동지역비용과는 다른 척도로서, 이동 단말과 CN 간 소요되는 전체 통신 비용을 의미한다. 기술을 편리하게 하기 위해 본 논문에서 제안한 단말의 이동 속도 및 패킷 전송률을 고려한 최적의 MAP 선택 기법을 O-HMIPv6라고 부르기로 하고, 기존의 거리기반 MAP 선택 기법을 D-HMIPv6라고 부르기로 한다.

시뮬레이션은 C언어와 SMPL[12]을 이용한 가상의 망에서 이루어지며 각 시뮬레이션의 공통된 가정 사항은 표 1과 같다. 전체 네트워크는 총 400개의 서브넷으로 이루어져 있으며 각 서브넷의 모양은 정사각형으로 근사화한다. 각 서브넷에는 하나의 무선 접속 라우터가 존재하며 서브넷의 중심에 위치한다. 각 무선 접속 라우터의 무선 전파 도달 거리는 100m로 동일하며 하나의 서브넷은 여러 MAP으로부터 관리 받을 수 있다. 하나의 MAP은 최소 1개, 최대 400개의 서브넷을 관리 할 수 있다. 이동 단말은 하나의 CN과 통신하며, 현재의 서브넷으로부터 이웃 서브넷들 중 하나로 자유롭게 이동한다.

표 1 시뮬레이션을 위한 가정

파라미터	값	설명
N_{SUBNET}	400	총 서브넷 개수
N_{M_SUBNET}	$1 \leq N_{M_SUBNET} \leq 400$	하나의 MAP 도메인에 속하는 서브넷 개수
AR RANGE	100 m	무선 접속 라우터의 전파 도달 거리
$N_{CN} \cdot N_{CN}$	1	MN과 CN의 개수

비용 계산 시 사용되는 고정 파라미터는 표 2와 같다. D_{CN-MAP} , D_{HA-MAP} 는 CN, HA와 MAP 간 거리를 나타내며 각각 6, 4로 가정

한다. 유선망에서 패킷의 단위 전송 비용 (패킷 하나를 유선망의 한 홉 구간 전송하는데 드는 비용) τ 는 1로, 무선망에서 패킷의 단위 전송 비용 x 는 2로 설정한다. 글로벌 위치 등록 갱신 메시지가 HA에서 처리되는 비용 C_P^{HA} 는 24, CN에서 처리되는 비용 C_P^{CN} 는 6, 로컬 위치 등록 갱신 메시지가 MAP에서 처리되는 비용 C_P^{MAP} 는 12로 가정한다.

표 2 비용 계산 시 사용되는 파라미터

파라미터	값	설명
D_{CN-MAP}	6	CN-MAP 사이의 거리 (홉 수)
D_{HA-MAP}	4	HA-MAP 사이의 거리 (홉 수)
C_P^{HA}	24	HA에서 글로벌 위치 등록 갱신 메시지를 처리하는 데 드는 비용
C_P^{CN}	6	로컬 위치 등록 갱신 메시지를 처리하는데 드는 비용
C_P^{MAP}	12	MAP에서 로컬 위치 등록 갱신 메시지를 처리하는데 드는 비용
x	2	무선망에서 패킷의 단위 전송 비용
τ	1	유선망에서 패킷의 단위 전송 비용

3.1절 및 3.2절에서는 최적의 MAP 도메인 크기 계산 시 고려된 단말의 이동속도와 패킷전송률이 전체 통신비용에 미치는 영향을 분석한다. 3.3절에서는 동일한 네트워크에 D-HMIPv6과 O-HMIPv6를 적용하여 O-HMIPv6의 성능과 효율성을 검증한다.

3.1 단말의 이동속도와 통신비용

이번 절에서는 단말의 이동속도가 통신비용에 미치는 영향을 분석한다. 우리의 실험에서는 이동 단말이 0 m/s와 100 m/s 사이의 이동속도로 각각 100,000초 동안 가상의 네트워크를 직선으로 움직이며, 네트워크의 가장자리에 도달한 때는 자유롭게 방향을 바꾸어 직선으로 진행하는 이동 모형을 설정하였다. 이동 단말의 패킷전송률은 1,000 packet/s로 가정하였다. 가상의 네트워크는 400개의 서브넷으로 구성되며 서브넷들을 관리하는 MAP 도메인의 크기가 각각 2, 5, 10, 20인 경우로 나누어 실험하되 MAP 도메인들은 서로 중첩되지 않는다고 가정한다.

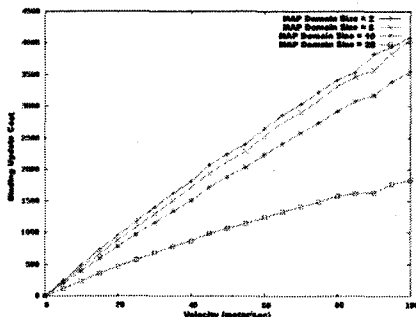
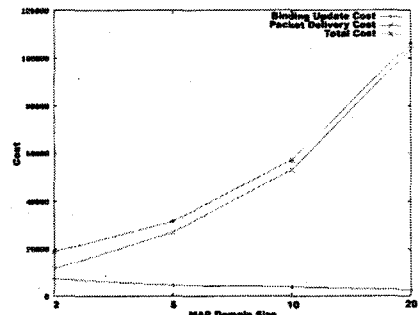
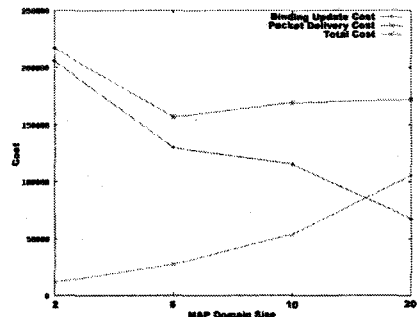


그림 2 단말의 이동 속도에 따른 위치 업데이트 비용



(a) 단말의 이동속도 = 1m/s



(b) 단말의 이동속도 = 30 m/s

그림 3 MAP 도메인의 크기에 따른 비용

그림 2는 이동 단말의 이동속도에 따른 위치 등록 갱신 비용의 변화를 나타낸다. 이 비용은 글로벌 위치 등록 갱신 비용과 로컬 위치 등록 갱신 비용을 합친 것이다. 그림의 세로축은 1,000개의 패킷을 유선망 한 홉 구간 전송하는 데 드는 비용을 기준으로 정규화한 수치로 표현하였다. 이 그래프에서 이동 단말의 이동속도가 증가할수록 위치 등록 갱신 비용이 증가함을 확인할 수 있다. 이는 이동 단말의 이동속도가 증가할수록 서브넷 횡단률과 MAP 도메인 횡단률이 증가하고 이로 인해 로컬 위치 등록 갱신과 글로벌 위치 등록 갱신이 더 빈번히 수행되어 나타나는 결과이다. 반면 단말의 속도가 일정한 경우, MAP 도메인이 클수록 더 작은 위치 업데이트 비용이 발생함을 확인할 수 있는데, 이는 MAP 도메인이 커질수록 도메인 내 상주시간이 길어지고 상대적으로 더 적은 글로벌 위치등록갱신이 수행되기 때문이다. 단말의 속도가 일정하므로 로컬 위치등록갱신의 발생 빈도는 MAP의 크기와는 무관하다.

그림 3은 MAP 도메인의 크기에 따른 총 비용의 변화를 나타낸 그래프이며, 단말의 이동 속도가 느린 경우 (a)와 단말의 이동 속도가 빠른 경우 (b)로 나누어 결과를 보여준다.

단말의 이동속도가 1m/s인 경우에는 MAP 도메인 크기에 따른 위치 등록 갱신 비용의 변화가 크지 않다. 이로 인해 패킷 전달 비용이 총 비용의 변화에 큰 영향을 미치게 되며, 패킷 전달 비용이 최소화 되는 지점에서 총 비용도 가장 작은 값을 갖게 된다. 이 그래프에서 패킷 전달 비용 및 총 비용은 MAP 도메인 크기가 약 2일 때 가장 작은 값을 나타낸다.

단말의 이동속도가 30m/s인 경우에는 MAP 도메인 크기가 증가함에 따라 위치 등록 갱신 비용이 적어지며 패킷 전달 비용은 증가

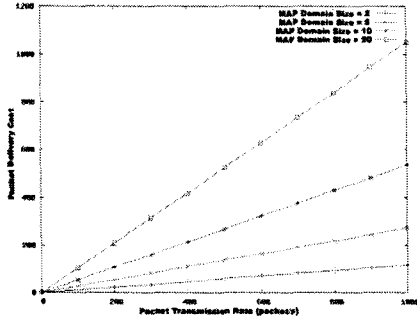


그림 4 단말의 패킷전송률에 따른 패킷 전달 비용

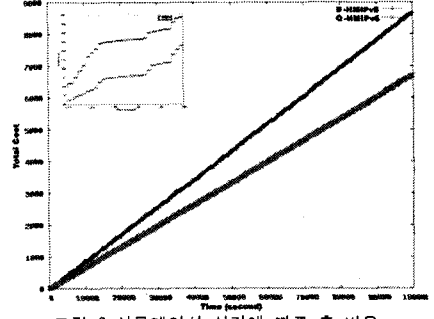


그림 6 시뮬레이션 시간에 따른 총 비용

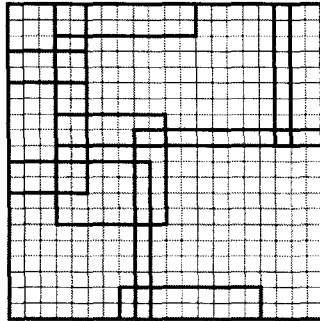


그림 5 MAP 배치도

표 3 각 MAP 도메인 크기

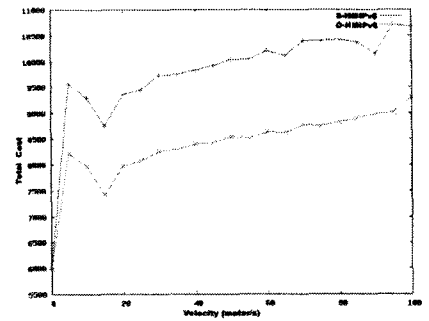
MAP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
크기	5	9	15	9	11	7	13	9	9

한다. 즉 두 비용은 서로 절충 관계에 있으며 두 비용의 합인 총 비용은 MAP 도메인 크기가 클수록 감소하다가 MAP 도메인 크기가 약 5일 때 다시 증가하기 시작 한다. 그림 3의 (a)와 (b)를 비교 했을 때, 총 비용이 최소화 되는 MAP 도메인의 크기는 단말의 이동 속도가 증가할수록 더 큰 값을 나타낸다. 결과적으로 단말의 이동 속도가 빠를수록 더 큰 MAP 도메인을 선택하여 통신하는 것이 더 효율적임을 확인할 수 있다.

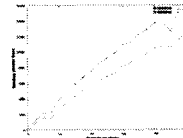
3.2 단말의 패킷전송률과 통신비용

이번 절에서는 단말의 패킷전송률이 통신비용에 미치는 영향을 분석한다. 이 실험에서 이동 단말은 3m/s의 속도로 각 100,000 초 동안 400 개의 서브넷으로 이루어진 전체 네트워크를 움직이며 단말의 이동 모델 및 시뮬레이션 시나리오는 3.1절에서와 같다.

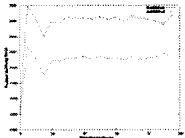
그림 4는 여러 가지 MAP 도메인 크기에 대해 단말의 패킷전송률에 따른 패킷 전달 비용을 보여준다. 패킷 전달 비용은 단말의 패킷전송률이 증가할수록 더 큰 값을 나타낸다. 단말이 같은 패킷전송률로 통신할 때, 작은 MAP 도메인을 선택하여 사용하는 경우보다 큰 MAP 도메인을 사용하는 경우에 더 큰 패킷 전송 비용을 나타낸다. 이를 통해 단말의 패킷 전송률이 증가할수록 더 작은 MAP 도



(a) Total cost



(b) Binding update cost



(c) Packet delivery cost

그림 7 단말의 이동 속도에 따른 비용

인을 사용하는 것이 더 효율적임을 확인할 수 있다.

3.3 O-HMIPv6의 성능 평가

이번 절에서는 가상의 네트워크를 모델링하고 이에 본 논문에서 제안한 O-HMIPv6 방식과 기존의 D-HMIPv6 방식을 적용하여 시뮬레이션 한다. 가상의 네트워크는 400개의 서브넷으로 구성했으며 각기 다른 크기를 갖는 9개의 MAP 도메인들을 임의로 중첩하여 배치하였다. 그림 5는 이 실험에서 사용한 전체 네트워크의 형상을 보여주며, 각 MAP의 도메인의 크기는 표 3과 같다.

단말은 100,000 초 동안 3 m/s의 속도로 자유롭게 이동하며 1,000 packet/s의 패킷 전송률로 CN과 통신한다. 이동 단말이 현재의 서브넷을 벗어나 이웃 서브넷으로 진입하면 이웃 서브넷의 무선 접속 라우터를 통해 MAP으로 로컬 위치 등록 갱신을 수행한다.

또 현재의 MAP 도메인을 벗어나는 경우에는 O-HMIPv6방식과 D-HMIPv6방식에 따라 각기 새로운 MAP을 선택하여 글로벌 위치 등록 갱신을 수행한다.

그림 6는 O-HMIPv6방식을 적용한 경우와 D-HMIPv6방식을 적용한 경우의 총 비용의 변화를 시뮬레이션 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 시뮬레이션 초기에는 두 방식 간 비용의 차가 적으나 시간이

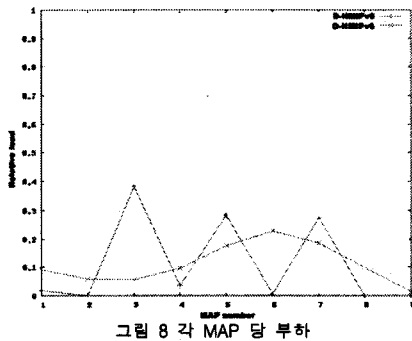


그림 8 각 MAP 당 부하

지날수록 그 격차가 크게 벌어진다. 이는 O-HMIPv6를 적용한 경우 단말의 상태에 따라 비용을 최소화하는 최적의 MAP이 선택되어 효율적인 통신이 이루어짐을 나타내는 결과이다.

그림 7은 단말의 이동속도를 변화시키며 이에 따른 비용의 변화를 D-HMIPv6인 경우와 O-HMIPv6인 경우에 대해 나타낸 그래프이다. (a)는 전체 비용, (b)는 위치 등록 갱신 비용, (c)는 패킷 전달 비용의 변화를 나타낸다. 단말의 이동 속도가 증가할수록 위치 등록 갱신 비용 및 전체 통신 비용이 증가하며, 전반적으로 O-HMIPv6를 적용한 경우에 D-HMIPv6를 적용한 경우보다 훨씬 적은 비용으로 CN과 통신함을 확인할 수 있다.

그림 8은 각 MAP당 부하를 나타낸 그래프이다. 여기서 부하 값은 상대적인 값이며 총 시뮬레이션 시간 동안 단말이 각 MAP에서 서비스 받은 확률을 나타낸다. 따라서 각 MAP에서의 부하 값을 합하면 1.0이 되며 이 값들이 급격히 변하지 않고 고루 분포되어야 로드 밸런싱 측면에서 비교적 좋은 성능을 나타내는 것으로 평가한다. D-HMIPv6를 적용한 경우에는 거리기반의 MAP 선택이 이루어져 도메인의 크기가 큰 3, 5, 7번 MAP으로 부하가 집중되는 것을 확인할 수 있다. 반면 O-HMIPv6를 적용했을 경우 단말의 상태에 따라 적용적인 MAP 선택이 이루어져 각 MAP으로 부하가 비교적 고루 분산됨을 확인할 수 있다.

4. 결론

HMIPv6[3]는 MAP을 이용한 지역적 이동성 관리를 통해 위치 등록 갱신의 횟수를 줄임으로써 MIPv6에서 발생하는 문제점인 핸드오프 지연과 시그널링 부하를 감소시켰으며 그 결과 IP 망에서의 무선 이동 단말들을 효과적으로 서비스하기 위한 표준으로 주목받고 있다. 하지만 비효율적인 MAP 선택 기법을 사용함으로써 전체 통신 비용을 증가시키는 문제점이 남아있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 비용 효율적인 MAP 선택 기법을 제안하였다. 단말은 기존의 MAP 영역을 벗어나면 단말의 이동속도, 패킷전송률을 종합적으로 고려하여 새 MAP 영역에서 소요될 지역이동비용을 계산한다. 이 지역이동비용을 최소화하는 MAP 도메인의 크기를 구하여 실제 서비스 받을 MAP들 중 이의 가장 유사한 크기의 MAP을 선택하도록 한다. 이 기법을 통해 네트워크와 단말의 상태 변화에 따른 적용적인 최적의 MAP 선택이

가능해지며, 그 결과 위치 등록 갱신 비용과 패킷 전달 비용이 최소화되어 대응 단말과의 효율적인 통신이 가능해진다. 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 제안한 O-HMIPv6 방식이 기존의 D-HMIPv6 방식보다 더 좋은 성능을 나타냄을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] D. Johnson, C.Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2003.
- [2] R. Koodi, "Fast Handovers for Mobile IPv6," IETF RFC 4068, July 2005.
- [3] H. Soliman, C. Castelluccia, K. EL Malki, L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)," RFC 4140, August 2005.
- [4] S. Pack, T. Kwon, and Y. Choi, "A Comparative Study of Mobility Anchor Point Selection Schemes in Hierarchical Mobile IPv6 Networks," in Proc. ACM MobiWac 2004, September 2004.
- [5] Y. Xu, H. C. J. Lee, and V. L. L. Thing, "A Local Mobility Agent Selection Algorithm for Mobile Networks," in Proc. IEEE ICC, May 2003.
- [6] V. Thing, H. Lee, and Y. Xu, "Designs and Analysis of Local Mobility Agents Discovery, Selection and Failure Detection for Mobile IPv6," in Proc. IEEE MWCN, Sep. 2002.
- [7] K. Kawano, K. Kinoshita, and K. Murakami, "Multilevel Hierarchical Distributed IP Mobility Management Scheme for Wide Area Networks," in Proc. IEEE ICCCN, 2002.
- [8] K. Kawano, K. Kinoshita, and K. Murakami, "A Mobility-Based Terminal Management in IPv6 Networks," IEICE Transactions on Communications, vol.E85-B, n. 10, Oct. 2002
- [9] Y. Chung and D. Cho, "Velocity Estimation using Adaptive Array Antennas," IEEE Vehicular Technology Conference, vol. 4, pag. 2565-2569, May 2001.
- [10] C.-Der Wann; Y.-Ming Chen, "Mobile location tracking with velocity estimation", Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems, 2002. Pag:566 - 571
- [11] J. Xie, Ian F. "Akyildiz, A Novel Distributed Dynamic Location Management Scheme for Minimizing Signaling Costs in Mobile IP," IEEE Transaction on mobile computing, VOL.1, NO. 3, July September 2002.
- [12] M. H. MacDougall, Simulating Computer Systems Techniques and Tools. The MIT Press, 1987.