Mobile IPv4/6 연동기술을 적용하는 IPv4 망에서의 효율적인 IPv6 통신 메커니즘

An Improved IPv6 Communication Mechanism in IPv4 Network with Dual Stack Mobile IPv6 Node

김명조 (광운대학교 전자통신공학과, 석사과정)

차승범 (광운대학교 전자통신공학과, 석사과정)

민상원 (광운대학교 전자통신공학과, 조교수)

임승억 (전자부품연구원)

정광모 (전자부품연구원)

Key Words : Mobile IPv4/6, 터널링 기술

목 차

I. 서론

II. IP 이동성 제공을 위한 기술

1. Mobile IPv4

2. Mobile IPv6

3. Mobile IPv6/4 연동기술

III. Mobile IPv4/6 연동기술을 적용하는 IPv4 망에서의 효율적인 IPv6 통신 메커니즘

1. Mobile IPv4/6 연동기술 적용시 문제점

2. 제안하는 알고리즘

IV. 결론 및 향후 과제

I. 서 론

차세대 통합 유비쿼터스 네트워크로 가는 진화의 길목에서는 넓은 대역폭에서 빠른 속도 지원을 위한 발전과 함께 단말의 이동성과 네트워크의 통합을 모두 고려한 진화 방향을 제시해야 한다[1]. 과거의 속도 지향적 통신 기술은 더이상 발전의 최종 목적지가 아니기 때문에 새로운 통신 메커니즘을 위한 기술 발전이 뒤따라야 한다.

현재의 통신 시장을 이끌어나가는 3세대 이동통신 네트워크, 유무선 인터넷, 휴대인터넷 등에서는 이미 네트워크의 이동성과 통합적 발전을 동시에 고려한 모델에 대한 연구가 진행중에 있으며, 시험망에서의 테스트를 거쳐 제품 출시에까지 이르고 있다. 이러한 대표적인 기술로 IPv6를 들 수 있는데 IPv6는 현재의 IPv4 기술이 가지고 있는 문제점을 효과적으로 해결하는 동시에 차세대 통합 유비쿼터스 네트워크에서의 핵심 기반 기술로 자리잡을 것으로 예상된다. 또한 단말의 이동서 손실과 지연없는 이동성을 보장하기 위해서 IETF (Internet Engineering Task Force)에서는 Mobile IPv4, Mobile IPv6 기술을 제시하고 관련 연구를 수행중에 있으며, 이미 휴대인터넷 망과 3세대 이동통신망에하고 있는 상황이다[2][3][4].

네트워크의 진화에 있어서 새로운 기술은 기존의 기술을 한번에 대체할 수 없기 때문에, 진화의 중간 단계를 항상 예측하여 적절한 기술적인 보완이 있어야 한다. IPv4에서 IPv6로 가는 중간 단계에서 듀얼 스택과 터널링 같은 다양한 기술들은 이러한 관점에서 생겨난 것이다. 이와 마찬가지 이유에서 Mobile IPv4와 Mobile IPv6 기술을 통합 지원하기 위한 기술이 현재 IETF를 중심으로 연구가 진행되고 있으며 본 논문은 Mobile IPv4와 Mobile IPv6의 연동에서 오는 비 효율적인 통신 방법을 효과적으로 개선하는데 문제해결의 초점을 맞추고 있다[5][6].

IPv4 네트워크에서 Mobile IPv6를 지원하기 위한 기술에서는 추가적인 시그널링 처리 능력을 보완해주기 위한 프로토콜 스택상의 추가 구현 이외에 IPv4 네트워크에서 항상 이루어져야 하는 터널링 통신 방법을 포함하고 있다[7]. Mobile IPv6를 지원하는 노드들이 IPv4 네트워크에서 통신을 하기 위해서는 항상 IPv4 헤더를 붙여서 목적지 노드까지 전송해야 하는 것이다. 논문에서는 이러한 터널링 방법을 사용하지 않는 효율적인 통신 메커니즘을 제안한다.

논문의 2장 에서는 IP의 이동성을 제공해주기 위한 기반 기술인 Mobile IPv4와 Mobile IPv6에 대한 내용을 살펴보고 이들 기술을 통합하는 기술에 대하여 살펴본다. 3장에서는 Mobile IPv4와 IPv6를 통합 적용하였을 경우 나타

나는 문제점을 지적하고, 논문에서 제안하는 효율적인 통신 알고리즘에 대하여 설명한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 제시하고 향후 과제에 대하여 설명을 한다.

II. IP이동성 제공을 위한 기술

인터넷은 미국에서 군사용 목적으로 6대의 컴퓨터를 연결한 것에서부터 시작하여 현재는 전세계의 사용자를 하나의 네트워크로 묶는 단계에 이르렀다. 또한 TCP/IP 프로토콜을 기반으로 하는 많은 응용들을 통해 여러가지 형태의 데이터를 주고 받을 수 있으며, 전화망 같은 circuit switching 네트워크도 packet switching 기반의 IP망으로 통합되어가고 있다.

기술의 발전을 통하여 사용자들은 많은 혜택을 누릴 수 있게 되었고, 서비스에 대한 만족은 더 낳은 서비스에 대한 요구로 바뀌어 시장에 표출되었다. 이러한 요구에 대응하기 위하여 IETF 의 WG (Working Group)들을 중심으로 하여 기존의 프로토콜을 향상시키는 한편 새로운 프로토콜에 대한 연구가 이루어지고 있다. IP 서비스의 이동성을 제공해주기 위해서 Mobile IP WG에서 제안된 Mobile IPv4, Mobile IPv6 등이 좋은 예가 될 수 있다. 2장에서는 Mobile IP에 대한 기본적인 내용과 Mobile IPv6에 대한 내용 그리고 이들 기술을 통합 적용한 기술에 대하여 살펴본다.

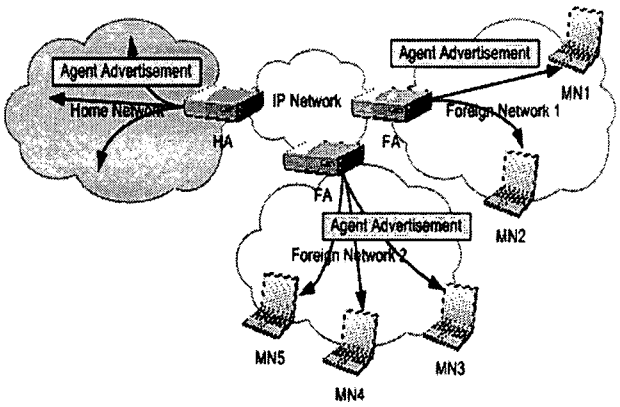
1. Mobile IP

Mobile IP란 이동이 가능한 노드가 위치에 상관없이 IP 기반의 통신을 제공 받을 수 있게 해주는 프로토콜이다. IPv4에서는 이미 이동성 제공을 위한 표준화가 끝난 상태이며, IPv6를 지원하는 Mobile IPv6에 대한 표준화 역시 최근 RFC로 발간되었다. Mobile IPv4에서 사용하는 주요 용어는 다음과 같다.

- MN (Mobile Node) : 이동성을 가지는 노드, 무선 네트워크에 대한 액세스가 가능
- CoA (Care-of-Address) : Foreign network에서 MN이 사용하는 임시의 주소
- Home Address : MN이 가지는 고요한 IP 주소
- CN (Correspondent Node) : MN과 통신하는 상대 노드
- HA (Home Agent) : MN의 home network에서 MN의 이동에 따른 CoA 관리와 MN의 home Address로 들어오는 데이터 패킷을 MN의 CoA로 터널링 해주는 역할을 담당
- FA (Foreign Agent) : Foreign network에 방문중인 MN들에게 CoA를 할당하고, HA로부터 터널링 되어 들어오는 패킷을 디터널링하여 MN에게 포워딩 해주는 역할을 담당

Home network에 있던 이동노드 MN이 foreign network로 이동을 하게 되면, FA를 통하여 임시주소 CoA를 할당받게 되고, 이를 HA에게 알리게 된다. CoA할당은 Mobile IP를 지원하는 Agent들의 Agent Advertisement 과정을 통하여 자신의 이동을 감지한 MN의 요구에 의해서 일어나게 되고, 정상적으로 CoA를 할당받은 MN은 Registration 과정을 통하여 이를 HA에게 알리게 된다. 이러한 등록 과정을 거친 후 HA로 들어온 데이터 패킷들은 터널링을 통하여FA까지 전달이 되고, FA에서 디터널링된 데이터 패킷들은 다시 MN에게 포워딩된다.

그림 1은 Mobile IP 네트워크를 개략적으로 보여주고 있다. IP 백본망에 연결된 라우터들은 각각 서브 네트워크를 구성하고 있으며, 5개의 MN들이 두개의 foreign network에 위치하면서, FA의 Agent Advertisement를 통해 CoA를 할당 받기 직전의 모습을 나타내고 있다.



<그림 1> Mobile IP 개념도

2. Mobile IPv6

현재 사용하고 있는 IPv4는 주소 고갈 및 라우팅의 비효율성 등을 포함한 여러가지 문제로 인하여 차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6로의 전이가 진행중이다. 이와 함께 Mobile IPv6에 관한 연구도 지속되고 있다. Mobile IPv6는 mobile IPv4가 가지고 있던 기본적인 이동성 지원을 보장하는 동시에 더욱 효율적인 이동 서비스를 제공해 준다.

Mobile IPv4와 Mobile IPv6의 차이점을 살펴보면 구성요소 중 Mobile IPv4의 FA가 Mobile IPv6에서는 제외되었다는 것을 들 수 있다. Mobile IPv6에서는 FA없이 이동노드가 직접 HA와 통신하고 HA가 이동노드의 현재위치를 파악한다. 그리고 Mobile IPv4에서와 같이 FA CoA를 이용하여 FA가 터널링된 패킷을 디터널링 하지 않고 HA는 이동노드로 직접 터널링하고 이동노드에서 디터널링이 이루어지기 때문에 FA가 이용되지 않는다.

다음으로 Mobile IPv4에서 선택기능인 route optimization이 Mobile IPv6에서는 기본기능으로 이용된다. Mobile IPv4에서는 이동노드, HA, 인터넷 노드간의 삼각

라우팅 문제를 해결하기 위해 route optimization이 이용된다. 그러나 Mobile IPv6에서는 인터넷 노드가 기본적으로 이동노드의 현재 CoA를 알고 HA를 거치지 않고 직접 이동노드로 패킷을 전송하므로 기본적으로 route optimization을 지원한다. 다음으로 Mobile IPv4에서의 자체적인 보안방법을 이용하는 것과 달리 Mobile IPv6에서는 보안이 필요한 모든 메시지들에 IPSec(IP Security)를 기본적으로 이용한다. 그리고 Mobile IPv4에서는 HA에서 이동노드로 패킷전송시 모두 IP encapsulation 해야하는 것에 비해 Mobile IPv6는 라우팅 헤더를 이용해서 전송한다. 그러나 이동노드로 전송된 패킷을 HA가 가로채어 전송할 때는 IP encapsulation을 이용하게 된다.

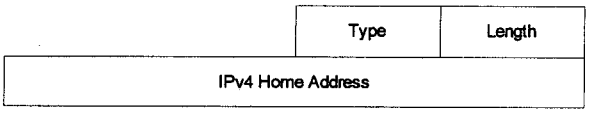
3. Mobile IPv4/6 연동기술

Mobile IPv4는 현재 이동통신망과 무선 LAN망에서의 이동성 관리를 위한 표준기술로 이미 사용되고 있으며, Mobile IPv6는 IPv6를 기반으로 하는 차세대 통신망에서의 이동성 관리를 위해 사용될 것으로 전망된다. 이러한 상황과 현재의 유무선 통신망이 IPv4에서 IPv6로 진화하고 있는 추세로 미루어 볼 때, 이동성을 관리하는 주류 기술이 점차 Mobile IPv6로 바뀌어 갈 것이라는 예상을 하게 된다. 그러나 현재 망의 대부분을 차지하는IPv4 망이 단기간에 IPv6로 변경되기는 어려우므로 IPv4를 기반으로 하는 Mobile IPv4 기술과 IPv6를 기반으로 하는 Mobile IPv6 또한 상당기간 공존할 것으로 예상된다.

이 경우 IPv6의 경우와 마찬가지로 Mobile IPv6는 Mobile IPv4에 대한 역방향 호환성을 제공하지 않기 때문에 단말에서나 이동성을 관리하는 노드 모두가 두가지 이동성 관리 기술을 모두 수용하기 위해서는 듀얼 스택 형태의 구조를 가져야 한다. 하지만, Mobile IPv4와 Mobile IPv6의 단순한 듀얼 스택 구조는 많은 비효율성을 유발할 수 있는 가능성을 내포하고 있기 때문에 이를 개선하기 위한 표준화 작업이 최근 IETF를 중심으로 진행되고 있다.

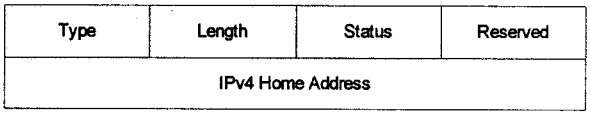
Mobile IPv6는 IPv6 망에서 이동 단말의 IPv6 home address를 이용하여 이동중에도 상대 노드와의 연결성을 유지시켜줄 수 있다. 하지만 IPv6는 현재 널리 사용되고 있지 않기 때문에 이동 단말이 IPv6 주소만을 이용하여 연결성을 유지하기 어려우며 따라서 상당기간 동안 이동 단말은 IPv4 주소를 함께 사용할 것으로 예상된다. 그러나 현재의 Mobile IPv6 표준기술은 IPv4 home address의 사용을 허용하고 있지 않기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위하여듀얼 스택 모드에서도 Mobile IPv6가 사용될 있는 확장자를 제공한다.

Mobile IPv6가 듀얼 스택 모드에서 사용되기 위해서는 이동 단말이 IPv4와 IPv6 home address 또는 CoA를 함께 사용하고 이들을 이용하여 자신의 HA를 갱신할 수 있어야 하고, 이동 단말이 HA의 IPv4 주소뿐 아니라 IPv6 주소도 알아야 한다. 이러한 요구를 충족시키기 위하여 듀얼 스택 모드로 동작하는 Mobile IPv6에서는 IPv4 주소에 대한 바인딩 갱신을 위하여 IPv4 Home Address Option과 IPv4 address Acknowledgement Option의 두 가지를 추가로 사용한다. IPv4 home Address Option은 이동 단말에서 HA 또는 MAP (Mobile Anchor Point)로 보내지는 binding update 메시지를 포함하는 mobility header에 포함되며 이동 단말의 IPv4 home address를 포함한다. <그림 2>는 IPv4 Home Address Optin의 형식을 보여준다.



<그림 2> IPv4 Home Address Option

IPv4 Address Acknowledgement Option은 HA 또는 MAP에서 이동 단말로 보내지는 binding ack 메시지를 포함하는 mobility header에 포함되며 이동 단말의 IPv4 home address에 대한 binding cache entry가 생성 되었는가를 알려준다. <그림 3>에 IPv4 Address Acknowledgement Optin의 형식을 나타내었다. 그림에서 Status는 IPv4 home address binding에 대한 성공 및 실패를 타나내는데, 0에서 127까지는 값이 성공을 나타낸다.



<그림 3> IPv4 Address Acknowledgement Option

이동 노드가 IPv4와 IPv6 home address를 모두 가지면 각각의 주소에 대한 binding cache를 생성할 필요가 있다 binding update 및 binding ack 메시지를 전달하기 위한 IP 패킷의 형식은 방문망의 환경에 따라 달라질 수 있다. 방문망이 IPv6를 지원하는 경우 이동 단말은 글로벌하게 유일한 IPv6 주소를 구성할 수 있으며 Mobile IPv6에 규정된 바와 같이 자신의 HA의 IPv6 주소로 새로이 제안된 IPv4 home address Option을 포함한 binding update 메시지를 보낸다.

Binding update를 받은 후 HA는 이동 단말의 IPv4 및 IPv6 주소에 대하여 각각 binding cache를 생성한다. 생성된 두 종류의 엔트리는 모두 이동 단말의 IPv6 CoA로 연결되기 때문에 이동 단말의 IPv4 또는 IPv6 home address로 패킷이 전달될 때마다 이동 단말의 IPv6 CoA로 IPv6 터널링을 통해 전달된다. 이 시나리오에서는 binding update 메시지에 IPv4 home Address Option의 추가만을 필요로 한다. Binding update가 이루어진 후에 HA는 binding update 메시지에 IPv4 home Address Option이 포함되어 있다면, binding ack 메시지는 새로 제안된 IPv4 Address Acknowledgement Option을 포함해야 한다.

이와는 달리 방문망이 IPv4만을 지원하는 경우 이동 단

말은 binding update를 포함하는 IPv6 패킷을 HA의 IPv4 주소로 터널링 해야 한다. 이때 이동단말은 외부 헤더의 source address로 방문망에서 얻은 IPv4 CoA를 사용한다. Binding update는 Home Address Option에 이동 단말의 IPv6 home address를 포함하는데, 이 경우 CoA가 IPv4 주소이므로 이를 IPv6 주소로 변경하기 위하여 IPv4-mappde IPv6 주소가 사용되며, 이 주소는 IPv6 헤더의 source address 영역에 포함된다. 만일 이동 단말이 IPv4 home address를 가지는 경우 제안된 IPv4 Home Address Option이 사용된다.

Binding update를 받은 후 HA는 이동 단말의 IPv6 home address에 대하여 새로운 binding cache 엔트리를 생성해야 하는데 만일 IPv4 Home Address Option이 사용되었다면 HA는 그 주소에 대해서도 엔트리를 생성해야 한다. Binding update가 IPv4 Home Address Option을 포함하고 있다면 binding ack도 제안된IPv4 Address Acknowledgement Option을 포함해야 한다.

III. Mobile IPv4/6 연동기술을 적용하는 IPv4 망에서의 효율적인 IPv6 통신 메커니즘

본 장에서는 Mobile IPv4/v6 연동 기술에서 사용하는 터널링 방식의 문제점을 기술한 후 이를 효율적으로 개선시킬 수 있는 IPv6 over IPv4 통신 메커니즘에 대하여 기술한다.

1. Mobile IP 연동기술 적용시 문제점

IPv4 네트워크에서 Mobile IPv6를 사용하기 위한 Mobile IPv6 확장 기술에서는 IPv4 주소에 대한 binding update를 처리할 수 있어야 하고, 이동 단말이 IPv6 패캣을 주고 받을 수 있어야 한다. 이러한 추가 사항을 충족 시키기 위하여 두 개의 확장자를 새로 두었으며, 이동 단말이 IPv4만이 지원되는 방문망에 연결되어 있는 경우에는 특별히 다음의 여러 사항을 고려 해야 한다.

먼저 IPv6 패킷은 항상 IPv4 패킷에 인캡슐레이션이 되어야 하는데 이는 IPv6 패킷이 IPv4 네트워크를 이용하여 통신을 하는데 있어서 필수 요건이 된다. 또한, IPv4 주소를 가지는 HA를 찾아가기 위하여 IPv4의 헤더 source address와 destination address는 이동 단말의 IPv4 주소와 HA의 IPv4 주소가 되어야 한다. 이러한 추가 요구 사항들은 Mobile IPv6를 지원하는 이동 단말이 IPv4 네트워크에서도 투명하게 Mobile IPv6의 동작을 지원하는 역할을 수행하지만, 이동 단말이 주고 받는 모든 데이터는 항상 두 가지 버전의 헤더를 지니게 된다는 것을 의미한다.

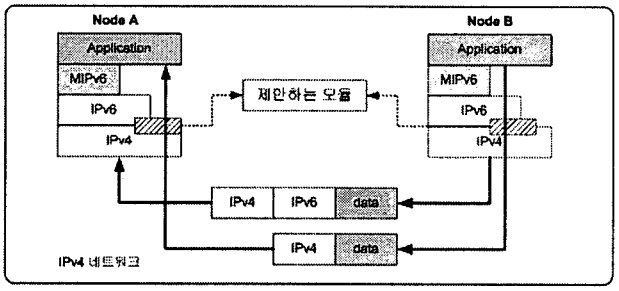
IPv4 헤더만 가지고도 목적지를 찾을 수 있다는 것을 감안한다면, IPv6 헤더는 오버헤드 문제를 야기시킬 수 있는 가능성을 내포 한다는 것을 알 수 있다. 이동 단말이 HA와 주고 받는 여러 시그널링 메시지는 IPv6의 확장 헤더를 사용하기 때문에 이때는 반드시 IPv6 헤더를 사용해야 하지만, 이동 단말의 binding update 이후 순수한 데이터의 통신 상에서는 라우팅에 관여하지 않는 IPv6 헤더는 불필요한 존재가 되어 버리는 것이다.

터널링 되는 패킷의 외부 헤더는 IPv4 네트워크에서 목적지 노드를 찾아가기 위한 용도로 사용이 되고, 내부의 IPv6 헤더는 Mobile IPv6를 필요로 하는 응용을 위해서 반드시 필요한 존재이다. 하지만 binding table이 존재한다는 사실을 감안한다면 IPv4 주소만을 가지고도 IPv6 응용을 찾을 수 있는 상황이라면 굳이 불필요하게 IPv6 헤더를 매번 전송하는 것인 비효율적인 통신 상황이라는 것을 인식할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하는 효율적인 IPv6 over IPv4 통신 메커니즘을 제안한다. 제안하는 기술은 이동 단말과 HA가 가지는 binding table을 이용하여 IPv6 헤더를 제거 함으로써, 네트워크에 불필요한 오버헤드를 줄여주는 역할을 수행하게 된다.

2. 제안하는 알고리즘

논문에서는 IPv4 네트워크에서의 Mobile IPv6 적용 노드간의 효율적인 통신 방법을 제안한다. <그림 4>는 제안하는 알고리즘을 적용한 모듈의 탑재 위치와 모듈의 적용으로 인하여 효율적인 통신이 이루어지는 그림을 나타내고 있다. Node A와 B는 IPv4 네트워크에 위치하면서 Mobile IPv6를 지원하는 노드로써 이들간의 통신은 IPv6 in IPv4 터널링 방법을 사용함으로써 이루어진다.



<그림 4> 제안하는 모듈을 이용한 통신

그러나 제안하는 모듈의 알고리즘을 적용함으로 인하여 두 개의 노드는 터널링 방법이 아닌 직접적인 통신 방식을 이용하여 네트워크의 부하를 효율적으로 줄여주는 역할을 수행한다. 이러한 모듈은 IPv6 데이터를 IPv4 헤더를 이용하여 캡슐화 하는 것이 아니라 IPv6 헤더를 제거하여 전송하고 이를 받은 노드가 IPv6 패킷으로 인식하는 방법을 사용한다.

이와같은 동작은 Mobile IPv6가 사용하는 binding

cache table을 이용하기 때문에 가능해지는데 Mobile IPv4/6 연동을 지원하는 모든 노드들은 IPv4 주소와 IPv6 주소를 매핑한 테이블을 가지고 있기 때문이다. 이러한 테이블을 이용하여 IPv4 주소로 들어온 패킷을 IPv6 주소로 들어온 패킷으로 인식할 수 있고, IPv6 주소로 보내야 하는 데이터를 IPv4 주소를 사용하여 보낼 수 있게된다. <그림 5>는 이러한 binding cache table을 내용을 보여준다.

Binding Cache Table		
IPv4 주소	IPv6 주소	...
A	AAAA	...
B	BBBB	...
C	CCCC	...
D	DDDD	...

<그림 5> Binding cache table

제안하는 알고리즘은 송수신 알고리즘으로 나뉘게 된다. 송신 알고리즘은 상위 계층에서 받은 데이터가 확장 헤더가 존재하지 않으며, binding cache table에 존재하는 IPv4/6 mapped address를 목적지 노드로 사용하는 경우 table의 IPv4을 참고하여 IPv6 헤더 없이 목적지로 전송하는 방식을 사용한다. 수신 알고리즘은 이와 마찬가지로 들어온 데이터의 발신지 주소를 검색하여 자신이 가지고 있는 binding cache table에 있는 주소인 경우 IPv6 노드로부터 들어온 패킷임을 감지한 후 이러한 정보를 담아 상위 응용으로 올려주게 된다. 결과적으로 IPv6의 이동성 지원과 관련된 확장헤더를 사용해야 하는 소수의 Mobile IPv6 시그널링 패킷은 기존의 방법을 사용하지만, Mobile IPv6 바인딩 업데이트가 이루어진 상황에서 binding cache table에 정보가 올라가 있는 상황에서는 효율적인 통신방법을 이용할 수 있게 된다.

IV. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 Mobile IPv6를 지원하는 노드들이 IPv4 네트워크에서 효율적인 통신을 할 수 있도록 지원해주는 향상된 데이터 전송 방식을 제안하였다. 제안된 알고리즘이 적용된 모듈을 이용하면 IPv6 전이 단계에서 발생하는 불가피한 터널링에서 오는 전체적인 네트워크 트래픽 부담을 효과적으로 해결 할 수 있다. 또한 binding cache의 정보 이용만으로 기존의 모듈의 큰 수정 없이 알고리즘 적용이 가능하다는 장점이 있으며 네트워크 노드에서의 추가적인 구현 부담을 제거 하는 효과를 거둘 수 있게 되므로, IPv6 네트워크로의 진화 과정시 효과적인 보완재로서 작용할 것으로 기대된다.

현재 모듈을 이용한 알고리즘 구현중이며 IPv4 네트워크에서 Mobile IPv6 데이터 전송이 가능한 구현된 테스트 베드에서 논문에서 제안한 내용을 바탕으로 실험을 할 예정이다.

참고문헌

[1] 민상원. "유비쿼터스 이동 컴퓨팅 환경에서의 이동성 관리." 한국통신학회지. vol.20, No.5, pp. 83-95.

[2] J. Solomon, *The Mobile IP*, PTR Prentice Hall, 1998.

[3] C. Perkins et al., "IP mobility support for IPv4," Request for Comments 3344, IETF, August 2002.

[4] D. Johonson et al., "IP mobility support for IPv6," draft-ietf-mobileip-mipv6-24.txt, June 2003.

[5] 이준원, 민상원, "Mobile IPv6 기반 무선 LAN 망에서의 효율적인 핸드오프 제공 방안," 통신학회 하계학술대회, vol 27, 2003.

[6] 이돈수, 민상원, "Fast 핸드오프 기능을 갖춘 Mobile IPv6 망에서의 RSVP를 이용한 자원 할당 연구," 통신학회 하계학술대회, vol 27, 2003.

[7] H. Soliman et al., "Dual Stack Moile IPv6," draft-soliman-v4v6-mipv6-00.txt, March 2004.