실시간 데이터를 위한 MIPv6 망에서의 효율적인 Path MTU Discovery 설계

(Design Efficient Path MTU Discovery for Real-Time Traffic in MIPv6 Network)

남 형 주 (광운대학교 전자통신학과, 석사과정)
전 성 우 (광운대학교 전자통신학과, 석사과정)
민 상 원 (광운대학교 전자통신학과, 교수)
박 영 충 (전자부품연구원)
정 광 모 (전자부품연구원)

Key Word : IPv6, MIPv6, ICMPv6, MTU, Path MTU Discovery

목 차

I. 서 론
II. IPv6 및 MIPv6
1. IPv6의 기본 헤더와 Next Header
2. MIPv6의 기능 및 동작
III. 기존 PMTUD의 문제점
IV. 제안한 PMTUD의 적용
1. 제안하는 PMTUD
2. MIPv6 망에서의 제안한 PMTUD 적용
V. 결론 및 향후 과제
참고문헌

I. 서론

최근 급속하게 발전한 인터넷은 더 이상 특정목적의 사용자가 대상이 아니라 일반 사용자를 대상으로 하고 있으며, 이는 IETF (Internet Engineering Task Force)의 IP (Internet Protocol)의 성공적인 적용과 확장에 기인한다. 과거의 통신개념은 음성, 영상, 데이터 통신 등이 각각 구분 지어져 사용되어지고 발전되었으나 현재는 인터넷 환경아래 멀티미디어라는 하나의 개념으로 모두 통합되어 진화하고 있는 추세이며, 네트워크의 구성측면에서도 이종 네트워크간의 통합과 연동에 관한 노력이 이루어지고 있다[1][2].

차세대 이동통신망에서는 실시간 서비스 및 데이터 서비스들이 모두 IP를 기반으로 이루어지기 때문에 이들 서비스의 원활한 적용을 위해 이동 단말들의 고정 IP 주소 획득이 필수적이다. 하지만 현재의 인터넷 프로토콜인 IPv4 (IP version 4)는 인터넷의 발전과 더불어 여러 한계들을 드러내고 있으며, 이를 해결하고자 새로운 프로토콜인 IPv6 (IP version 6)가 등장하게 되었다. IPv6는 IPv4와 비교하여 2^{128} 개의 충분한 주소를 제공할 뿐만 아니라 간단한 헤더구조, 확장 헤더 제공, 인트라넷 및 인터넷을 위한 통합 어드레싱 제공, 보안을 위한 IPsec (IP security)의 기본 지원, 이동단말을 고려한 이동성지원 등을 제공하며, 이는 멀티미디어 환경의 통합된 형태의 어플리케이션 및 서비스에 적합한 요소로 작용한다[3][4].

또한, IPv4와는 달리 IPv6에서는 효율적인 라우팅을 위하여 단편화를 제공하지 않는다. 이는 전송 호스트에서 각 라우터의 링크 MTU (Maximum Transmission Unit)에 맞게 패킷 크기를 조절하여 전송해야 함을 나타낸다. 이를 위해서 목적지까지의 각 라우터의 최소 링크 MTU 값을 알아내는 PMTUD (Path MTU Discovery) 방법을 IETF에서 제안하여 표준화 하였다[3][4][5].

이동 통신망의 발전으로 단말의 이동성도 크게 이슈가 되고 있고, 인터넷 서비스 조차 이동 단말의 환경을 요구하고 있다. MIPv6 (Mobile IPv6)는 단말의 이동성 요구에 부합되는 기술이다. MIPv6는 MIPv4 기술을 IPv6 인터넷 망에 적용 가능한 형태로 진화한 기술이다. MIPv6는 단말이 핸드오프

중에도 서비스의 단절 없이 단말의 연결성을 보장 해주기 때문에 멀티미디어 세션을 모바일 환경에서 서비스 받기 위한 최적의 기술이다. 이러한 서비스를 지연 없이 제공해주기 위해서는 PMTU 값을 실시간으로 관리하는 기술이 필수적이다 [6][7].

본 논문에서는 IPv6의 기본 헤더와 확장헤더의 형식과 사용을 고찰한 후, MIPv6의 기능 및 동작을 알아본다. MIPv6와 같은 이동망에서의 효율적인 실시간 데이터 전송 방안을 제공하기 위해서 기존의 PMTUD의 문제점을 파악한 후, 효율적인 PMTUD를 제안한다, 마지막으로 MIPv6에서 PMTUD의 적용 방안에 대해 고찰한다. 이를 통해서 이동망에서 실시간 데이터의 지연 없는 전송 방안을 제안한다.

II. IPv6 및 MIPv6

1. IPv6의 기본 헤더와 Next Header

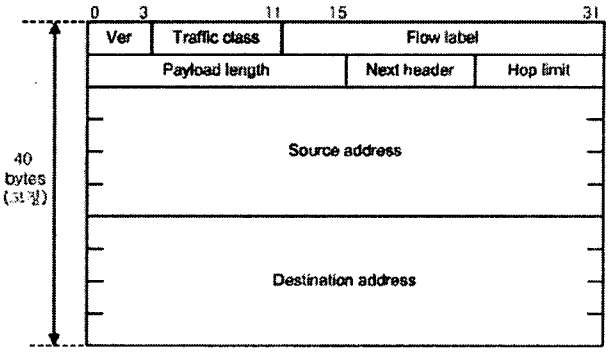
인터넷이용이 폭발적으로 늘어나고 이용인구가 늘어나면서 기존의 IPv4기반의 네트워크에서 32비트 주소체계에서 IP 주소의 한계와 기능적 제약에 따라 이를 극복하려는 노력이 계속되었다. 이에 따라 IPv6에서는 충분한 128비트의 주소체계를 가지고 다양한 기능의 확장을 통해 기존의 IPv4 네트웍에서 할 수 없었던 여러 가지 서비스를 제공할 수 있을 것으로 전망된다.

IPv6에서는 IPv4에서 새로 추가되거나 빠진 몇 가지 차이점이 있으며 이는 다음과 같다[1][2].

- 확장된 Address System : IPv4에서는 32비트 주소체계를 이용했으나 IPv6에서는 128비트 주소형식을 이용한다.
- Flow Label : 근원지 측에서 보내는 패킷의 라우팅 경로에 대한 과정에 관여하여 이를 직접 지정할 수 도 있고 flow label을 이용하여 전송 하는 연속적인 패킷들에대해 QoS (Quality of Service)를 제공할 수도 있다.
- Header Checksum의 삭제 : IPv6에서는 헤더 내에서 Header Checksum을 가지지 않는다.
- Header Format : IPv6에서는 헤더 처리의 효율성면을 고려한다. 이를 위해 헤더에서 필수적으로 가져야 하는 부분들은 기본형식으로 두고 확장된 기능들은 추가적인 확장 헤더들을 필요에 따라 헤더부분을 추가한다.

<그림 1>과 같이 IPv6에서는 IPv4와 같이 맨 앞부분에 주소정보등과 같은 기본적인 데이터의 전송에 필요한 정보들을 포함한 기본헤더를 갖는다. 그리고 그 기본헤더 뒤에 데이터의 전송에 대한 세부 사항들을 필요에 따라 정의하거나 지정할 수 있도록 여러 가지 옵션들을 추가할 수 있는 확장 헤더들이 위치한다.

모든 IPv6 패킷은 40byte 로 이루어진 기본헤더로 시작된다. 이 기본헤더에 의해 근원지로부터 목적지까지 데이터를 전송하는데 필요한 필수적인 정보들을 포함한다. 각 필드의 설명은 <표 1>과 같다.

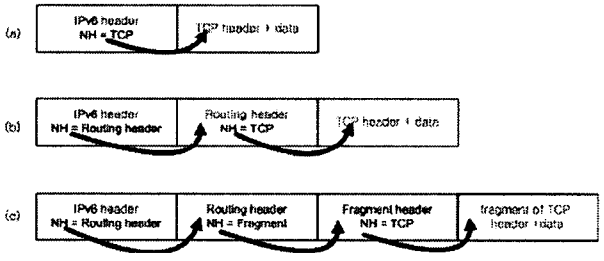


<그림 1> IPv6 기본 헤더 형식

<표 1>

Field	Description
Version	IP의 버전 표시
Traffic Class	해당 패킷의 우선순위 표시
Flow Label	특정 Traffic Flow들을 구분
Payload Length	IP 패킷의 길이 (Byte 단위)
Next Header	확장헤더 표시
Hop Limit	패킷이 전송되는 길이를 홉으로 표시

IPv6에서는 인터넷 계층의 추가적인 정보들이 분리된 헤더의 형태로 IP 헤더와 상위 레이더 헤더 사이에 위치하게 된다. 이것을 확장 헤더라 하며 이것은 Next Header 값으로 구분되고, <그림 2>에서 나타낸 것과 같이 상위 계층의 프로토콜 타입과 확장 헤더의 타입을 가리키기 위해서 Next Header가 사용된다[3][4].

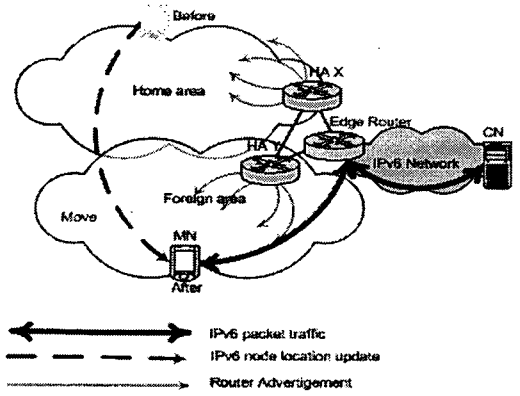


<그림 2> Next Header의 예

2. MIPv6의 기능 및 동작

MIPv6 기술은 IPv6 망에서 노드의 이동성을 보장하기 위한 기술로써 사용된다. MIPv4와는 다르게 MIPv6는 구성 요소 중 FA (Foreign Agent)없이 HA 만을 사용하여 이동 노드와 직접적으로 통신하여 HA가 이동 노드의 현재 위치를 파악한다. 다음으로 MIPv4에서 문제가 되었던 삼각 라우팅 문제를 MIPv6에서는 라우트 최적화(Route Optimization)를

기본으로 적용하여 해결하였다. <그림 3>은 MIPv6의 구성 요소를 도식화한 것이다[6][7].



<그림 3> MIPv6 망 구성도

MIPv6는 이동성을 가진 MN (Mobile Node), 이동노드의 이동성을 관리하는 HA와 이동노드와 세션을 유지하는 CN (Corresponding Node)으로 구성된다. 이동노드는 RA (Route Advertisement)나 RS (Route Solicitation)을 통한CoA (Care of Address)를 할당 받아 CN과 통신한다. 이동노드가 영역을 이동했을 경우 이동노드는 HA에 새로운 CoA를 할당 받아 CN과 통신을 한다. 이동노드는 HA와 라우팅 업데이트 후에 위치를 갱신하며 터널을 형성하여 CN과 통신을 하다가 CN과 라우팅 업데이트 후에 라우트 최적화를 이루어 직접 CN과 통신이 가능해진다. MIPv6 기술은 IPv6 망에서 단말의 이동성을 제공하기 위한 기술로써 HA, 라우트 최적화와 같은 MIPv4보다 향상된 메커니즘을 가지고 동작한다.

III. 기존 PMTUD의 문제점

IPv6는 기본적으로 라우터에서 단편화를 지원하지 않는다. 그렇기 때문에 패킷을 전송하는 각 호스트들은 각 라우터가 지원할 수 있는 링크의 MTU 값에 맞는 적절한 MTU 값을 선택하여 전송하여야 한다. 그러나 호스트를 각 라우터의 링크 MTU 값을 알지 못하고, 단지 자신의 이웃 라우터의 정보만을 알기 때문에 적절한 MTU 값을 알 수 없다.

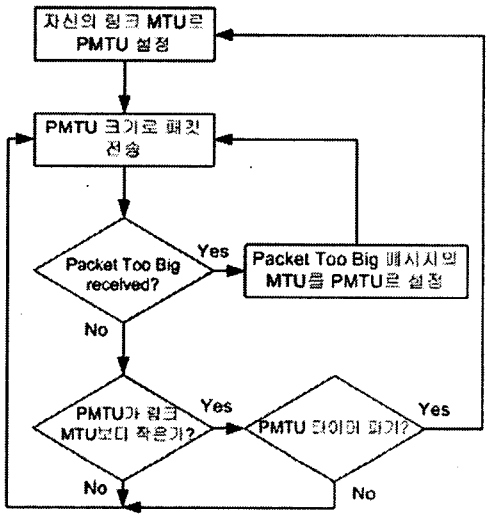
IETF에서는 이러한 상황에서 목적지까지의 최소 MTU 값을 알아내는 메커니즘을 제시하였고, 이 메커니즘을 PMTUD라고 한다. <그림 4>는 IPv6에서 PMTUD를 나타낸다. IPv6는 다음과 같은 4단계 동작을 통하여 최소 MTU 값을 알아낸다[3][4][5].

1. 패킷을 전송하는 호스트는 자신의 링크 MTU로 MTU 크기를 설정한다.
2. 호스트는 설정된 MTU 크기에 맞게 패킷을 전송한다.
3. 만약 라우터에서 자신의 링크 MTU 보다 작은 크기의 패킷이 온 것을 감지하면, 다음 라우터로 패킷을 보낸다. 그러나 자신의 링크 MTU 보다 큰 패킷을 감지하면, 패킷을 보내는 호스트에게 Packet Too Big 메시지를 자신의 링크 MTU 크기를 포함하여 전송한다.
4. 패킷을 전송하는 호스트는 Packet Too Big 메시지를 받은 다음 MTU 필드에 있는 MTU 값으로 재설정하여 패킷을 다시 전송한다.

IPv6에서는 위의 4단계를 각 라우터 마다 반복하여 목적지까지의 최소 MTU 값을 알아낸다.

그러나 라우팅 토폴로지에서 근원지에서 목적지까지의 경로가 바뀌거나, 네트워크 상황이 나빠져서 MTU 값이 변화가 된다면 새로운 최소 MTU 값이 필요하게 된다. 새로운 최소 MTU를 계산하기 위해서는 3단계로 시작하여 2~4단계를 반복해야 한다. 너무 많은Packet Too Big 메시지 전송을 줄이기 위해서 적절한 시간을 주기로 PMTUD 동작을 수행한다. RFC 1981에서는 현재 MTU 크기보다 큰 패킷을 최소 5분마다 한 번씩 전송하고 있다[5].

예전의 데이터 위주의 트래픽 전송 상황에서 현재에는 데이터, 영상, 음성의 멀티미디어 트래픽이 주가 되었다. 특히, VoIP (Voice over IP)와 같은 실시간 트래픽의 양이 늘어나게 되었다. 이러한 상황에서 기존의 IPv6 PMTUD 방법은 데이터의 지연이라는 심각한 문제점을 유발 시킨다. 그리고 PMTUD 재전송 주기 전에 Path MTU 크기가 바뀌었을 때는 망의 변화를 실시간으로 모르기 때문에 위의 과정을 반복할 때까지 데이터가 지연될 수 있다.



<그림 4> IPv6의 PMTUD

또한, MIPv6와 같은 이동망에서 단말이 외부 망으로 이동하였을 때, 외부 망의 경로와 최소 MTU 값을 모르기 때문에 핸드오프를 완료한 후 데이터의 지연이 더 크게 발생할 수 있다. 핸드오프 시간을 줄이려고 하는 요즘의 노력에 비추어 볼 때 최소 MTU 값을 찾는 시간은 핸드오프 시간과 더불어 매우 큰 지연 요소가 될 수 있다. 이러한 지연 요소를 없애기 위해 새로운 PMTUD 방법이 필요하고 핸드오프 과정 전에

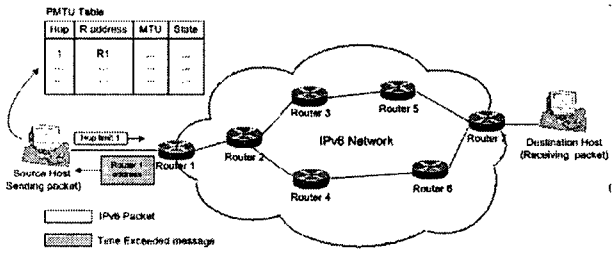
이러한 방법이 적용 되어야 할 것이다.

IV. 제안한 PMTUD의 적용

1. 제안하는 PMTUD

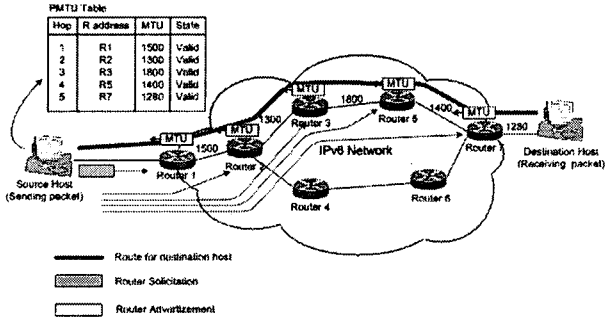
기존의 PMTUD 방법은 자신의 링크 MTU로 전송하여 라우터로부터 받은 Packet Too Big 메시지를 사용하여 MTU 크기를 줄여 재전송 하였다. 제안하는 PMTUD 방법은 미리 경로에 있는 라우터들의 링크 MTU 크기를 알아온 다음 IPv6의 라우팅 헤더를 사용하여 각 라우터의 상태를 호스트에서 관리하는 것이다. 제안한 PMTUD 방법은 다음과 같은 절차를 따른다.

1. 패킷을 전송하는 호스트는 <그림 5>와 같이 IPv6의 홉리미티 필드를 1로 설정한 다음 목적지 주소로 전송한다.
2. 첫번째 라우터에서 홉리미트 값을 하나 감소 시키면 더 이상 전송이 불 가능하기 때문에 Time Exceeded 메시지를 호스트에게 전송한다.

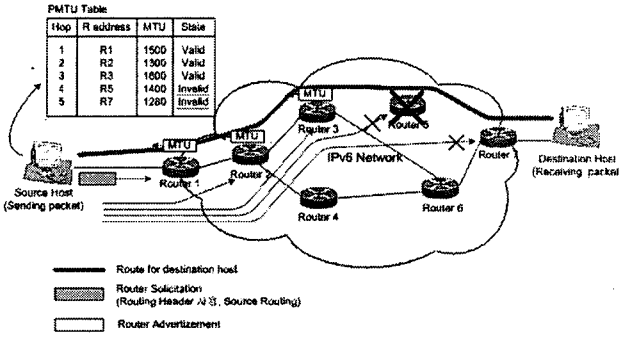


<그림 5> 경로 탐색

3. 이때 Time Exceeded 메시지와 더불어 현재 라우터의 주소를 전송한다.
4. Time Exceeded 메시지를 전송 받은 호스트는 라우터의 주소를 PMTU 테이블에 저장한다.
5. 호스트는 홉리미트를 2로 하여 목적지에게 전송한다.
6. 두 번째 라우터에서도 Time Exceeded 메시지와 함께 링크 MTU를 호스트에게 전송한다.
7. 두 번째 Time Exceeded 메시지를 받은 호스트는 두 번째 라우터의 주소와 MTU를 저장한다.
8. 목적지 까지 2~7번 과정을 통하여 Path MTU를 설정하여 전송한다.
9. <그림 6>과 같이 데이터 전송 중에 경로를 모니터링 하기위해 주기적으로 각 라우터들에게 라우팅 헤더를 사용하여 RS 메시지를 전송하고 MTU 크기 및 경로의 변화 유무를 체크 한다.
10. <그림 7>과 같이 링크 MTU만 변경 되었을 때는 전송 받은 RA 메시지의 MTU 값만 바꾸고, 경로가 바뀌었을 때는 다시 바뀐 경로전의 라우터부터 시작하여 2~7번 과정을 되풀이 한다.

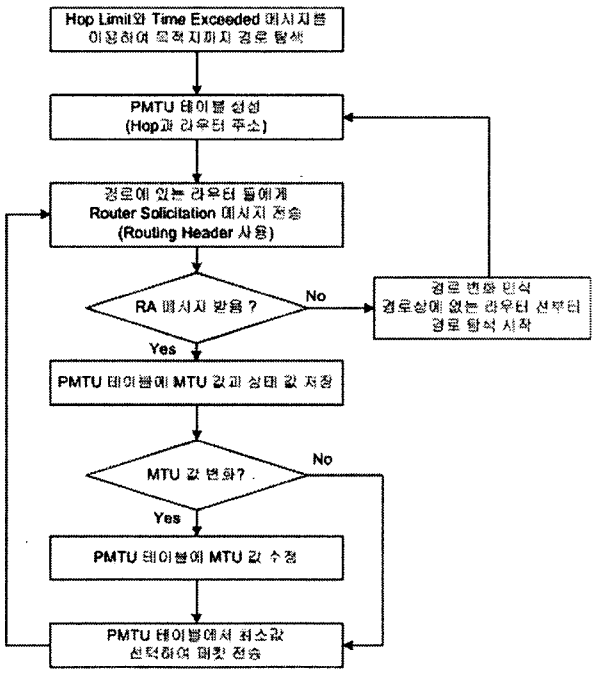


<그림 6> RS와 RA 메시지를 이용한 MTU 획득



<그림 7> 망의 변화 시 동작

위의 과정을 거쳐서 PMTU를 실시간으로 관리할 수 있다. 위의 방법은 기존 방법과는 달리 망의 변화를 실시간으로 모니터링 하기 때문에 실시간 데이터의 전송 시 지연 없는 전송을 보장 할 수 있다. <그림 8>은 제안하는 PMTUD의 프로시져를 흐름도로 나타내었다.

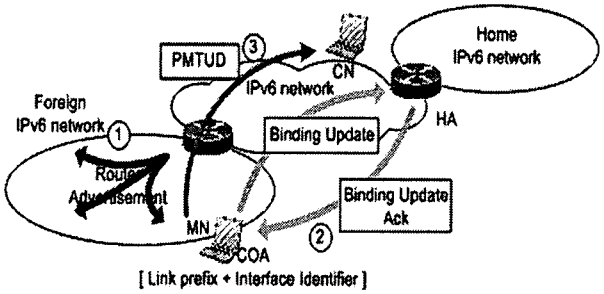


<그림 8> 제안하는 PMTUD의 프로시져

2. MIPv6 망에서의 제안한 PMTUD 적용

MIPv6와 같은 이동망에서는 호스트가 외부 망으로 이동하였을 때에는 외부망의 상태를 알 수 있는 방법이 없다. 그래서 트래픽을 전송하기 전에 기존의 PMTUD의 방법을 사용하여 데이터를 전송하였다. 이는 실시간 데이터를 전송하는 측면에서 상당한 지연 요소로 작용할 수 있다. 따라서 제안한 PMTUD를 MIPv6와 같은 이동망에 적용한다면 이동망에서도 실시간 데이터의 전송을 보장할 수 있다.

<그림 9>는 MIPv6 망에서 제안하는 PMTUD의 적용 방안이다. 초기에 호스트가 외부망으로 이동 하였을때 외부망의 라우터로부터 RA 메시지를 받는다. 이를 감지한 호스트는 자신이 외부망으로 이동하였다는 것을 인지하고 자신의 HA에게 바인딩 정보를 교환함으로써 핸드오프를 끝내게 된다. 핸드오프 과정을 마친 호스트는 제안한 PMTUD 동작을 수행하여 외부망의 경로와 목적지까지의 PMTU를 계산하고 관리하게 된다. 그러나 핸드오프 시간 후에 추가로 시간이 걸리는 오버헤드가 있지만, 실시간 데이터의 지연 없는 전송이라는 측면에서는 상당히 효율적으로 동작할 것이다.



<그림 9> MIPv6 망에서의 제안하는 PMTUD의 적용

V. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 기존의 PMTUD가 실시간데이터 전송에 데이터의 지연이라는 심각한 문제를 해결할 수 있는 효율적인 PMTUD를 제안하고 설계 하였다. 또한, MIPv6와 같은 이동망에서 효율적인 PMTUD의 적용으로 실시간 데이터의 지연 없는 전송을 보장할 수 있다.

MIPv6의 기술은 단말의 이동성을 보장해 주는 기술로써 버스, 기차와 같이 이동하는 차량에 멀티미디어 데이터를 지속적으로 제공이 가능하며, VoIP와 같은 기술을 제공할 수 있다. 제안한 PMTUD의 적용을 통해서 위와 같은 실시간 데이터 처리를 보다 효율적으로 지연 없이 제공이 가능할 것으로 예상된다.

그러나 목적지까지의 경로와 MTU 값을 유지하고 관리하는 오버헤드가 여전히 남아있다. 향후 목적지까지의 경로탐색 과정을 좀 더 빠르고 효율적으로 탐색하는 방안이 개발된다면 이러한 오버헤드를 줄일 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Stephen A. Thomas, IPng and the TCP/IP Protocols,, Wiley, 1996.
2. S.. Deering and R. Hinden ,"Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification," RFC 2460, Dec. 1998.
3. J. Davies, *Understanding IPv6*, Microsoft, 2002.
4. S. Hagen, *IPv6 Essentials*, O'Reilly, 2002.
5. J. McCann, *et al.*, "Path MTU Discovery for IPv6," RFC 1981, August 1996.
6. J. D. Solomon, The Mobile IP, PTR Prentice Hall, 1998.
7. D. Johnos, et al., "Mobility Support in IPv6", IETF draft-ietf-mobileip-ipv6-19.txt, October 2002.