무선접속망에서 IP 전송 방식과 ATM 전송 방식간의 상호연동을 위한 IP 버전 처리

이 완 연†

요 약

이 논문에서는 이동통신망의 무선접속망(RAN : Radio Access Network)에서 ATM 전송 방식과 IPv4 전송 방식 그리고 IPv6 전송 방식이 혼재하여 존재할 때, 다른 전송 방식들간의 연동을 지원하는 방법을 제시한다. 제시된 연동 방법은 하나의 노드안에 세 가지 전송 방식에 대한 각각의 기능모듈을 모두 구현하는 *Triple Capable* 노드 방법으로 다양한 전송 방식을 가진 노드들과 직접 연동할 수 있도록 설계되었다. 그리고 제시된 Triple Capable 노드 방법과 같이 하나의 노드가 다수의 전송 방식중에서 하나의 전송 방식을 선택하여 사용하는 것이 가능할 때, 네트워크 통신 상황에 따라서 통신 성능을 향상시킬 수 있도록 전송 방식을 동적으로 선택하여 사용하는 알고리즘을 제시한다.

Handling of IP Version for Interworking IP Transport and ATM Transport Mechanisms in a Radio Access Network

Wan Yeon Lee†

ABSTRACT

In this paper, we investigate the interworking method between three transport mechanisms, that is, ATM transport, IPv4 transport and IPv6 transport, where these mechanisms are wholly used in a Mobile RAN (Radio Access Network). The proposed interworking method, called *Triple Capable Node*, is to implement three transport mechanisms simultaneously in a single node so that the node can communicate directly to other nodes having various transport mechanisms by using one of three transport mechanisms. In addition, we propose a dynamic algorithm which selects one among multiple transport mechanisms at run time in order to achieve better communication performance.

키워드 : 이동통신망(Mobile Network), All IP 망(All IP Network), 무선접속망(Radio Access Network), IP 전송(IP Transport), ATM 전송(ATM Transport), IP 버전(IP Version)

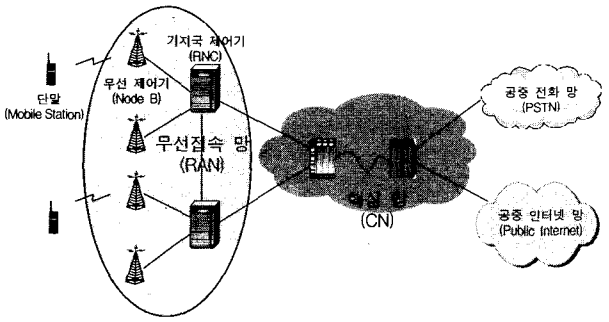
1. 서 론

차세대 이동통신망은 모든 망의 접속과 서비스를 인터넷 프로토콜에 기반하여 IP 방식의 기술을 사용하는 All IP 망으로 발전될 전망이다[1, 2]. All IP 망은, 모든 데이터와 시그널링 전송을 IP 패킷화 하고 이동통신망을 IP 패킷을 효율적으로 전송할 수 있는 구조로 바꾸고자 하는 노력이다[3, 4]. 또한 실시간 IP 멀티미디어 서비스를 구현함으로써 유무선망간의 진정한 통합을 이루고자 하는 구조라 할수 있다. All IP망 구조의 장점은, 우선 현재의 인터넷 발전 추이를 고려해 볼때 앞으로 인터넷 상에서 제공될 대부분의 응용프로그램과 VoIP(Voice over IP)와 같은 IP 기반의 멀티미디어 응용프로그램을 IP를 기반으로 하여 자연스럽게 수용할 수 있다는 점이다. 또한 유무선 통합 응용프로그램을 쉽게 구축할 수 있게되어 유무선 콘텐츠를 서로 공유할 수 있다. 아울러 망 인프라 비용측면에서도 IP 기반의 장비가 훨씬 개방형 구조로 구성되어 있음으로 인해서 장비 가격을 저렴화 할 수 있다는 점도 사업자들에게 경제성의 증가를 제공할 수 있다.

이동통신망 구조는 (그림 1)과 같이 기능상 다른 역할을 담당하는 무선접속망과 핵심망 두 가지 영역으로 크게 분류할 수 있다[2, 5]. 우선 단말과 주고받는 무선 프레임(Radio Frame)을 처리하고 무선자원 관리, 이동성을 제공하는 무선접속망(RAN : Radio Access Network)과 전화망 또는 공용 인터넷 망에 접속하기 위한 호 설정, 인증, 과금 등의 준비과정을 담당하는 핵심망(CN : Core Network)으로 나눌 수 있다. 그리고 이동통신망에서 All IP 구조를 도입하기 위한 노력도 무선접속망과 핵심망이 개별적으로 진화가 이루어지고 있다. 이 논문에서는 무선접속망에서 All IP 구조로 진화하기 위한 노력으로, 기존의 ATM 전송 방식 기반의 무선접

† 정 회 원 : LG 전자 정보통신 총괄 선임 연구원
논문접수 : 2002년 7월 4일, 심사완료 : 2002년 9월 17일

속망에서 새롭게 IP 전송 방식을 기반으로 하는 무선접속망으로 진화하는 방법에 대해서 다룬다.

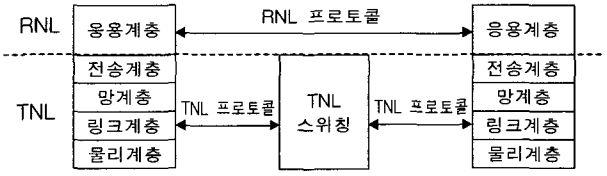


(그림 1) 이동통신망의 구조

All IP 구조를 도입한 무선접속망을 구축하기 위한 접근방법에는 두 가지가 있다[5]. 첫 번째는 기존의 무선접속망 구조는 바꾸지 않고 기존의 ATM 전송방식 대신 IP 전송 방식을 채용하도록 프로토콜 구조만 바꾸는 방식으로 'IP Transport RAN'이라고 부른다[6, 7]. 두 번째는 기존의 무선접속망 구조 자체를 진화시키는 방식으로 MWIF에서 주도적으로 연구하고 'OpenRAN'이라 부른다[8]. OpenRAN 방식은 매우 진보적인 방식으로 아직까지는 3GPP와 3GPP2의 이동통신망 규격에는 반영이 되지 않고, 현재 'IP Transport RAN' 방식만이 3GPP와 3GPP2의 이동통신망 규격에 반영되고 있다. 따라서 이 논문에서는 무선접속망에 'IP Transport RAN' 방식을 적용하고자 할때, 새롭게 적용되는 IP 전송 방식과 기존의 ATM 전송 방식간의 상호연동을 지원하는 기능에 관해서 다루고자 한다. 기존의 연구에서는 'ATM 전송 방식과 IP 전송 방식간의 상호 연동에 관해서만 연구가 이루어졌지만, 이 논문에서는 ATM 전송 방식과 IP 전송 방식간의 상호 연동시 IP 버전을 고려하여 IPv4 전송 방식과 IPv6 전송 방식을 동시에 지원하는 방법을 제시한다. 또한 다수의 전송 방식을 사용하여 두 노드간에 통신이 가능한 경우에 네트워크 상황을 고려하여 더 나은 통신 성능을 제공하는 전송 방식을 선택하는 알고리즘을 제시한다.

2. 기존 연구

무선접속망을 구성하는 무선 기지국, 기지국 제어기와 같은 노드가 통신 시에 사용하는 일반적인 프로토콜 스택 구조는 (그림 2)와 같이 나타낼 수 있다. TNL(Transport Network Layer)에는 시그널링 메시지 또는 데이터 메시지의 전송 기능을 수행하고, 물리 계층(Physical Layer), 링크 계층(Link Layer), 망 계층(Network Layer), 전송 계층(Transport Layer)을 포함하고 있다. RNL(Radio Network Layer)은 응용 계층(Application Layer)에 해당되고 메시지 형식 및 파라미터 규정, 메시지 전송 절차를 다루고 있다. 무선접속망에서 ATM 전송 방식 노드의 통신관련 프로토콜 구조를 살펴보면 물리 계층은 운영자에 의해서 임의로 선택되고 링크 계층에는 AAL2/ATM(또는 AAL5/ATM) 프로토콜을 사용한다. 그리고 망 계층, 전송 계층에서는 무선접속망 노드 연동에 관련된 특정 프로토콜(예, SCCP/MTP3B/SSCF-NNI/SSCOP 또는 SCCP/M3UA/SCTP/IP)이 지정되어서 사용되어 진다[6]. 반면 IP 전송 방식 노드의 통신관련 프로토콜 구조는 물리 계층과 링크 계층은 운영자가 임의로 선택할 수 있고 망 계층 프로토콜로 IP 프로토콜을 사용하는 방식이다. 전송 계층 프로토콜에는 무선접속망 노드들간의 연동에 관련된 특정 프로토콜(예, M3UA/SCTP 또는 GTP-U)이 지정되어서 사용되고 있다[6]. 따라서 IP 전송 방식 노드의 링크 계층에 ATM 프로토콜이 아닌 PPP 또는 Ethernet과 같은 프로토콜을 사용할때에는, IP 전송 방식 노드와 기존의 ATM 전송 방식 노드간에 링크 계층에서의 이질적인 프로토콜들을 상호 연동하는 기능이 요구된다.



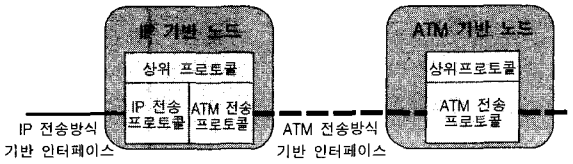
(그림 2) 통신관련 일반 프로토콜 스택 구조

RNL 프로토콜에서는 두 노드간에 통신 설정, 변경, 해제 및 정보교환에 관련된 여러 가지 메시지를 주고받는 과정에 대해서 정의하고 있다. 그중 통신 설정에 관련된 메시지에는 TNL에서 사용되는 '전송 주소 요소'(Transport Layer Information Element), '전송 구분 요소'(Transport Association Information Element), '전송 특성 요소'(Transport Bearer Characteristics Information Element)가 포함되어 있고, 이 요소들은 TNL로 전달된다. 전송 주소 요소는 통신에 사용될 상대편 주소를 알려주는 것으로 ATM 전송 방식 기반의 노드에서는 E.164 주소가 사용되고 IP 전송 방식 기반의 노드에서는 IP 주소가 사용된다. 전송 구분 요소는 두 노드간에 여러 개의 통신 연결이 존재할 경우에 각각의 통신 연결을 구별하기 위해서 사용되는 것으로 ATM 전송 방식 기반의 노드에서는 바인딩 아이디(Binding ID)가 사용되고 IP 전송 방식 기반의 노드에서는 포트 번호(Port Number)가 사용된다.

TNL 프로토콜에서는 RNL에서 전달된 전송 주소 요소와 전송 구분 요소를 사용하여 상대방 노드와 통신을 하게 된다. ATM 전송 방식 기반의 노드와 IP 전송 방식 기반의 노드가 상호 통신을 하기 위해서는 TNL 프로토콜에서 사용되는 서로 다른 형태의 전송 주소 요소와 전송 구분 요소를 적절하게 연결시켜주는 새로운 기능이 필요하게 되고, 이러한 기능을 수행하는 방식을 이 논문에서 다루고자 한다. 이

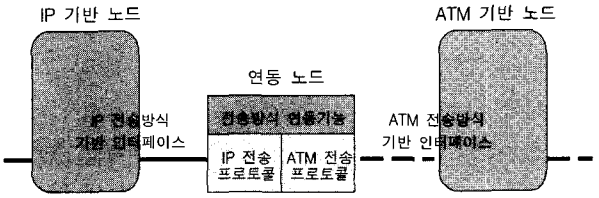
새로운 기능을 기존의 ATM 전송 방식 기반의 노드에 추가할 경우, 이미 사용중인 이동통신망에 수정이 요구되고 이로 인해서 이동통신망 사업자가 망 운용을 중지하거나 새롭게 대체 망을 제공하면서 기존 망을 수정하여야만 한다. 따라서 이 논문에서는 ATM 전송 방식과 IP 전송 방식 연동 기능은 ATM 전송 방식 기반의 노드에는 추가 구현할 수 없고, IP 전송 방식 기반의 노드에만 추가 구현할 수 있다고 가정한다. 또한, 통신을 하고자 하는 상대편 노드가 ATM 전송 방식 기반의 노드인지 IP 전송 방식 기반의 노드인지 이미 알고 있으며, IP 전송 방식 기반의 노드의 경우 IP 버전까지도 알고 있다고 가정한다.

IP 전송 방식 기반의 노드와 ATM 전송 방식 기반의 노드간에 상호 연동하는 기존의 방법은 두 가지가 있다. 첫 번째 방법은 '*Dual Capable 방식*'으로, IP 전송 방식을 사용하는 노드에 ATM 전송 방식과 IP 전송 방식을 모두 구현하여 IP 전송 방식 기반의 노드와는 IP 전송 프로토콜을 사용하여 통신하고 ATM 전송 방식 기반의 노드와는 ATM 전송 프로토콜을 사용하여 통신하는 방법이다. 두 번째 방법은 '*전송정합 전용노드 방식*'으로, IP 전송 방식 기반의 노드에서 사용되는 전송 주소 요소 및 전송 구분 요소를 ATM 전송 방식 기반의 노드에서 사용되는 전송 주소 요소 및 전송 구분 요소로 상호 매칭 시켜주는 기능만을 전담하는 노드를 사용하는 방식이다. (그림 3)은 Dual Capable 방식의 사용 예를 보여주고 있다. Dual Capable 방식을 사용할 경우에는 IP 전송 방식 기반의 노드로만 네트워크를 구성할 경우에 ATM 전송 프로토콜과 관련된 기능이 전혀 사용되지 못하는 낭비 요소가 될수 있다는 단점이 있다.



(그림 3) Dual Capable 방식

(그림 4)는 전송정합 전용노드를 사용하여 IP 전송 방식 기반의 노드와 ATM 전송 방식 기반의 노드가 연결된 예를 보여주고 있다. 전용정합 전용노드 방식의 단점은 이 전송정합 전용노드 자체가 통신 성능의 병목 지점이 될 가능성이 높고, 전송 메커니즘이 현격하게 다른 ATM 전송 방식과 IP 전송 방식을 동시에 사용하여 통신을 하기때문에 Dual Capable 방식에 비하여 구현이 상대적으로 어렵고, 또한 결함에 대한 견고성이 떨어져서 전송정합 전용노드에 장애가 발생할 경우 네트워크 전체에 영향을 미치게 된다.



(그림 4) 전송정합 전용노드 방식

〈표 1〉 다양한 전송 방식을 가진 노드들간에 상호 통신 방법

송신:수신	송 신 노 드	수 신 노 드
ATM : ATM	• 수신 노드의 ATM 전송 주소로 자신의 ATM 전송 주소를 보냄	• 전달된 송신 노드의 ATM 전송 주소로 통신
ATM : IP	① 수신 노드의 ATM 전송 주소로 자신의 ATM 전송 주소를 보냄 ② 전송정합 전용노드로 전달되어 ATM 전송 주소를 IP 전송 주소로 변환 ③ 전송정합 전용노드부터 수신 노드의 IP 전송 주소를 사용하여 전송	① 전달된 송신 노드의 IP 전송 주소로 전송정합 전용노드까지 통신 연결 ② 전송정합 전용노드에서 IP 전송 주소는 ATM 전송 주소로 변환 ③ 전송정합 전용노드부터 송신 노드의 ATM 전송 주소로 송신 노드까지 통신
ATM : ATM&IP	• 수신 노드의 ATM 전송 주소로 자신의 ATM 전송 주소를 전송	• 전달된 송신 노드의 ATM 전송 주소로 통신
IP : ATM	① 수신 노드의 ATM 전송 주소로 자신의 IP 전송 주소를 전송 ② 전송정합 전용노드로 전달되어 IP 전송 주소를 ATM 전송 주소로 변환 ③ 전송정합 전용노드로부터 수신 노드의 ATM 전송 주소를 사용하여 전송	① 전달된 송신 노드의 ATM 전송 주소로 전송정합 전용노드까지 통신 연결 ② 전송정합 전용노드에서 ATM 전송 주소는 IP 전송 주소로 변환 ③ 전송정합 전용노드부터 송신 노드의 IP 전송 주소로 송신 노드까지 통신
IP : IP	• 수신 노드의 IP 전송 주소로 자신의 IP 전송 주소를 전송	• 전달된 송신 노드의 IP 전송 주소로 통신
IP : ATM&IP	• 수신 노드의 IP 전송 주소로 자신의 IP 전송 주소를 전송	• 전달된 송신 노드의 IP 전송 주소로 통신
ATM&IP : ATM	• 수신 노드의 ATM 전송 주소로 자신의 ATM 전송 주소를 전송	• 전달된 송신 노드의 ATM 전송 주소로 통신
ATM&IP : IP	• 수신 노드의 IP 전송 주소로 자신의 IP 전송 주소를 전송	• 전달된 송신 노드의 IP 전송 주소로 통신
ATM&IP : ATM&IP	• 수신 노드의 IP 전송 주소 (또는 ATM 전송 주소)로 자신의 IP 전송 주소 (또는 ATM 전송 주소)를 전송	• 전달된 송신 노드의 IP 전송 주소 (또는 ATM 전송 주소)로 통신

<표 1>은 ATM 전송 방식 기반의 노드와 IP 전송 방식 기반의 노드가 연동할때, RNL 프로토콜상의 통신 설정 관련 메시지에서 상대방 주소로 자신의 주소를 파라미터로 주고받는 방법에 대해서 정리한 것이다. 이 표에서 ATM 전송 주소는 E.164 주소와 바인딩 아이디가 사용되고, IP 전송 주소는 IP 주소와 포트 번호가 사용된다. 송신 노드와 수신 노드가 동일한 전송 방식을 제공할 때에는, ATM 전송 방식의 경우 ATM 전송 주소를 사용하여 ATM 스위치를 통하여 통신 경로를 찾아서 수신 노드에 전달되고, IP 전송 방식의 경우 IP 전송 주소를 사용하여 IP 라우터를 통하여 통신 경로를 찾아서 수신 노드에 전달된다. 또한, Dual Capable 노드가 통신에 참여할 경우에는 상대방의 전송 방식에 부합하는 전송 주소를 사용하여 통신을 수행하고, 송신 노드와 수신 노드 모두가 Dual Capable 노드인 경우에는 ATM 전송 방식이나 IP 전송 방식을 선택하여 사용할 수 있으나 일반적으로 IP 전송 방식이 선호되므로 IP 전송 방식이 선택되어 사용된다.

서로 다른 전송 방식을 기반으로한 경우에는 전송정합 전용노드가 중간에 존재하여 ATM 전송 주소와 IP 전송 주소의 매칭을 수행하여야만 한다. ATM 전송 방식 기반의 노드가 IP 전송 방식 기반의 노드와 통신을 하고자 할때에는 우선 수신 노드의 ATM 전송 주소를 가지고 전송정합 전용노드를 항상 경유하여 수신 노드의 IP 전송 주소로 교환이 이루어진다. 그리고 전송정합 전용노드로부터 수신 노드까지는 이 교환된 IP 전송 주소를 근간으로 수신 노드를 찾아서 통신이 이루어진다. 따라서, 전송정합 전용노드는 IP 전송 방식 기반 노드의 IP 전송 주소에 대응하는 ATM 전송 주소를 네트워크 구성시에 설정하고 관리하고 있어야 한다. 마찬가지고, IP 전송 방식 기반의 노드가 ATM 전송 방식 기반의 노드와 통신을 할때에는 이 ATM 전송 방식 기반 노드의 ATM 전송 주소에 대응하는 IP 전송 주소를 사용하여 전송정합 전용노드까지 전달되고, 그 이후에는 ATM 전송 주소로 변환되어 이 주소를 근간으로 하는 ATM 전송방식을 사용하여 통신을 하게 된다.

3. 제시 방법

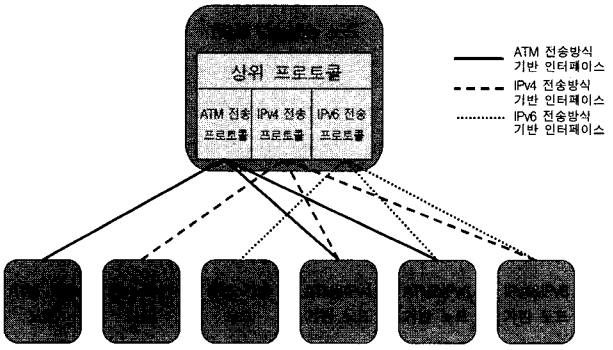
기존의 방법은 IP 전송 방식 기반의 노드가 동일한 IP 버전을 사용하는 경우에 대하여 제시된 방법으로, IP 전송 방식 기반의 노드가 다른 IP 버전을 사용할 경우에는 상호 연동에 문제가 발생하게 된다. IP 전송 방식 기반의 노드가 IPv4를 사용하고 있고 다른 IP 전송 방식 기반의 노드가 IPv6를 사용하고 있다면, 2장에서 제시한 Dual Capable 방식이나 전송정합 전용노드 방식만으로는 두 노드간에 통신이 불가능한 경우가 발생하게 된다. 따라서 기존에 IPv4와 IPv6를 상호 정합해주는 연동 메커니즘이 추가로 필요하게 된다. 이러한 IPv4와 IPv6를 정합해주는 연동 메커니즘으로는 Dual Stack, Tunneling, Translator가 있다[9, 10]. 이러한 연동 메커니즘 중에서 Tunneling 방식은 IPv4 기반의 노드와 IPv6 기반의 노드가 점대점의 관계로 연동하는 경우에는 적용할 수는 없다. 따라서 적용 가능한 방법으로는 Dual Stack 방식과 Translator 방식이라 할수 있다. 하지만 ATM 전송 방식과 IPv6 전송 방식, IPv4 전송 방식이 혼재되어 있는 네트워크를 구성하고자 할때 기존의 방법만을 사용하게 되면 네트워크 구성이 복잡하게 되어 효과적인 네트워크 구성이 어렵게 된다. 따라서 네트워크 성능을 떨어뜨리지 않고 다양한 전송 방식을 지원하는 방법이 필요하다. 제시된 방법은 다양한 전송 방식을 모두 지원하여 네트워크 구성을 쉽게 할수 있고, 또한 모든 전송 방식 자원을 동적으로 활용하여 네트워크 자원 요소를 최대한 활용하는 방법이다.

3.1 Triple Capable 노드 방식

Triple Capable 노드 방식이란 하나의 노드가 ATM 전송 방식, IPv4 전송 방식, IPv6 전송 방식을 모두 제공하는 방법이다. 이 방법은 ATM 전송 방식 노드와 IP 전송 방식 노드간에 상호연동을 위한 Dual Capable 방식과, IPv4 전송 방식 노드와 IPv6 전송 방식 노드간의 상호연동을 위한 Dual Stack 방식을 모두 지원하는 방식으로 (그림 5)와 같이 나타내어질 수 있다. 이 Triple Capable 노드 방식을 사용하는 노드는 ATM 전송 방식 노드와는 ATM 전송 방식을 사용하여 통신을 하게 되고, IPv4 전송 방식 노드와는 IPv4 기반의 IP 전송 방식을 사용하여 통신을 하며, IPv6 전송 방식 노드와는 IPv6 기반의 IP 전송 방식을 사용하여 통신을 한다. 또한 Triple Capable 노드는 IPv4 전송 방식과 ATM 전송 방식을 동시에 제공하는 Dual Capable 노드와는 IPv4 기반의 IP 전송 방식과 ATM 전송 방식 두 가지 모두 사용하여 통신할 수 있게 된다. 마찬가지로 IPv6 전송 방식과 ATM 전송 방식을 동시에 제공하는 Dual Capable 노드와는 IPv6 기반의 IP 전송 방식과 ATM 전송 방식 두 가지 모두 사용하여 통신 할수 있으며, IPv6와 IPv4를 모두 구현한 Dual Stack 노드와도 IPv4 기반의 IP 전송 방식과 IPv6 기반의 IP 전송 방식을 모두 사용하여 통신할 수 있다.

Triple Capable 노드에서 제공하는 통신에 관련된 세 가지 전송 프로토콜을 구현할때에는 구현 부담을 최소화하기 위해서 RNL 프로토콜과 같은 상위 프로토콜은 공유하여 사용하게 된다. 또한 IPv4 전송 프로토콜과 IPv6 전송 프로토콜은 메시지 헤더 형식에서 차이가 발생하는 것으로 IPv4 전송 프로토콜과 IPv6 전송 프로토콜은 공동의 물리 계층을

사용하고 동일한 전송 경로를 공유하도록 구현될 수 있다. 따라서 기존의 단일 전송 방식만을 지원하는 노드에 비해서 Triple Capable 노드의 추가 부담 요소는 추가된 두 가지 전송 방식 기능을 지원하는 소수의 기능 모듈과 추가된 두 가지 전송 방식이 사용하는 입출력 단자이다(IPv4 전송 방식과 IPv6 전송 방식은 동일한 입출력 단자를 사용할 수 있다.). Triple Capable 노드가 메시지 송신시에는 상위 프로토콜에서 전달되는 전송 주소 형태에 따라 어느 프로토콜을 사용하게 될것인지 결정되고, 메시지 수신시에도 전달된 메시지의 수신 입력 단자와 메시지 전송 주소 형태에 따라 어느 프로토콜을 경유하여 상위 프로토콜에 전달될 것인지가 결정된다.



(그림 5) Triple Capable 노드 방식 연동 예

Triple Capable 노드는 ATM 전송 주소와 IPv4 전송 주소, IPv6 전송 주소를 모두 가지고 있어야만 세 가지 전송 방식을 지원할 수 있다. 기존의 단일 전송 방식을 지원하는 노드가 하나의 전송 주소만을 가지고 있고 두 개의 전송 방식을 지원하는 노드가 두 개의 전송주소를 가지고 있는것에 비하면, Triple Capable 노드는 세 개의 전송 주소를 가지므로 인해서 많은 네트워크 통신 자원을 사용하고 있는 단점이 있다. 또한 Triple Capable 노드는 다수의 전송 방식을 통하여 통신이 가능함에도 불구하고 특정 전송 방식만을 사용하게 되면 네트워크 통신 자원의 낭비가 발생하게 된다. 따라서 이 네트워크 통신 자원을 최대한 활용하는 방법이 필요하며, 이를 지원하는 방법을 다음절에서 설명한다.

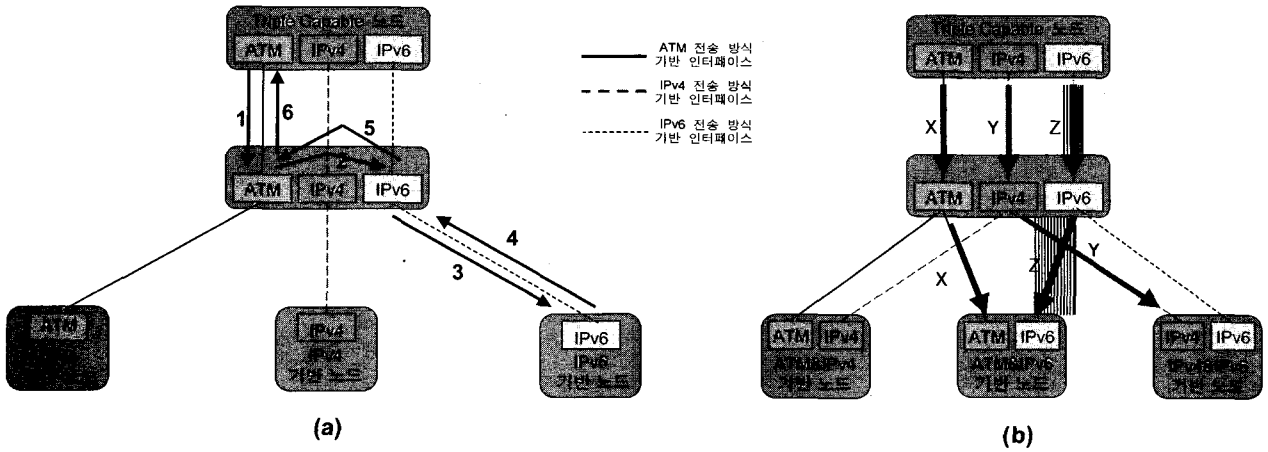
3.2 다중 전송 방식 활용 알고리즘

Triple Capable 노드가 Dual Capable 노드나 Dual Stack 노드와 통신을 할 경우에는 두 가지 전송 방식을 사용하여 통신이 가능하다. 그리고 Triple Capable 노드와 Triple Capable 노드가 통신을 할때에는 세 가지 전송 방식이 사용 가능하다. 그런데 하나의 전송 방식만을 사용하게 된다면 사용하지 않는 전송 방식의 통신 자원이 낭비될 가능성이 있다. 사용하지 않는 전송 방식의 통신 자원은 남아 있는데도 통신을 전담하는 특정 전송 방식의 통신 자원이 남아 있지 않는 경우, 두 노드간에 통신은 성립되지 않고 통신 자원이 유효할때까지 기다려야 한다. 따라서, 다수의 전송 방식을 사용할 수 있을때에는 네트워크 상황에 따라 빠른 통신이 가능한 전송 방식을 동적으로 선택하도록 하면, Triple Capable 노드에 추가로 구현되는 네트워크 통신 자원 모두를 효율적으로 사용할 수 있게되며 이로 인해서 통신 성능을 향상시킬 수 있게 된다. 다수의 전송 방식이 동적으로 선택 가능하고 각 전송 방식이 경유하는 통신 경로가 독립적으로 존재하는 경우에, 다음의 '전송 방식 동적 선택 알고리즘'은 다수의 전송 방식중에서 송신 노드 관점에서 최적의 통신 성능을 제공하는 전송 방식을 선택하는 알고리즘이다. 이 알고리즘을 사용하게 되면 전송 방식이 전환됨으로 인해서 메시지 형식을 변환해야 하는 부담을 줄일 수 있게 되고, 또한 가장 빠른 통신 성능을 제공하는 통신 경로를 선택할 수 있게 된다.

전송 방식 동적 선택 알고리즘

1. 송신 노드부터 수신 노드까지 메시지가 경유하는 노드가 지원하는 전송 방식들을 확인한다.
2. 메시지가 경유하는 모든 노드가 공통으로 제공하는 전송 방식들을 선별한다.
3. 메시지가 경유하는 모든 노드가 공통으로 제공하는 전송 방식이 없는 경우에는, 송신 노드의 출력 단자 중에서 최소의 통신량을 가진 전송 방식을 최종적으로 선택한다.
4. 메시지가 경유하는 모든 노드가 공통으로 제공하는 전송 방식이 다수인 경우에는, 선별된 전송 방식 중에서 송신 노드의 출력 단자 중에서 최소의 통신량을 가진 전송 방식을 최종적으로 선택한다.
5. 선택된 전송 방식을 사용하여 메시지를 송신한다.

'전송 방식 동적 선택 알고리즘'이 네트워크 통신 성능을 향상시키는 요인은 하나의 메시지가 여러개의 노드를 경유할때 다양한 전송 방식에 따라 메시지 형식이 변환되어야 하는 과정을 생략하는 효과와, 다수의 통신 경로 중에서 통신 부하에 따라 빠른 경로를 선택하여 메시지를 전송함으로써 통신 자원을 균등하게 활용하는 효과가 있다. (그림 6)의 (a)는 '전송 방식 동적 선택 알고리즘'을 사용하지 않을 경우 비효율적으로 통신이 이루어질 수 있는 결과를 보여주는 예이다. 이 예는 송신 Triple Capable 노드가 다른 Triple Capable 노드를 경유하여 IPv6 전송 방식만을 지원하는 수신 노드와 메시지를 주고받는 경우이다. 그리고 송신 Triple Capable 노드가 경유 Triple Capable 노드에게 세 가지 전송 방식중에서 ATM 전송 방식을 사용하여 메시지를 전송하고 있다. 그러면 경유하는 Triple Capable 노드는 수신된 메시지를 IPv6 전송 방식만을 지원하는 노드에게 전송하려면 수신된 메시지를 IPv6 전송 방식으로 변화하는 과정이 반드시 필요하다. 하지만 제안된 '전송 방식 동적 선택 알고리즘'



(그림 6) '전송 방식 동적 선택 알고리즘' 활용 예

을 사용하여 전송 방식을 선택하게 되면 송신 Triple Capable 노드와 경유 Triple Capable 노드 그리고 수신 IPv6 전송 방식 기반 노드가 공통으로 지원하는 IPv6 전송 방식을 사용하여 메시지가 전송되고, 이로 인해서 메시지 형식이 중간 경유노드에서 변화되어야 하는 추가 부담 과정을 피할 수 있게 된다.

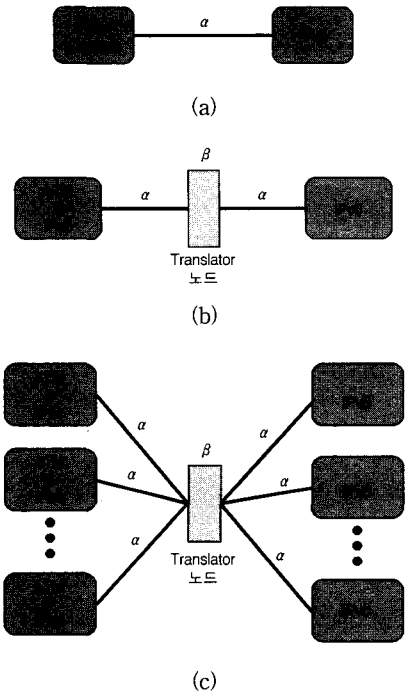
(그림 6)의 (b)는 제안된 '전송 방식 동적 선택 알고리즘'을 사용하여 네트워크 통신 상황에 따라 전송 방식을 선택하는 예를 보여주고 있다. 'X' 메시지가 ATM 전송 경로로 통신이 이루어지고 있는 과정에서 'Z' 메시지 통신을 수행하고자 하면, 사용 가능한 전송 방식으로 ATM 전송 방식과 IPv6 전송 방식중에서 송신 노드 관점에서 통신량이 적은 IPv6 전송 방식을 최종적으로 선택하게 된다. 따라서 ATM 전송 경로 대신에 IPv6 전송 경로를 사용하게 되고 이로 인해서 빠른 통신을 수행할 수 있게 된다. 또한 'X' 메시지와 'Z' 메시지가 통신이 이루어지고 있는 과정에서 'Y' 메시지 전송이 필요할 경우에도 '전송 방식 동적 선택 알고리즘'에 의해서 IPv6 전송 방식보다는 IPv4 전송 방식을 선택하게 되고, 결과적으로 IPv4 전송 경로를 통하여 통신을 수행하는 것이 통신 성능을 향상시킬 수 있게 된다. (그림 6)의 (a)는 전송방식이 달라짐에 따라 메시지 변환 과정으로 인한 부하를 줄임으로서 통신 성능을 향상시킬 수 있는 예이고, (그림 6)의 (b)는 통신 부하가 적게 걸리는 통신 경로를 동적으로 선택함으로써 통신 성능을 향상시키는 예를 보여주고 있다.

4. 분석 및 평가

Triple Capable 노드를 사용하여 직접 연동하는 통신 방법이, 전송정합 전용노드나 Translator 노드와 같은 중간 노드를 경유하여 전송 방식을 전환하는 통신보다 속도가 빠르다. 전송정합 전용노드를 경유하는 통신의 경우에는 ATM 전송 방식과 IP 전송 방식을 전환하는 과정이 필요한데, ATM 전송 방식과 IP 전송 방식은 메시지 헤더 형식이 달라서 메시지 헤더 형식을 변환하는 과정이 필요하고, 또한 하나의 메시지가 전달하는 실제 데이터 크기가 많이 달라서 전송 방식에 따라 하나의 메시지가 수용하는 실제 데이터의 크기를 재조정하는 과정이 필요하게 된다. 그리고 Translator 노드를 경유하는 통신의 경우에도 IPv4와 IPv6간의 전송 방식이 비슷하지만, IPv4 메시지 헤더와 IPv6 메시지 헤더 형식을 변환하는 과정이 필요하고 하나의 메시지가 전달하는 실제 데이터의 최대 크기가 달라서 하나의 메시지가 수용하는 실제 데이터의 크기를 재조정하는 과정이 필요하다[9, 10]. 아직까지는 Dual Capable 노드가 전송정합 전용노드나 Translator 노드를 경유하여 통신하는 실제 시스템이 없으므로, 간단한 통신 모델을 사용하여 Triple Capable 노드와 Dual Capable 노드의 통신 성능을 분석하여 비교한다.

(그림 7)은 기존의 Dual Capable 노드 방식과 제안된 Triple Capable 노드 방식의 통신 성능을 비교하기 위한 통신 모델을 보여주고 있다. 이 통신 모델에서 두 노드 사이에 하나의 패킷을 전송하는 시간은 IPv4 전송 방식과 IPv6 전송 방식에 상관없이 α의 통신 시간이 걸린다고 가정하고, Translator 노드가 IPv4 전송 방식 기반의 IP 패킷을 IPv6 전송 방식 기반의 IP 패킷으로 전환하거나 그 반대의 경우를 위해서 IP 패킷의 헤더 변환, 패킷 사이즈 재조정을 위한 버퍼링(buffering) 또는 분할(fragmentation), 체크썸(checksum) 수행 등의 추가 작업을 수행하는 시간을 β라고 가정하였다. (그림 7)의 (a)는 Triple Capable 노드에서 IPv6 전송 방식만을 지원하는 노드로 IPv6 전송 방식을 사용하여 직접 통신할 경우의 모델이고, (그림 7)의 (b)는 하나의 Dual Capable 노드가 Translator 노드를 경유하여 통신하는 모델로 중간에 Translator 노드가 존재하여 IPv4 전송 방식에서 IPv6 전송 방식으로 전환하여 통신하는 모델을 보여주고 있다. 그리고 (그림 7)의 (c)는 k개의 Dual Capable 노드가 하

나의 Translator 노드를 경유하여 통신하는 모델을 보여주고 있다.



(그림 7) 통신 성능 평가 모델

<표 2>는 (그림 7)의 통신 모델에 근거하여 하나의 패킷을 전송하는 시간과, 하나의 대규모 메시지를 m개의 패킷으로 분할하여 연속해서 전송하는데 걸리는 소요 시간을 정리한 것이다. (그림 7)의 (b)에서 m개의 패킷을 전송하는 경우, 전송 방식에 따라 하나씩 전송하는데 걸리는 시간은 $m \cdot (2\alpha + \beta)$이고, 파이프라인 방법을 사용하여 연속해서 패킷을 전송하는데 $(m+1) \cdot \alpha + m \cdot \beta$ 시간이 소요되지만, 빠른 통신을 위해서 파이프라인 방식을 사용한다고 가정하였다. 또한 (그림 7)의 (c) 모델 통신 시간은 k개의 노드가 하나의 Translator 노드를 공유함으로 인해서 생기는 충돌 지연 시간 문제를 고려하여, Translator 노드의 처리속도를 $\beta = 1/\mu$라하고 통신량에 따른 시스템 통신 부하정도를 ρ라고 정의하여서 M/M/1 큐잉 모델에 근거하였다. 즉, Translator 노드가 하나의 패킷을 저장하여 처리하는 데까지의 평균 시간이 $1/\mu \cdot (1-\rho) = \beta/(1-\rho)$라는 값을 사용하여[11], k개의 노드로부터 메시지가 전송되어서 시스템의 부하가 k배 증가하였고 Translator 노드와 Dual Capable 노드들간의 통신 시간이 2α이므로 패킷 하나의 전송시간은 $2\alpha + \beta/(1-k \cdot \rho)$이다. 그리고 m개의 패킷이 연속해서 전송될 경우의 전송 시간은, Translator 노드의 평균 처리시간이 m배 증가하였으므로 μ대신 μ/m 값을 대입하여 계산된 값 $m \cdot \beta/(1-k \cdot m \cdot \rho)$과 Translator 노드와 Dual Capable 노드들간의 파이프라인 방식의 통신 시간 $(m+1) \cdot \alpha$의 합이다.

〈표 2〉 통신 모델에 따른 패킷 전송 시간

	통신 모델(a)	통신 모델(b)	통신 모델(c)
하나의 패킷 전송 시간	α	$2\alpha+\beta$	$2\alpha+\beta/(1-k \cdot \rho)$
m개의 패킷 전송 시간	$m \cdot \alpha$	$(m+1) \cdot \alpha + m \cdot \beta$	$(m+1) \cdot \alpha + m \cdot \beta/(1-k \cdot m \cdot \rho)$

〈표 3〉 Triple Capable 노드 방식 대비 Dual Capable 노드 방식의 성능 평가

	하나의 패킷 전송 시간 증가율	m개의 패킷 전송 시간 증가율	추가 설치 망 요소
통신 모델 (b)	$(1+\beta/\alpha) \times 100$	$(1/m+\beta/\alpha) \times 100$	k개
통신 모델 (c)	$(1+\beta/\alpha \cdot 1/(1-k \cdot \rho)) \times 100$	$(1/m+\beta/\alpha \cdot 1/(1-k \cdot m \cdot \rho)) \times 100$	1개

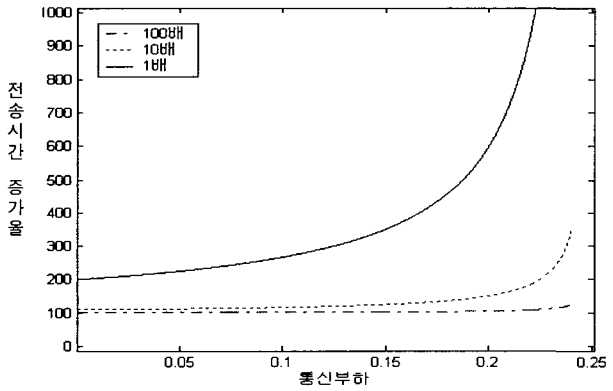
<표 3>은 제시된 Triple Capable 노드 방식에 비해서 기존의 Dual Capable 노드와 Translator 노드를 사용한 방식에서의 전송시간 증가율과 추가 비용 요소를 정리하고 있다. 이 표에서 통신 모델 (b)와 통신 모델 (c)는 (그림 7)의 (b) 모델과 (c) 모델을 나타내고, 전송시간 증가율은

$$\frac{\text{(Dual Capable 방식 전송시간-Triple Capable 방식 전송시간)}}{\text{Triple Capable 방식 전송시간}} \times 100$$

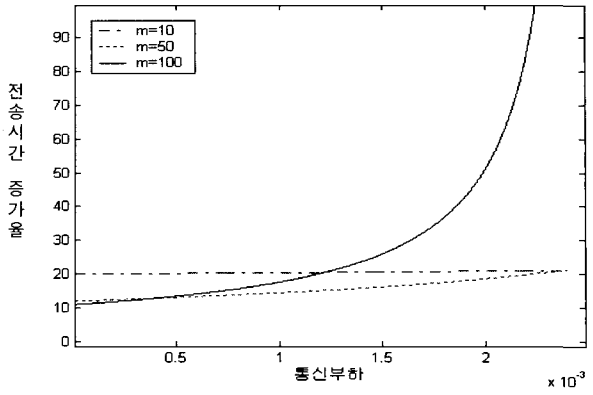
로 정의하였으며, 추가 설치 망 요소는 k개의 Dual Capable 노드가 다른 버전의 IP 전송 방식만을 지원하는 노드와의 연동을 위해서 필요로 하는 Translator 노드의 개수를 나타낸다. 일반적으로 Translator 노드의 처리속도가 통신 속도보다 빠르다 하더라도($\beta < \alpha$), 하나의 패킷을 전송할때 통신 모델 (b)의 전송시간 증가율은 Triple Capable 노드 방식에 비해서 항상 100% 이상이다. m개의 패킷을 연속해서 전송할때 통신 모델 (b)의 성능은, m의 값이 커지고 통신 속도에 비해서 Translator 노드의 처리속도가 현저하게 빠르면($\beta \ll \alpha$) 전송시간 증가율은 미미하지만, 여전히 추가 설치 망 요소 비용이 크다는 단점을 가진다. 통신 모델 (c)의 경우, 하나의 패킷을 전송할 때의 전송시간 증가율은 항상 100% 이상이고, k 값이 증가하거나 시스템 통신 부하 값 ρ이 증가하면 전송시간 증가율은 100%를 훨씬 상회하게 된다. m개의 패킷을 연속해서 전송하는 경우의 통신 모델 (c)의 성능은, 네트워크 크기에 따라 k 값이 증가하거나 m의 값이 커지게 되면 통신 부하도 따라서 증가하여 $k \cdot m \cdot \rho$의 값도 증가하므로 전송시간 증가율이 현저하게 커지게 된다. (그림 8)은 k가 4이고 α/β 값이 10일때, 통신 모델 (c)의 시스템 통신 부하에 따른 전송시간 증가율을 보여주고 있다. (그림 8)의 (a)는 Translator 노드의 처리속도 대비 통신 속도 비율에 (α/β) 따른 전송시간 증가율 결과를 비교

한 것으로, Translator 노드의 처리속도가 느리거나 시스템 통신 부하가 증가하면 전송시간 증가율이 현격하게 증가하는 모습을 보이고 있다. (그림 8)의 (b)는 연속해서 전송되는 패킷의 개수에 따른 전송시간 증가율 결과를 비교한 것으로, m의 값이 증가하면 시스템 통신 부하가 조금만 증가하여도 전송시간 증가율이 현격하게 커지는 것을 보여주고 있다.

Dual Capable 노드 방식에 비해서 Triple Capable 노드 방식의 추가 비용 요소는 하나의 노드안에 추가된 전송 방식을 지원하기 위한 소수의 기능 모듈뿐이다. 그 이유는 Triple Capable 노드가 통신에 관련된 세 가지 전송 프로토콜을 구현할때, 구현 부담을 최소화하기 위해서 (그림 5)에서와 같이 RNL 프로토콜 같은 상위 프로토콜은 공유하여 사용하는 것이 가능하고, IPv4 전송 방식과 IPv6 전송 방식은 동일한 입출력 단자를 사용하는 것도 가능하기 때문이다. 그리고 Triple Capable 노드가 많은 전송방식을 지원하는 기능 모듈을 가지고 있다는 점은, 3.2장에서 제시된 '전송 방식 동적 선택 알고리즘'을 사용하면 네트워크의 상황에 따라서 동적으로 전송방식을 선택하여 통신 성능을 향상시키는 기능 요소로 활용될 수 있다.



(a) 하나의 패킷 전송시간 증가율



(b) m개의 패킷 전송시간 증가율

(그림 8) 통신 모델 (c)의 통신 부하에 따른 전송 시간 증가율

Triple Capable 노드의 또 다른 장점은 네트워크 구축이 용이하다는 점이다. 기존의 Dual Capable 노드 방식을 사용하는 경우에는 다른 네트워크와의 연동시, 네트워크의 망 요소들간에 지원 가능한 전송방식에 따라 전송정합 전용노드나 Translator 노드를 적절한 위치에 추가로 설치하여야 하고, 네트워크 변경에 따라서 전송정합 전용노드나 Translator 노드가 관리하는 망 요소들의 대칭 주소를 변경하여야 한다. 또한 전송정합 전용노드나 Translator 노드에 결함이 발생하는 경우 이 노드를 통하여 연동을 하는 모든 노드의 통신에 영향을 미치게 된다. 반면, Triple Capable 노드를 사용할 경우에는 다양한 전송방식을 가진 노드가 존재하더라고 모두 직접 연동이 가능하고 특정 전송방식에 결함이 발생하더라도 다른 전송방식 사용이 가능하여서 결함에 대한 포용성이 뛰어나다. 따라서 Triple Capable 노드를 사용하여 네트워크를 구성하게 되면 다른 노드에서 사용 가능한 전송방식에 상관없이 쉽게 무선접속망을 구성할 수 있게 되어 네트워크를 용이하게 관리할 수 있다.

<표 4>는 ATM 전송방식과 IPv4 전송방식, IPv6 전송방식을 모두 사용하는 무선접속망을 구성하고자 할때, 다양한 전송방식을 가진 노드들간의 통신시에 직접 연동이 가능한

〈표 4〉 다양한 전송 방식을 가진 노드간의 상호 연동

	ATM	IPv4	IPv6	ATM&IPv4	ATM&IPv6	IPv4&IPv6	Triple Capable
ATM	ATM	*	*	ATM	ATM	*	ATM
IPv4	*	IPv4	**	IPv4	* or **	IPv4	IPv4
IPv6	*	**	IPv6	* or **	IPv6	IPv6	IPv6
ATM&IPv4	ATM	IPv4	* or **	ATM or IPv4	ATM	IPv4	ATM or IPv4
ATM&IPv6	ATM	* or **	IPv6	ATM	ATM or IPv6	IPv6	ATM or IPv6
IPv4&IPv6	*	IPv4	IPv6	IPv4	IPv6	IPv4 or IPv6	IPv4 or IPv6
Triple Capable	ATM	IPv4	IPv6	ATM or IPv4	ATM or IPv6	IPv4 or IPv6	ATM, IPv4 or IPv6

* : ATM 전송 방식과 IP 전송 방식간의 전송정합 전용노드 필요
** : IPv4 전송 방식과 IPv6 전송 방식간의 Translator 노드 필요

전송 방법과 필요한 요구 사항을 정리한 표이다. 이 표에서 에스테리카 (* 또는 **) 표시가 나타내는 것은 두 노드간에 직접적인 통신이 불가능하고 다른 전송방식간의 정합을 위하여 ATM 전송방식과 IP 전송방식을 연동하는 전송정합 전용노드나 IPv4 전송방식과 IPv6 전송방식을 연동하는 Translator 노드가 필요함을 나타낸다. <표 4>에서 나타나는 것처럼 다양한 전송방식을 가진 노드들이 혼재되어 구성된 네트워크에서 Triple Capable 노드를 제외하고는 두 노드간에 통신을 위해서 전송정합 전용노드나 Translator 노드와 같은 중간의 매개체로 필요로 하는 경우가 존재한다. <표 4>를 정리하면, ATM 전송방식과 IPv4 전송방식 및 IPv6 전송방식이 혼재하여 사용되는 무선접속망을 구성하고자 할때의 요구사항은 다음과 같다.

- 전송정합 전용노드나 Translator 노드와 같은 연동을 위한 추가 노드를 사용하여 네트워크를 구성하면, 노드가 하나의 전송방식(ATM, IPv4 또는 IPv6)만을 지원하여도 상호 연동이 가능하다.
- 연동을 위한 추가 노드를 사용하지 않으면서 네트워크를 구성하고자 한다면, IP 전송 방식을 가진 노드는 IPv4 &ATM Dual Capable 노드이거나 IPv6&ATM Dual Capable 노드 또는 세 가지 전송방식을 모두 지원하는 Triple Capable 노드로 구성하여야만 한다. 즉, IPv4 전송방식 또는 IPv6 전송방식만을 지원하는 노드는 네트워크 구성에서 제외시켜야 한다. 또한, IPv4&ATM Dual Capable 노드와 IPv6&ATM Dual Capable 노드와는 항상 ATM 전송방식만을 사용하여 연동하여야 한다.
- 연동을 위한 추가 노드를 사용하지 않으면서 네트워크를 구성하고자 하고 또한 IP 전송방식을 지원하는 노드간에 항상 IP 전송방식을 사용하여 연동 가능하도록 네트워크를 구성하고자 한다면, 새로 추가되는 IP 전송방식 노드는 세 가지 전송방식을 모두 지원하는 Triple Capable 노드로 구현하여야 한다.

이 결과에서 특이할만한 점은, Triple Capable 노드를 사용할 경우 ATM 전송방식과 IP 전송방식을 동시에 지원하는 노드들끼리도 항상 IP 전송방식을 사용하여 통신이 가능하다는 점이다. IP 전송방식을 제공하는 노드끼리 항상 IP 전송방식이 사용 가능하다는 점은, 차후 All IP 구조를 진화하였을 경우 ATM 전송방식을 제거하고 모두 IP 전송방식만을 사용하도록 하는 작업이 추가 수정 없이 쉽게 이루어지는 장점을 가지게 된다.

5. 결 론

이 논문에서는 ATM 전송 방식을 사용하던 무선접속망에서 All IP 구조로 진화하는 과정에서 기존의 ATM 전송방식의 네트워크 자원을 활용하면서 새로운 IP 전송방식을 지원하는 기능에 대해서 다루었다. 기존의 방법은 IP 전송방식이 항상 동일하다는 가정 하에서 만들어 졌지만, 이 논문에서 제시한 방법은 IP 전송방식이 IPv4와 IPv6로 다를 수 있는 환경에서 ATM 전송방식과 IP 전송방식간의 상호 연동 방법을 제시하였다. 제시된 Triple Capable 노드 방식을 사용하면 통신 성능을 향상시킬 수 있고, 다른 전송 방식들간의 연동을 전담하는 추가 노드가 필요하지 않아 네트워크를 쉽게 구성할 수 있다. Triple Capable 노드의 단점은 하나의 노드에 다양한 전송 방식을 구현해야 하는 추가 부담 요소이나, 이 추가 부담요소는 다양한 전송 방식이 존재할 때 동적으로 전송자원을 선택하는 '전송방식 동적 선택 알고리즘'을 사용하여 네트워크 통신 성능을 향상시키는 요소로 활용될 수 있다. 이 논문에서 제시한 방법은 현재의 비동기식 망인 3GPP UMTS 무선접속망에 Release 5부터 적용 가능하고[12], 동기식 망인 3GPP2의 무선접속망에는 IOS 4.3부터 적용 가능하도록 설계되었다[7].

참 고 문 헌

[1] G. Patel, S. Dennett, "The 3GPP and 3GPP2 Movements Toward an All-IP Mobile Network," IEEE Personal Communications, August, 2000.

[2] M. Sharfi, S. Ogose, T. Hattori, "Wireless Communications in the 21st Century," IEEE Series on Digital & Mobile Communication, John Wiley & Sons Inc., 2002.

[3] Y. Kim, J. Dho, "All IP Standardization on IMT-2000 and Beyond," Telecommunications Review, 제11권 제6호, pp. 805-814, November, 2001.

[4] 임병근, "3세대 IMT-2000을 위한 3GPP2 All IP 네트워크 표준개발 현황과 분석", TTA 저널, 제73호, pp.98-115, September, 2001.

[5] 연철흠, 임병근, 최진성, 이완연, "All IP 망에서의 IP 기반의 RAN 기술", Telecommunications Review, 제11권 제6호, pp. 815-825, November, 2001.

[6] 3GPP TSG RAN TR 25.933 v5.0.0, "IP Transport in UTRAN Work Task Technical Report," ftp://ftp.3gpp.org/Specs/latest/Rel-5/25_series, March, 2002.

[7] 3GPP2 TSG-A A30-20011015-002rl, "IOSv4.3 Transport Document Baseline Text," ftp://ftp.3gpp2.org/TSGA/ Working/2001/2001-1015-Jeju-Korea/TSG-A.3-(AN), October, 2001.

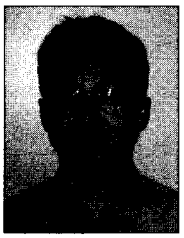
[8] MWIF Technical Report MTR-007 Release v1.0.0, "Open RAN Architecture in 3rd Generation Mobile Systems," http://www.mwif.org/mtr_007.doc, September, 2001.

[9] 김용진, "IPv4/IPv6 변환기술", TTA 저널, 제79호, pp.110-120, January, 2002.

[10] 박석천, 이광배, "IPv4/IPv6 변환 프로토콜의 설계 및 구현", 정보처리학회논문지 C, Vol.8-C, No.6, pp.783-792, December, 2001.

[11] M. Schwartz, "Telecommunication Networks : Protocol, Modeling and Analysis," Addison Wesley, Massachusetts Menlo Park, California, 1988.

[12] H. Kaaranen, A. Ahtiainen, L. Laitinen, S. Naghian, V. Niemi, "UMTS NETWORKS : Architecture, Mobility and Service," John Wiley & Sons, 2001.



이 완 연

e-mail : wanlee@postech.ac.kr

1994년 포항공과대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)

1996년 포항공과대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2000년 포항공과대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

2000년~현재 LG 전자 정보통신 총괄 선임 연구원

관심분야 : 이동통신망, All IP, 실시간 시스템, 병렬처리, 결함포용