

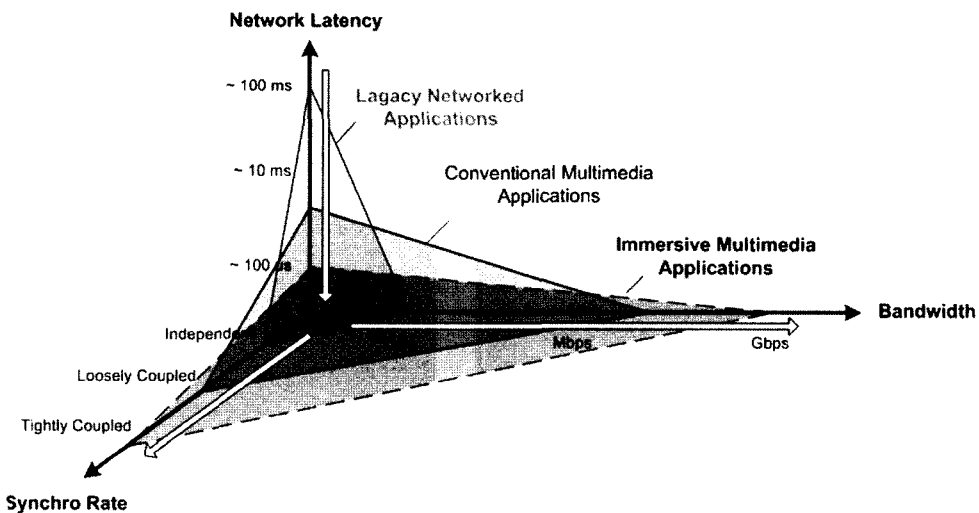
# 차세대 실감미디어 서비스와 미래인터넷

이동훈 · 박주원 · 김종원(광주과학기술원)

## 1. 서론

다가올 차세대 정보통신 환경은 디지털화된 다양한 형태의 정보(음성·영상·데이터 등)를 기반으로 한 멀티미디어 응용들과 이기종 단말(컴퓨터, 휴대폰, 가전 등)들을 상호 연결하는 초고속 네트워킹 인프라로 대표될 수 있다. 기존의 멀티미디어 응용들의 범위는 이미 가전, 센서,

개인PC 등 거의 모든 분야로 확대되고 있으며, 고성능의 네트워크 인프라를 적극 활용하는 새로운 형태의 응용 서비스들도 활발히 개발되고 있다<sup>1)</sup>. 최근에 각광받기 시작한 광대역 미디어 서비스는 kbps부터 Gbps에 이르는 다양한 대역폭의 지원과 이용자들의 원활한 상호작용을 위해 저지연·동기화 전송을 필요로 한다. 이러한 경향은 콘텐츠의 고품질·실시간화를 통해 사



〈그림 1〉 네트워크 기반 미디어 응용 서비스의 요구 조건 변화

용자의 오감을 총체적으로 자극해 사용자로 하여금 몰입감을 느낄 수 있도록 하는 미디어의 실감(immersive) 특성을 점점 부각시키고 있다.

실감미디어의 특성은 이에 기반을 둔 차세대 멀티미디어 응용들과 고품질 서비스로 하여금 개별 네트워크를 통해 제공되었던 기존의 멀티미디어 서비스들과는 차별화되고 보다 엄격한 형태의 전송 품질을 요구한다. 그림 1에 제시한 바와 같이 대용량·저지연·동기화로 대표되는 실감미디어의 특징들은 패킷-스위칭 네트워크를 통과하는 패킷이 서로 다른 스트림들로부터 전송된 패킷들로 인해 각 전송 노드에서 겪는 예측 불가능한 지연, 지연 변위 (delay jitter) 그리고 변동 대역폭에 대한 허용 범위를 점차 줄이고 있다. 또한 실감미디어의 응용서비스들은 하나의 서비스가 여러 스트림(비디오, 오디오, 제어 등)의 동시 다발적 전송으로 이루어지기 때문에, 해당 서비스의 고유한 목적과 구성 요소에 따라 더욱 엄격한 동기화 전송을 요구한다. 따라서 고품질 실감미디어 서비스의 실현을 위해서는 서비스의 유형별 특성을 파악하고 이러한 특성으로부터 도출된 다양하고 복잡한 전송 요구조건들을 통합해 표현할 수 있어야 한다. 그리고 이에 기반을 둔 적절한 신호/전송 프로토콜, 우선 순위 단계(level)간의 QoS(Quality of Service) 매핑 그리고 네트워크의 동적인 구성 기술이 필요하다<sup>2)</sup>.

하지만, 현재의 인터넷 구조는 scalability, addressing, context awareness 등에서 많은 문제점들을 안고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 최근 optical technology, cognitive radio, next generation naming 등 새로운 기술의 등장과 함께 기존의 인터넷 구조와는 다른 새로운 형태의 미래 인터넷을 설계해 보자는 움직임이 전

세계적으로 일어나고 있다. 이러한 연구는 크게 광 통신, 안테나, 전송 기술과 같은 요소 기술의 개발, 그리고 이들 요소 기술에 기반을 둔 서비스 아키텍처의 설계 및 테스트베드의 구축으로 나누어진다. 현재 미국에서는 FIND(Future Internet Network Design)와 GENI(Global Environment for Network Innovations) 프로젝트 등을 통해 새로운 형태의 전송·서비스 요소 기술들을 조화롭게 결합할 수 있는 인터넷 아키텍처의 설계와 이를 검증하기 위한 실험 테스트베드를 구축하려 하고 있다.

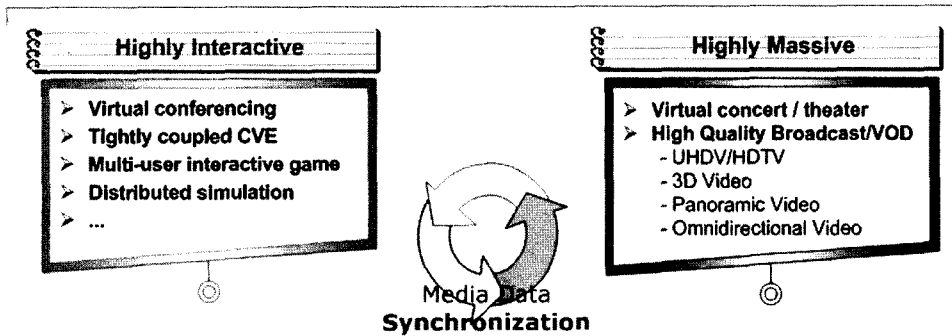
본 논문에서는 II장에서 실감미디어의 정의를 바탕으로 대표적인 실감미디어 응용서비스들의 유형별 특성을 분석하고 그에 따른 네트워크 인프라 요구사항들을 파악한다. III장에서는 이를 고려한 고품질 미디어 전송 서비스와 관련된 미래인터넷의 주요 이슈들을 살펴본 뒤, IV장에서 결론을 맺는다.

## II. 실감미디어 서비스

### 1. 실감미디어의 정의 및 특징

실감미디어(immersive media)란 가상의 환경에서 공간과 시간의 제약을 극복하면서 실재감(presence)과 몰입감(immersion)을 제공할 수 있는 다양한 형태의 요소 미디어 정보들의 통합된 표현(representation)을 의미한다. 실감미디어의 서비스는 시각, 청각, 촉감(haptics)을 포함하는 다차원 정보의 생성, 처리, 저장, 전송, 재현 등에 의해 구현될 수 있다. 또한 다차원 실감미디어 정보는 네트워크를 통한 실시간 상호작용으로 그 실재감과 몰입감이 극대화 될 수 있다. 따라

## Immersive Media Application Service



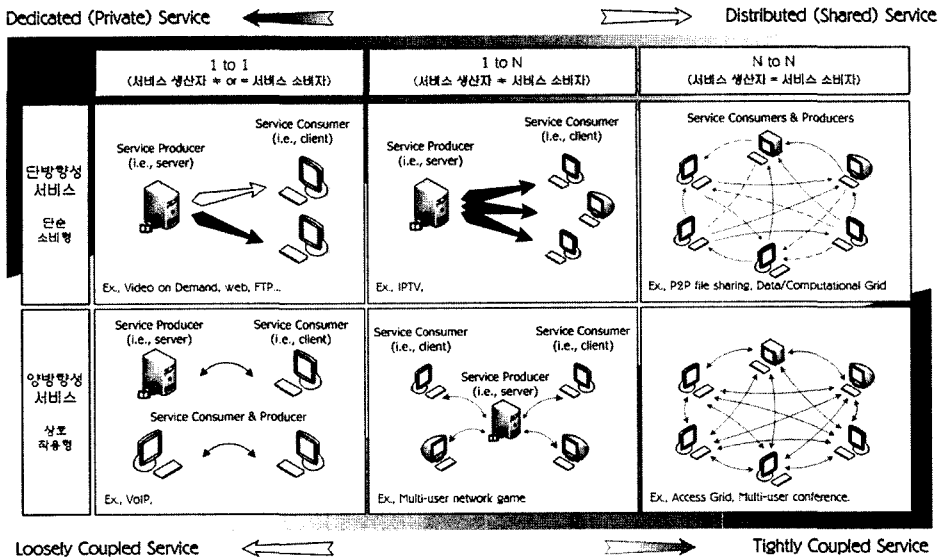
〈그림 2〉 차세대 실감미디어 서비스 특성

서 고품질의 실감미디어 서비스는 고성능의 네트워크 인프라를 근간으로 그림 2에 제시한 세 가지 대표적인 특성을 가지고 있다.

- **대용량·고대역폭** : 데이터의 품질은 실감성 향상을 위한 가장 기본적인 요구 조건으로써, 제공하고자 하는 서비스 데이터의 양과 압축 형태에 의해 정량화된다. 많은 데이터와 손실이 적은 압축 기술을 이용하면 보다 정확하고 자세한 표현이 가능해 지고 이는 곧 실감성의 증대로 이어진다. 최근 데이터 저장장치와 네트워크 인프라의 대용량(~Pbyte)/초고속(~Gbps)화는 기본적인 단위 미디어 데이터의 양(Mbyte~Gbyte)을 크게 증가시키고 있으며, 압축 기술의 적용여부도 서비스의 특성에 따라 점점 다양화되고 있다<sup>3)</sup>.
- **상호작용성** : 상호작용은 사용자와 미디어 간의 상호작용이 가능한 정도와 사용자의 입력

이 미디어에 미치는 영향의 범위에 따라 정량화된다. 그리고 상호작용의 대상에 따라 미디어와 사용자 또는 사용자간의 통신으로 나누어진다. 이러한 원격지의 미디어/사용자 간의 상호작용은 기본적으로 매우 짧고 안정된 전송지연을 요구한다<sup>4)</sup>. 실제로 haptic 장치는 1kHz의 고정적인 데이터 전송률을 유지해야하기 때문에 분산가상환경에서의 VoIP와 같은 일반적인 응용서비스 보다 엄격한 전송지연 보장을 필요로 하지만 현재 인터넷 환경에서는 불안정한 네트워크 지연과 손실로 인해 현실감 있는 상호작용에는 많은 문제가 있다.

- **미디어 간 동기화** : 몰입감의 제공을 위해 실감미디어 서비스는 다양한 감각 정보(시각, 청각, 촉각 등)를 제공하는 미디어 데이터들로 통합되어 이루어진다. 따라서 네트워크를 통한 서비스의 제공을 위해서는 다양한 미디어



〈그림 3〉 실감미디어 서비스 유형

어 데이터들을 동시 다발적으로 전송해야 한다. 또한, 효과적인 재현을 통한 몰입감의 제공을 위해서는 미디어 데이터들의 동기화된 전송이 필수적이며, 이는 네트워킹 서비스 측면에서 매우 엄격한 조건들을 요구한다<sup>5)</sup>.

## 2. 실감미디어 서비스 유형과 QoS 요구조건

이와 같이 실감미디어 서비스는 각 요소(component) 미디어와 서비스 자체의 특성에 따라 요구사항이 다양하기 때문에 특정 요구사항만으로 서비스가 구성되기 보다는 다수의 요구사항이 공존하는 형태로 서비스가 구성된다. 따라서 서비스 별로 요구하는 전송 서비스의 품질과 요소들이 다르게 적용된다. 그림 3은 서비스에 대한 제공자(생산자)와 이용자(소비자)의 측면에서 상호작용의 여부 및 이용 대상의 형태와 수에 따른 실감미디어 서비스의 분류를 보여준

다. 초기 형태의 서비스는 1:1 형태의 단방향 서비스로써 하나의 서비스가 한사람의 이용자를 위해 제공되는 전용 서비스(dedicated service)의 개념이었지만, 최근에는 점차 분산되고 다양한 형태의 상호작용이 제공되는 형태로써 서비스 생산자와 소비자의 개념이 혼합된 서비스 구조를 보여주고 있다.

이와 같이, 고품질의 미디어 데이터와 분산된 사용자들 간의 상호작용을 근간으로 하는 실감미디어 서비스는 전통적인 네트워크 QoS 관점에서 높은 대역폭과 낮은 네트워크 전송지연을 요구한다. 하지만 서비스를 구성하는 다양한 미디어들과 해당 서비스를 이용하는 객체의 역할에 따라 미디어 데이터·사용자·서비스 간 동기화가 매우 중요한 이슈로 부각되고 있음을 알 수 있다. 표 1은 대표적인 실감미디어 응용들의 특징과 주요 QoS 요구 조건을 나타내고 있다.

〈표 1〉 실감미디어 서비스 예와 주요 QoS 요구 조건

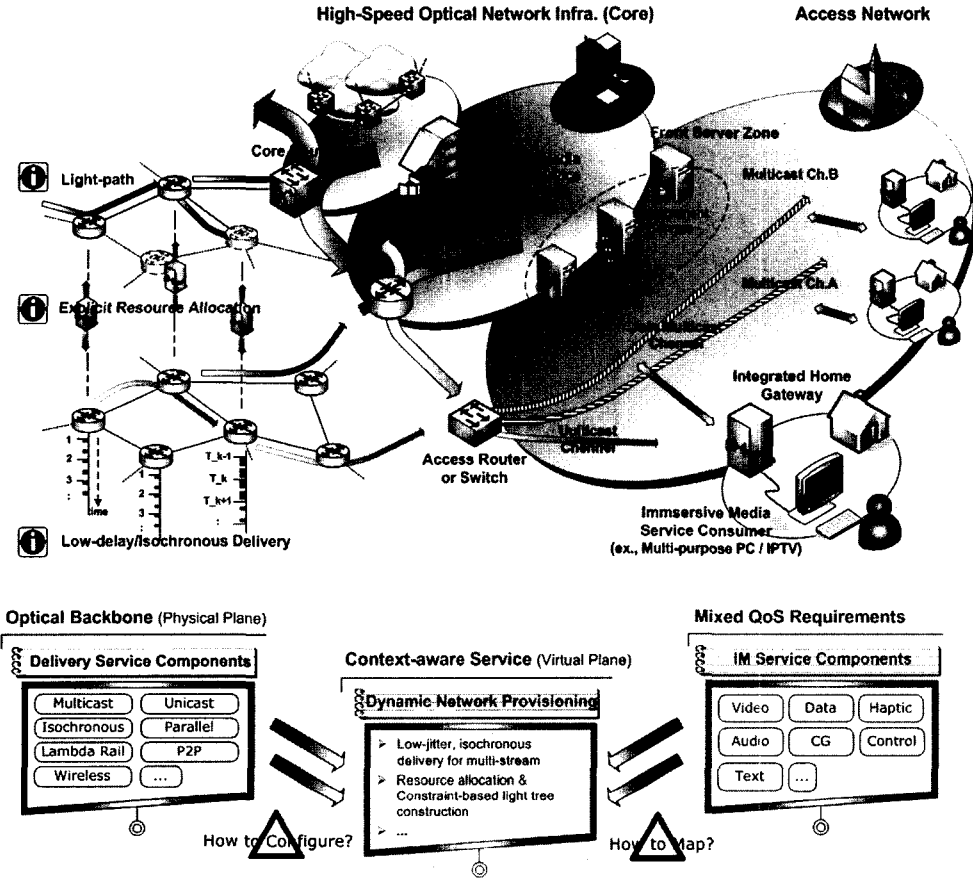
응용 예	특징	주요 QoS 요구 조건
Tera-vision	원격지에서 랜더링 된 고해상도의 비디오 (1024 × 768) 프레임을 로컬에서 실시간 디스플레이	[대역폭 : 약 500Mbps]
Tiled display	원격지에서 랜더링 된 초고해상도의 비디오 프레임을 나눠 여러개의 저해상도 디스플레이 장치에 실시간 디스플레이	[고대역폭(~Gbps)] 나뉜 비디오 프레임간의 디스플레이 동기화
Multi-view 비디오	다양한 시점의 비디오 스트림을 사용자의 선택에 따라 보여 줌	시점 변화에 따른 지연 최소화를 위한 시점 간 동기화
Uncompressed HD Transport	디코딩 지연이 거의 없는 비압축 고흡압(GD) 전송을 통해 실시간 고품질 영상 회의에 응용	[고대역폭(1Gbps)] 비압축 음성 데이터와의 동기화
Haptic 기반 네트워크 가상 환경	햅틱 인터페이스(데이터율 : 1KHz)를 통해 가상 환경에서 느낄 수 있는 촉각 정보를 영상, 음성 미디어와 함께 다른 원격지의 사용자와 공유	[지연 : 30ms 이내] 원격지 사용자들과의 상호작용으로 인한 각 미디어 데이터의 동기화
Access Grid	원격지의 사용자 간에 영상, 음성, 데이터의 공유를 통해 원격 화상 회의 환경을 구현	[지연 : (음성)60ms, (영상)150ms이내]+ 원격지 사용자들과의 상호작용으로 인한 각 미디어 데이터의 동기화

### III. 미래 인터넷을 위한 고품질 미디어 전송 구조

일반적인 네트워크의 구조는 그림 4에 제시한 것처럼 종단의 사용자들과 연결된 액세스망과 이들을 묶는 백본망으로 구분된다. 데이터의 전송 방식 혹은 네트워크의 구성 측면에서 다양한 형태의 전송 서비스를 제공할 수 있으며, 복잡한 형태의 요구조건을 가지고 있는 실감미디어 서비스를 제공하기 위해서는 상황에 따라 조화롭게 조합하여 사용해야 한다. 이러한 측면에서 많은 양의 대역폭 자원과 사용자 간 상호작용에 근간을 두고 있는 실감미디어 서비스는 light-path와 같은 명시적인 대역폭 할당과 저지연 전송 기법이 절실히 필요하다. 현재 많은 관심을 받고 있는 광 백본망의 파

장 할당 기법과 홈 A/V 기기 간 저지연·동기화 전송을 목표로 하는 802.1A/V Bridge 등은 이러한 경향을 반영하고 있다. 하지만, 앞서 살펴본 바와 같이 실감미디어 서비스는 복수의 요구조건이 상황에 따라 다양하게 변화하기 때문에 이들을 적절히 통합해서 지원하는 것이 필요하다. 또한 통합된 요구조건을 만족시킬 수 있도록 동적(dynamic) 네트워크의 구성 및 저지연 전송 기법을 각 응용서비스의 목적에 특화된 형태로 제공해야 한다.

이와 같이 다양한 형태의 미디어 데이터로 구성되는 고품질의 실감미디어 서비스를 미래 인터넷을 통해 성공적으로 실현하기 위해서는 표 2와 같은 전송 인프라적 구성 요소들을 선택적으로 통합하고, 이를 적응적으로 적용하여 서비스의 요구조건에 유연하게 대응해야 한다.



〈그림 4〉 실감미디어 서비스 Context에 기반한 동적 네트워크 구성

〈표 2〉 실감미디어 서비스 실현을 위한 전송 인프라 구성 요소

응용 예	전송 인프라적 구성 요소
고대역폭	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 수락제어(Admission Control): 안정적인 대역폭 제공(헵틱 데이터, 고화질 영상...), 광 네트워크에서 파장할당을 통한 동적 자원 할당 및 Tree 구성</li> <li>▶ 고속 전송 프로토콜: -TCP 기반(XCP, Striped TCP, H-TCP, FAST, BIC TCP, Parallel TCP) -UDP 기반(SABUL, RBUDP, UDT)</li> </ul>
상호 작용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 저지연/지연변위 전송: 컨트롤/피드백 데이터 (사용자/미디어 간 실시간 상호작용을 지원)</li> <li>▶ 패킷 손실 및 에러 제어 기법: ARQ, FEC, Hybrid ARQ/FEC</li> </ul>
미디어 동기화	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 동기화 전송: 가상 공유 공간에서 피드백 대상간 공유된 데이터의 일관성을 유지</li> <li>▶ 다중화 기법: 송신자 측(Flow multiplexing), 네트워크 측(Flow aggregation)</li> </ul>

〈표 3〉 광 네트워크 관한 연구 활동

<b>Global Scale Application</b>		▶ e-VLBI, OptIPuter, UltraGrid
<b>Optical Control Plane</b>	<b>Standard Activity</b>	▶ IETF(GMPLS), ITU(ASON), OIF(UNI and NNI)
	<b>Related Project</b>	▶ UCLP, DRAGON, CHEETAH, JIT
	<b>Testbed</b>	▶ Enlightened-US, PHOSPHORUS-EU, G-Lambda-JP, Starplane, GEANT
<b>Cyber e-Infrastructure</b>		▶ GLIF, GLORIAD, NLR, HOPI

일례로 본 논문에서는 고품질의 네트워크 서비스를 통한 효과적인 실감미디어 서비스의 실현을 위해 코어(core) 네트워크를 이루는 광 백본에서의 명시적 자원 할당(과장 할당) 및 경로(path) 설정(또는 트리 구성)을 통한 동적 네트워크의 구성과 실제 가입자들과 연결된 액세스 네트워크에서의 저지연·동기화 전송 프레임워크에 대해 알아본다.

● 광 백본 네트워크 : 차세대 네트워크에서는 기존과는 달리 네트워크 계층을 제어해 서비스 계층에서 요구하는 조건들을 만족시키기 위해서 제어 계층과 데이터 통신 계층을 분리해서 고려해야 한다. 제어 계층의 일반적인 정의는 데이터 통신 계층의 가용 자원을 관리하는 것을 포함해 두 종단 노드 사이의 연결을 설정하고 유지하는 인프라나 프로토콜을 포괄한다<sup>6)</sup>. 이러한 분리는 망 자원의 동적 할당을 가능하게 하며, 이에 따라 망 상황에 따른 트래픽 엔지니어링(Traffic Engineering)이 가능해진다. 또한 다양한 환경에서 연결성 제어를 제공함으로써 장비 간 호환이 가능하다는 특징이 있다. 특히 이러한 제어 계층에 관한 연구는 광 네트워크 분야에서 활발히 진행

중이며 그 중 대표적인 연구로는 GMPLS에 기반한 Signaling을 통해 자원 할당을 수행하는 DRAGON (Dynamic Resource Allocation via GMPLS Optical Network)과 네트워크 장비에 대한 사용자 기반 직접 제어를 통해 자원을 할당하는 UCLP(User Controlled Light Path)가 있다. 이들은 e-Science 응용프로그램을 위한 동적이고 관리가 가능한 종단간 네트워크 서비스 제공과 종단간 연결 설정에 필요한 네트워크 장비의 제어 인터페이스(control interface)를 제공하는 소프트웨어 기술 연구를 목표로 한다. 그 외 현재 진행 중인 광 네트워크 관련 연구 활동은 표 3과 같다.

이밖에도 광 네트워크에서는 불필요한 지연을 줄이고 실감미디어의 효율적인 분배를 위해 전광(all-optical) 멀티캐스트(multicast) 지원에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이를 위해 최근 light-path의 확장인 light-tree 개념이 소개되었다<sup>7)</sup>. Light-tree를 구성하기 위해서는 빛을 분리하는 광 분배기(splitter)가 필요한데, 이를 사용한 노드의 구현은 고가이고 빛이 분리될 때 빛의 세기가 감소하기 때문에 제약조건이 많다. 따라서 광 네트워크가 가지는 제약조건(제한된

파장의 수, 제한된 수의 MC(멀티캐스트를 지원할 수 있는)노드, 신호 감쇠)들과 멀티미디어 전송에 있어 중요한 요소인 네트워크 지연 및 지연 변위를 고려하여 효과적인 트리를 구성해야 한다. 최근 연구들에서는 이러한 제약 조건을 감안하여 효과적으로 light-tree를 구성할 수 있도록 light-forest, balanced light-tree 등 많은 방법이 도입되고 있다<sup>8)</sup>.

● 액세스 네트워크 : 기존 멀티미디어 응용 서비스는 액세스 네트워크에 연결된 컴퓨터나 전용망(ex., 방송/케이블 망)과 전용기기를 통해 이루어졌다. 하지만, 최근 Bluetooth, HomeRF, 1394, USB, 802.11a/g/n(wireless), 802.3(ethernet)과 같은 다양한 형태의 전송 기술들이 개발됨에 따라 다양한 형태의 멀티미디어 응용기기(컴퓨터, PDA, TV, 오디오, DVD 기기 등)들이 서로 연결되고 통신할 수 있게 되었다. 그러나 이러한 표준들은 각기 다른 형태의 전송 방식을 택하고 있기 때문에, 호환이 어렵고 통합된 형태의 네트워킹을 지원할 수는 없는 실정이다. Ethernet은 이러한 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 표준으로 홈 게이트웨이를 통해 연결된 홈 네트워크와 액세스 네트워크 사이의 호환성 문제나 대역폭(~1Gbps) 측면에서 매우 뛰어난 이점을 가진다. 하지만 이러한 이점에도 불구하고 Ethernet은 전송 지연과 지연변위에 대한 성능 보장이 없어 실시간 미디어 응용서비스의 제공에는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 현재 Ethernet 기술은 새로운 형태로 진화하고 있다. 그 중 IEEE 802.1 A/V Bridging Task Force에서는 비디오/오디오 기기간 데이터 전송과 공유 시 매우 작은 전송

지연을 제공하는 것을 목표로 새로운 clock 동기화 표준인 IEEE 1588<sup>9)</sup>를 이용해 종단 노드 간 동기화 전송을 지원하는 방안이 연구 중이다.

## IV. 결론

본 논문에서는 미래 인터넷에서 제공될 차세대 멀티미디어 서비스의 형태를 사용자에 보다 현실감을 제공하는 실감형 미디어 서비스로 정의하고, 이를 성공적으로 서비스하기 위해서 요구되는 네트워크 환경을 이해하기 위해 실감형 미디어 서비스의 특성과 미래 인터넷에서의 고품질 네트워크 전송 기술과 관련된 주요 이슈들을 살펴보았다. 이러한 기술들은 미래 인터넷 상에서 활용될 다양한 응용 서비스들의 제공과 미래인터넷 자체가 제공해야 하는 이동성, 보안성, 확장성, 품질 보장과 같은 문제들을 해결하는데 필요한 핵심 요소 기술로써 그 활용 가치가 매우 크며, 다른 다양한 요구사항들과 함께 실감미디어 서비스가 용이하게 제공될 수 있도록 미래 인터넷을 준비하는 것이 매우 중요하다고 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.(IITA-2006-C1090-0603-0017)

## 참고문헌

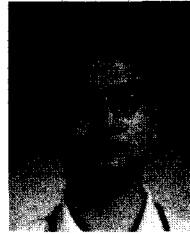
- [1] A. Ganz, "Technology developments for quality multimedia delivery for residences: Coupling of the



broadband and home network technologies”, Invited paper to appear in the CSTB of the National Academies, 2000.

- [2] M. Matijasevic, D. Gracanin, P. Valavanis, and Ignac Lovrek, “Towards QoS specification for distributed virtual environments,” in Proc. Mediterranean Electrotechnical Conference, 2000.
- [3] ResearchChannel and AARNet, “First multi-gigabit interactive video transmission between australia and the US,” AARNet news, Nov. 2004.
- [4] M. O. Alhalabi, S. Horiguchi, and S. Kunifuji, “An experimental study on the effects of network delay in cooperative shared haptic virtual environment,” Computer and Graphics, vol. 27, 2003.
- [5] G. Blakowski and R. Steinmetz, “A media synchronization survey: reference model, specification, and case studies,” IEEE J. Sel. Areas in Comm., 1996.
- [6] <http://www.glif.is/working-groups/controlplane/>
- [7] L.H. Sahasrabudhe and B. Mukherjee, “Light-trees: Optical multicasting for improved performance in wavelength-routed networks,” IEEE Communications, vol. 37, no. 2, Feb. 1999.
- [8] X. Ahang, J.Y. Wei, and C. Qiao, “Constrained multicast routing in WDM network with sparse light splitting,” IEEE Journal of Lightwave Technology, vol. 18, no. 12, pp. 1917-1927, Dec. 2000.
- [9] IEEE 1588, Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems, Sept. 2002.

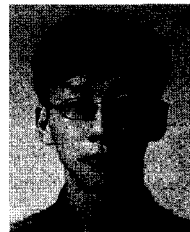
## 저자소개



박 주 원

2002년 8월 한국항공대학교 항공통신정보공학과 학사  
 2004년 8월 광주과학기술원 정보통신공학과 석사  
 2004년 9월 - 현재 광주과학기술원 정보기전공학부 박사 과정

주관심 분야 : High-speed network, Parallel streaming, Optical network



이 등 훈

2001년 2월 인하대학교 전자공학과 학사  
 2003년 2월 광주과학기술원 정보통신공학과 석사  
 2003년 3월 - 현재 광주과학기술원 정보기전공학부 박사 과정

주관심 분야 : 인터넷 QoS, 네트워크 자원 관리, 패킷 스케줄링

## 저자소개



김종원

1987년 2월 서울대학교 제어계측공학과 학사  
 1989년 2월 서울대학교 제어계측공학과 석사  
 1994년 2월 서울대학교 제어계측공학과 박사  
 2001년 9월 - 현재 광주과학기술원 정보기전공학부  
 부교수  
 2000년 7월 - 2001년 6월 미국 InterVideo Inc.,  
 Fremont, CA, 개발 자문  
 1998년 12월 - 2001년 7월 미국 Univ. of Southern  
 California, Los Angeles,  
 CA, EE-System De  
 partment 연구조교수  
 1994년 3월 - 1999년 7월 공주대학교 전자공학과 조  
 교수

주관심 분야 : Networked Media System and  
 Protocols focusing Reliable and  
 Flexible Delivery for Integrated  
 Media over Wired/Wireless  
 Networks(네트워크미디어:[http://  
 netmedia.gist.ac.kr](http://netmedia.gist.ac.kr))