4

실감미디어, 서비스 합성, 프로그래머블 인프라에 근간한 미래인터넷 서비스 프레임워크

광주과학기술원 ▌이동훈 · 박주원 · 김종원*

1. 서 론

첨단 디지털 제작기술의 발전과 각종 멀티미디어 컴퓨팅/네트워킹 기기들의 고성능화는 미디어 응용서비스의 적용 범위를 실생활의 모든 분야로 광범위하게 확대시키고 있다. 다양한 형태의 디지털 정보, 매체, 콘텐츠들이 창출되고, 이들은 궁극적으로 사용자의 요구에 따라 상황별로 가공, 조립되어 제공될 것이다[1]. 실감미디어로 대표되는 고품질의 Rich 미디어 콘텐츠와 SOA(Service-oriented Architecture)[2,9]에 기초한 서비스 합성 기술[3,7,15,16,22,24]은 미래인터넷이 지향해야 할 주요한 요소들(simple usability, increased efficiency, secured privacy) 중 사용자가 실제로 느끼는 서비스의 품질(mobility, flexible communication, enhanced interaction, sensing, emotions 등)을 보다 풍부하고 역동적으로 만드는데 핵심적인 역할을 할 것으로 예상된다.

미래의 인터넷을 통해 제공될 응용서비스들은 A/V 미디어와 같은 기본적인 서비스 요소뿐만 아니라 사용자의 시간적, 공간적, 사회적 상황 등과 같은 다양한 조건들을 고려하게 될 것이다[4]. 이는 포괄적인 개념의 인터넷 응용서비스가 점차 여러 정보가 포함된 복합서비스로 발전해감에 따라 단순한 형태의 서비스 제공 방식이나 통신 품질의 보장만으로는 개별 사용자가 원하는 서비스를 만족스러운 수준으로 제공하는 일이 어려워질 것임을 의미한다. 그 예로, 최근 국내외적으로 도입이 활발히 진행되고 있는 IPTV는 일정 수준의 'QoS(Quality of Service), QoE(Quality of Experience), 보안, 양방향성 및 신뢰성을 제공하는 관리된 IP기반의 네트워크에서 전송되는 텔레비전, 비디오, 오디오, 텍스트, 그래픽, 데이터와 같은 멀티미디어 서비스'로 정의되고 있다[5]. 여기서 주목할 점은 IPTV라는 서비스가 관리 능력을 갖고 있는 네트워크를 통해서 제공된다는 것이며, 특정 개인에 특화된 정보의 관리 및 제공과 같은 사용자 관점의 서비스 품질이 중요한 이슈들로 다루어지고 있다는 것이다. 또한 기존 A/V 중심의 멀티미디어 서비스가 다차원, 다시점, 고화질 등과 같은 실감미디어 데이터를 활용하는 서비스로 진화해감에 따라 네트워킹 자원에 비해 비교적 배타적이고 충분하다고 생각되어 왔던 컴퓨팅 자원까지도 서비스 합성 및 제공 과정에서 고려해야 하는 요소들로 인식되기 시작했다[6,20,21]. 이러한 미래인터넷 환경에서 개별 사용자들을 대상으로 효과적인 서비스를 제공하기 위해서는 높은 확장성과 관리성, 그리고 유연성을 가진 서비스 프레임워크의 정립이 반드시 필요하다.

본고는 미래인터넷 서비스의 주요 요소를 실감미디어, 서비스 합성, 프로그래머블 인프라로 규정하고, 각각의 요구사항이나 특성들을 복합서비스의 제공 관점에서 살펴본다. 이는 미래인터넷의 응용서비스를 실감미디어와 사용자 QoE의 관점에서 제한적으로 해석한 것으로서, 서비스 프레임워크 정립에 필요한 과도기적 초기 연구내용(실감미디어 특성 및 서비스 유형별 요구사항 분석[10], 프로그래머블 인프라를 활용하는 서비스 합성 모델[11,19])들을 포함하고 있다. 본고에서는 이를 바탕으로 변화하는 기술, 경제적 요구들을 효과적으로 수용할 수 있는 개방적이고 유연한 구조를 가진 미래인터넷 서비스 프레임워크의 개념적 틀을 제안하고, 이를 실현할 수 있는 시험적인 모델을 소개하고자 한다.

2. 실감미디어, 서비스 합성, 프로그래머블 인프라

2.1 실감미디어 콘텐츠

* 종신회원

† 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT산업원천기술 개발사업의 일환으로 수행하였음[2007-F-038-03, 미래 인터넷 핵심 기술 연구].

실감미디어란 시공간의 제약을 극복하는 다양한 형태의 다차원 감각 정보를 포함한 미디어 요소 (Multimodal) 정보를 의미한다[10]. 기존의 미디어는 단순히 소리나 영상의 표현에 중점을 두고 있어 사용자의 오감을 자극하기에 부족했지만, 실감미디어 서비스는 다차원 정보의 생성, 처리, 저장, 전송을 바탕으로 실감나는 미디어 체험을 가능하게 한다. 이는 다중 데이터 및 미디어 스트림들에 대한 동시 다발적인 접근 및 처리를 요구하기 때문에, 사용자/제공자, 컴퓨팅/네트워킹 측면에서 매우 다양하고 엄격한 조건들을 요구한다. 사용자들이 받아들일 수 있는 품질의 실감미디어 서비스를 위해서는 비디오, 오디오, 문자, 애니메이션, 그림, 지식 등의 다양한 정보들을 이해하고 그 상관관계를 파악하여 빈틈없이 결합할 수 있어야 하며, 상호 보완적으로 작용하는 다양한 인터페이스에 의해서 사용자들이 융합될 수 있어야 한다. 또한, 미디어 전송 및 사용자 측면에서는 대역폭, 저지연, 저손실, 동기화, 상호 작용성 등 다양한 요소들을 고려해야 한다. Tele-operation[12], Blue-c[13], ATTEST(Advanced Three-Dimensional Television Systems Technology)[14]는 실감미디어 콘텐츠를 사용한 대표적인 예이며, 이들은 모두 현장감 있는 원격 제어, 협업 환경, 입체 방송 서비스 제공을 목표로 하고 있다.

2.2 미디어 지향 서비스 합성

미디어 서비스에 대한 다변화 된 개인화 수요가 늘어남에 따라, 유연성 주도의 멀티미디어 시스템들은 다양한 미디어 콘텐츠들과 툴들을 지원하고, 새로운 콘텐츠들을 합성하고, 다양한 컴퓨팅/네트워킹 환경들에 걸쳐 콘텐츠들을 전달하는 능력이 필요하게 되었다. SOA는 이러한 비전을 실현할 수 있는 유망한 대안으로써, 복합서비스를 개방된 접근 가능한 단위 기능 요소로 정의하고, 이들을 상황과 요구조건에 따라 다양한 방법을 통해 조합, 제공한다[2]. 이러한 개념은 또한 주문형 방식에 따라 다양한 미디어 지향 서비스들을 합성하는 것에 의해 대규모 멀티미디어 응용(실감미디어 서비스)을 구성하는데 도움을 준다. 웹 기반의 서비스 지향 개념과 멀티미디어 데이터의 복잡한 처리 및 가공 과정의 조합은 기존 서비스들의 재활용을 가능하게 하고, 미디어 콘텐츠들의 동적인 편집과 구성, 맞춤형 분배를 위한 매력적인 방법을 제공한다[3,24]. 이것은 멀티미디어 영역에서 점차 부각되는 복합적인 작업들이 보다 확장적이고 쉬운 프로그래밍이 가능하며 유연한 방식에 따라 시스템들을 구성할 수 있는 서비스 합성의 강력한 지원을 요구한다. 이와 관련된 연구로는 유연한 기능적 구성 요소들(Functional blocks)의 조합을 통해 서비스를 구성하는 SILO(Services Integration, controL, and Optimization)[15], 다수의 ISP에 의한 서비스 환경에서 종단간 네트워크 서비스 합성을 제공하기 위한 SAHARA(Service Architecture for Heterogeneous Access, Resources, and Applications)[16], Overlay 기반의 접근 방식을 통한 SpoVNet (Spontaneous Virtual Networks)[27] 등이 있다.

2.3 프로그래머블 인프라

과거의 네트워크 인프라는 종단 노드와 비교해 상대적으로 낮은 성능과 유연성으로 인해 응용 프로그램의 다양한 요구조건을 만족시키는데 한계가 있었다. 그러나 최근 UCLP(User Controlled Light Paths)[29], Openflow[28]와 같은 네트워크 가상화 기술의 출현은 유연한 네트워크 서비스를 가능하게 하고 있다. 이는 더 이상 네트워크가 주어진 고정적인 인프라가 아닌 필요에 따라 혹은 사용자의 요구에 따라 동적으로 활용될 수 있는 자원의 개념으로 바뀌어가고 있음을 시사한다. 또한 미래의 네트워크 서비스는 종단 시스템에서 처리하는 서비스 인스턴스를 직접 처리하는 단계로 발전하게 될 것이다[18]. 즉, 현재의 라우터는 단지 일정 프로토콜에 의해서 패킷을 전달하는 제한된 구조를 가지고 있지만 향후에는 인프라 자체에서 데이터 저장, 트랜스 코딩, 보안 등과 같은 확장된 서비스를 제공함으로써 제한된 프로세싱 능력을 가진 시스템에서도 인프라 자체의 서비스를 활용하여 다양한 서비스를 제공받을 수 있다. 대표적인 예로는 지능화된 모바일 인터넷 서비스 환경 제공을 위한 POMI (Programmable Open Mobile Internet)[26], Programmable 장비를 보다 효율적으로 사용할 수 있도록 새로운 End-to-end abstraction을 제공하는 네트워크 아키텍쳐[18] 등이 있다.

3. 동적 서비스 합성을 지원하는 실감미디어 서비스 프레임워크

3.1 실감미디어 기반 미래인터넷 서비스의 특성 및 요구사항

미래인터넷 서비스는 다양한 계층에 의해 생산, 소비, 재창출되는 미디어 콘텐츠들과, 가상화 및 표준 인터페이스 기술 등을 이용해 제공될 컴퓨팅 및 네트워킹 자원들, 그리고 이들을 사용자 Context 및 요구조건에 맞추어 동적으로 조합해 제공하는 복합서비스로 이루어질 것이다. 이들의 특성과 요구사항을 살펴보면 다음과 같다.

가. (실감) 미디어 콘텐츠

- 지능화: 사용자들 개개인의 선호도, 기기들, 접속 네트워크의 형태에 따른 적절한 대응이 가능해야 한다. 사용자는 미디어 객체에 주석을 달거나, 이를 자신이 원하는 형태로 변경해 개인화할 수 있어야 하며, 각 콘텐츠는 사용자의 단말에 따라 크기나 품질을 적절히 변경할 수 있는 형태이어야 한다.
- 다차원: 실감콘텐츠는 본질적으로 영상, 음성, 촉각(haptic)과 같은 감각데이터를 포함하는 실시간 혹은 비실시간의 다차원 미디어 데이터의 집합이며, 이는 보다 실감나는 미디어 체험을 가능하게 한다.
- 상호작용: 사용자는 미디어 객체와 다양한 방법을 통해 실시간으로 상호작용할 수 있어야 하며, 이는 원격 협업 환경에서 다른 사용자와의 협업 효율을 극대화시키거나 다중 사용자를 기반으로 하는 응용서비스들의 실감성을 극대화하기 위해 반드시 필요하다.
- 실시간: 일반적으로 중요한 의미를 지닌 콘텐츠들은 보통 실시간 환경에서 생성되거나 수행되는 것들로 이루어지는 경향이 있다. 따라서 실시간성은 미래의 분산 협업 환경, 가상 세계와 같은 응용서비스들이 요구하는 기본적인 요건이 된다.
- 객체화: 미디어 콘텐츠는 사용자가 실제로 느끼는 서비스의 품질을 향상시키기 위해 적절한 형태로 가공 및 공유될 수 있는 객체로 표현될 수 있어야 한다.
- 다형식: 미디어 콘텐츠는 다양한 경로로 접근이 가능한 형태이어야 한다. 즉 다양한 주석과 이들의 의미론적인 연결을 통해 사용자가 실제로 원하는 콘텐츠를 제공할 수 있어야 한다.

나. (컴퓨팅/네트워킹) 인프라

- 콘텐츠/서비스 지향: 미래인터넷에서는 IP 주소와 관계없이 인프라 내에 분산되어 있는 콘텐츠 혹은 서비스들을 임의로 접근할 수 있어야 하며, 이를 바탕으로 모든 서비스의 제공과 콘텐츠의 분배가 이루어져야 한다.
- 저지연: 분산 서비스 환경에서 미디어/사용자 간 실시간 상호 작용은 기본적으로 매우 짧고 안정된 전송 지연을 요구한다. 특히 촉감(haptic) 장치는 1kHz의 고정적인 데이터 전송률을 유지해야 하기 때문에, VoIP와 같은 서비스들 보다 엄격한 전송 지연 보장을 필요로 한다.
- 동기화: 실감미디어 서비스는 다양한 감각정보(시각, 청각, 촉각 등)를 제공하는 미디어 데이터들의 동시 다발적 전송을 통해 이루어진다. 효과적인 재현을 통한 몰입감 제공을 위해서는 미디어 데이터들의 동기화 된 전송이 필수적이며, 이는 네트워킹 서비스 측면에서 매우 엄격한 조건들을 요구한다. 이와 관련해, 최근 IEEE 1588 프로토콜을 이용해 작은 지역 네트워크에서 일정 수준의 지연 변위(~2usec)를 보장하는 기술이 논의되고 있다[30].
- 분산 처리: 모든 형태의 데이터(개인 정보, 미디어 콘텐츠 등)들이 지능화 된 네트워크 내에 저장되어 개인 단말을 통해 언제 어디서든 접근이 가능한 환경이 제공될 것이다. 이 경우, 보통의 개인 휴대 단말은 컴퓨팅 능력에 한계가 있기 때문에, 데이터의 전처리 과정에 인프라의 분산 처리 능력이 필요하게 된다. 또한, 다차원 고품질의 실감 콘텐츠들을 실시간으로 처리하기 위해서는 많은 양의 컴퓨팅 자원이 필요하므로, 이를 인프라에서 지원하면 다양한 환경의 사용자들이 보다 효과적인 서비스를 제공받을 수 있게 된다.

다. 사용자 Context 기반 QoE 보장형 서비스

- 상황 인지: 주변 상황 및 사용자 의도를 스스로 인지하여 상황에 부합하는 최적의 서비스를 제공할 수 있어야 한다. 이것은 서비스가 사용자의 개입 없이도 능동적이고 자율적으로 구성되며, 변화하는 상황 및 사용자의 습관, 기호, 경험적 이해에 따라 적응하고 진화하는 것을 의미한다.
- QoS/QoE: 미디어 서비스의 실감성 증대와 사용자 만족을 극대화하기 위해서는 콘텐츠 자체의 품질, 내용뿐만 아니라 이를 처리하고 전송하는 데 필요한 컴퓨팅/네트워킹 자원을 적절히 할당하고 이들을 복합서비스의 제공 과정에 직접적으로 고려해야 한다.
- 서비스 조합: 사용자들 개개인의 선호도, 접속 기기들, 네트워크의 형태에 따라 필요한 서비스 요소가 결정되고 이들을 이용해 합성된 서비스가 사용자 별로 제공되어야 한다.

3.2 실감미디어 기반 동적 서비스 합성을 지원하는 서비스 프레임워크

미래인터넷을 위한 서비스 프레임워크의 최종 목표는 앞서 나열한 요구사항들을 포괄적인 관점에서 보다 효과적으로 수용하는 것이다. 그림 1은 미래인터넷을 구성하는 주요 요소들의 특징과 이를 바탕으로 동

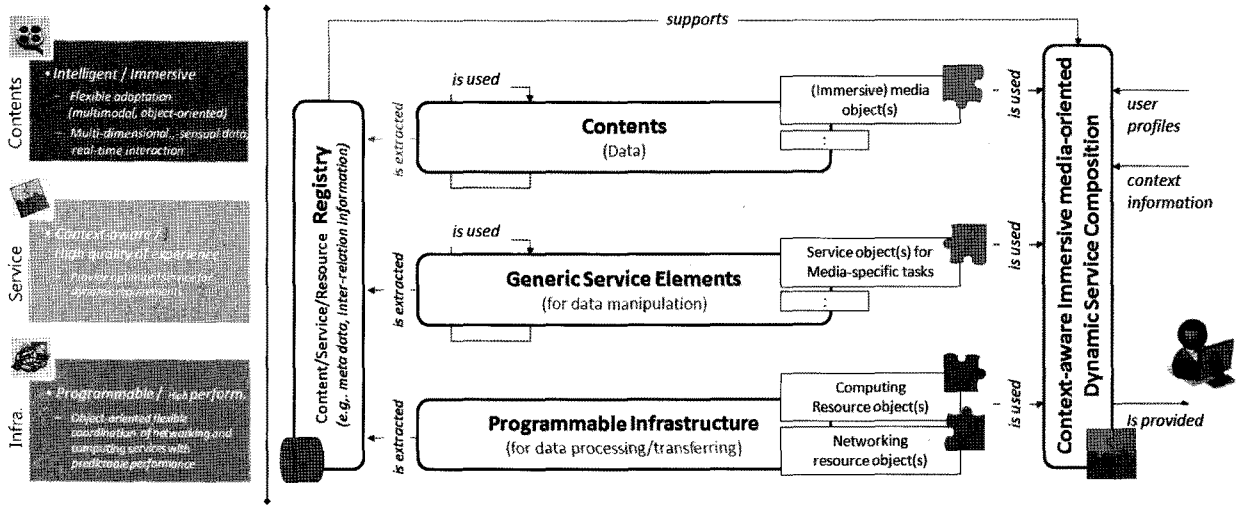

그림 1 동적 서비스 합성을 지원하는 미래인터넷 서비스 프레임워크

적인 서비스 합성을 지원하는 미래인터넷 서비스 프레임워크를 나타낸 것이다. 이는 복합서비스를 구성하는 요소로써 미디어 지향 콘텐츠(data)와 이를 적절한 형태로 가공하기 위한 서비스 요소들(data manipulation), 그리고 이 과정에서 사용되는 다양한 형태의 자원들(data processing, transmission)을 고려한다. 이들은 표준화 된 인터페이스를 통해 접근 가능한 객체로 구성되며, 관련한 각종 정보 및 상호 연결 관계 등은 형태에 관계없이 통일된 구조로 저장된다. 이는 서비스 합성 과정에 필요한 요소들을 검색하는데 소요되는 노력을 최소화 시켜주며, 각 요소들 간의 내부적인 연관 관계를 손쉽게 파악할 수 있어 복합서비스의 최적화를 이룰 수 있다. 또한, 콘텐츠와 일반 서비스 요소들은 내부적인 재사용을 통해 새로운 서비스나 콘텐츠를 생성해 낼 수 있으며, 이를 통해 보다 풍부한 서비스를 제공할 수 있다. 마지막으로, 사용자로부터 입력 받은 혹은 자동으로 획득한 정보(context information)들을 바탕으로 서비스 제공에 필요한 요소들을 유기적으로 통합하고 동적으로 합성해 제공함으로써, 개별 사용자가 제공된 서비스로부터 느끼는 만족감을 극대화 할 수 있다.

제안한 실감미디어 기반 동적 서비스 합성을 지원하는 서비스 프레임워크는 다음 몇 가지 측면에서 바람직한 구조를 가지고 있다. 이는 현재 인터넷의 구조적 문제점과 서비스 제공 방식의 한계를 극복하고, 다가올 미래인터넷과 사용자 중심의 미디어 응용서비스 환경을 보다 효과적이고 현실적으로 지원할 수 있도록 해 준다.

가. 콘텐츠 및 서비스 측면

미래인터넷은 새로운 형태의 서비스를 제공함으로

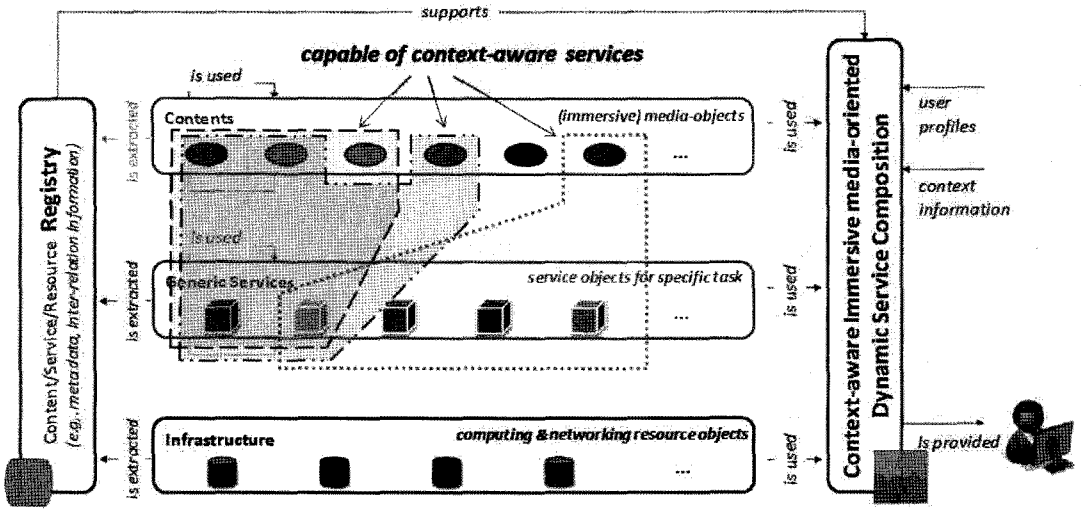

그림 2 (실감) 미디어 기반 상황인지 서비스 제공

써 사용자에게 보다 다양한 경험을 제공할 것이다. 실감미디어는 핵심적인 역할을 담당할 요소로써, 다차원의 감각 정보와 고품질의 미디어 콘텐츠를 활용해 사용자에게 현장감 혹은 생동감 있는 서비스를 제공한다. 물론 미래인터넷 서비스에서 실감 콘텐츠만이 중요한 것은 아니다. 다양한 사용자 요구를 보다 효과적으로 반영하기 위해서는 각 사용자의 상황 정보나 요구사항들을 인지하고 분석할 수 있어야 한다.

제안된 서비스 프레임워크는 일반적인 응용서비스의 구성 요소를 사용자가 서비스를 통해 궁극적으로 전달받게 되는 데이터의 소스인 콘텐츠와, 이들을 사용자가 원하는 형태로 가공하는 서비스 컴포넌트로 구분한다. 각 콘텐츠와 컴포넌트 서비스들은 다른 서비스 요소들에 바로 적용될 수 있을 만큼 충분히 재사용이 가능한 유연한 구조로 정의되어야 한다. 이러한 구조는 다차원의 고품질 미디어들이 동시다발적으로 통합되고, 사용자의 상황과 컴퓨팅/네트워킹 환경에 따라 적응적으로 변화해야 하는 실감미디어 기반 응용서비스의 경우 특히 유용한 이점을 가져온다. 각기 비슷한 Context의 서비스라 할지라도 사용자의 단말, 취향과 같은 상황 정보에 따라 서비스의 일부 내용이 바뀌어야 하는 경우 복합서비스를 구성하는 일부 콘텐츠를 변경하거나, 다른 콤포넌트 서비스를 이용해 제공함으로써 다양한 사용자 요구를 효과적으로 만족시킬 수 있다(그림 2).

나. 서비스 제공자(개방적 구조) 측면

미래의 인터넷 서비스 환경에서는 기존의 미디어 생산 조직과 역할이 재구성 되고, 매체 간 경계가 무너지며, 상호 서비스 영역을 침범함으로써 서비스 제공자들의 경쟁은 더욱 치열해 질것으로 예상된다. 서비스 제공자는 사용자들의 다변화 된 미디어 소비 욕구를 반영하여 정보, 콘텐츠 확보, 소스와 유통 채널을 다각화하고, 자신이 제공하는 서비스를 이용해야만 특정 콘텐츠와 서비스에 접근 가능했던 폐쇄적 운영 방식에서 벗어나 어떤 경로를 통해서든 사용자가 원하는 서비스를 제공받을 수 있도록 하는 개방적인 정책을 통해 서비스의 접근성을 높이고 경쟁력을 확보하고자 노력할 것이다. 따라서 미래인터넷 서비스 프레임워크는 관련한 콘텐츠 및 서비스 제공자들의 경쟁적 혹은 상호 보완적 관계를 잘 이끌어낼 수 있어야 하고, 개방적인 접근 구조를 견지해야 한다. 기존의 응용서비스 프레임워크와 달리, 제안한 프레임워크는 미디어 지향 응용서비스의 기본 구성 요소들을 콘텐츠, 서비스, 자원들로 분리해 정의하고, 이들을 상황에 따라 적합한 형태로 가공하고 통합하는데 필요한 요소 별 메타데이터와 의미론적인 혹은 기능적인 상관관계를 나타내는 정보들을 제공한다.

이러한 구조는 표준화된 각 서비스 요소 별 인터페이스와 분산 공유되는 정보들을 바탕으로 서비스 제공 주체들 간의 유연한 협력 관계를 형성할 수 있도록 해준다. 그림 3은 제안한 프레임워크에서 다양한 형태의 서비스 제공 주체들(콘텐츠 제공자, 서비스 콤포넌트 제공자, 복합서비스 제공자, 자원 제공자 등)이 정의될 수 있음을 보여주며, 이들은 분산 공유된 정보들을 바탕으로 서로 긴밀하게 협력함으로써 서비스의 다변화와 접근성을 극대화할 수 있다. 예를 들어, 콘텐츠 제공자의 경우 자신이 저작한 콘텐츠들을 서비스 제공에 적합한 단위와 형태로 구성한 뒤 관련

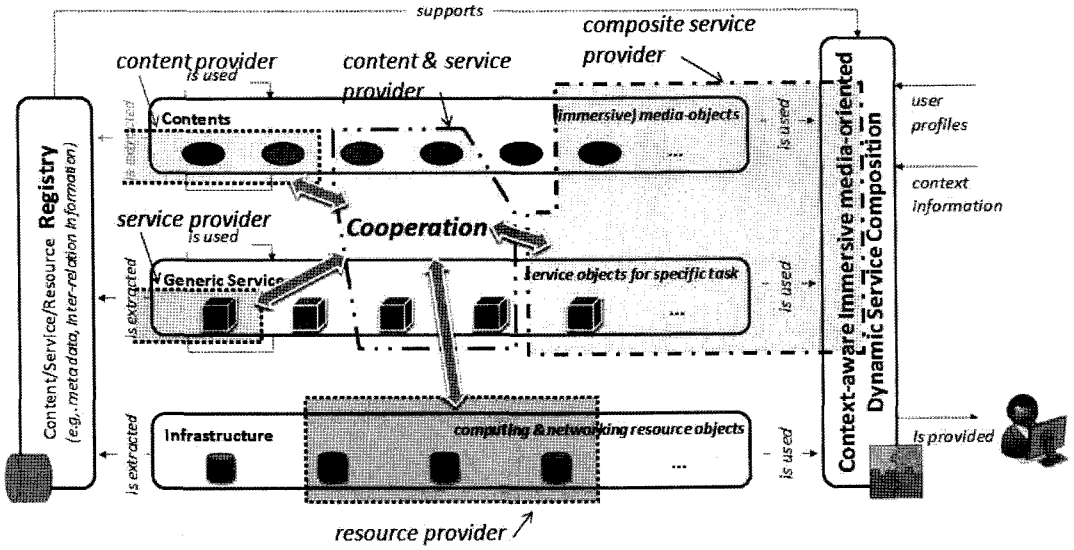

그림 3 개방적, 상호협력적 서비스 제공 관계

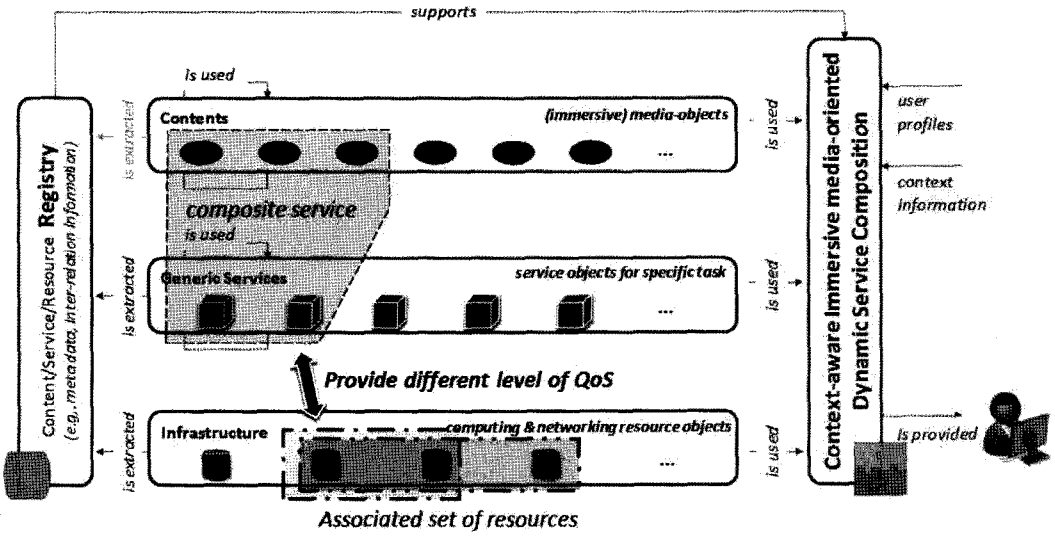

그림 4 다양한 수준의 보장된 서비스 품질 제공

정보를 Registry에 등록해 놓으면 다른 서비스 제공자(복합서비스 제공자)에 의해 이것이 사용되고, 서비스 제공에 따른 이익을 공유하는 방식으로 서비스를 다변화할 수 있는 것이다.

다. 사용자 (서비스 품질) 측면

사용자 측면에서 바라보는 미래인터넷 서비스의 핵심 요소는 QoE와 개인화이다. 다양한 개인화 기술(RSS feedback 등)에 힘입어 자신이 관심 있어 하는 주제의 정보, 미디어, 콘텐츠 소비 비중이 점차 높아지고, 이와 더불어 미디어 소비 패턴도 사용자가 서비스를 찾아가는 형태에서 서비스가 사용자가 원하는 시점에 혹은 자동으로 찾아오는 형태로 다양화 될 것이다. 또한 미디어 서비스의 이용 방식도 기존의 고정적인 환경에서 점차 다양한 개인 단말과 이동형(ubiquitous) 환경으로 바뀌어 갈 것이다. 이는 곧 단순한 의미의 서비스 품질(대역폭, 화질, 연속성 등)을 넘어서 서비스로부터 사용자가 실제로 느끼는 경험의 질을 보장하는 일이 더욱 중요해질 것임을 암시한다. 따라서 서비스의 형태와 상황에 따라 사용자 요구가 다변화 될 미래인터넷 서비스 환경에서는 제어 가능하면서 다양한 수준의 서비스 품질을 제공할 수 있어야 한다.

제안 프레임워크는 유연하고 지능화 된 컴퓨팅/네트워킹 인프라와 발전된 가상화 기술을 바탕으로 이질적이고 분산된 자원들을 요소 별로 접근할 수 있고, 할당 및 제어가 가능한 객체들로 정의한다. 이는 기존의 프레임워크들이 복합서비스의 합성 과정에서 소요되는 각종 컴퓨팅 및 네트워킹 자원들을 고려하지 않았던 것과는 달리 객체화된 자원들을 손쉽게 서비스 합성 과정에 이용함으로써 사용자가 원하는 수준의 서비스 품질을 달성할 수 있도록 해 준다. 그림 4는 이러한 개념을 도시한 것으로, 어떤 복합서비스에 대해 연관된 혹은 할당할 자원의 집합을 달리함으로써 여러 수준의 서비스 품질을 제공할 수 있음을 보여준다. 이는 품질 별로 서비스 비용을 차별화할 수 있을 뿐만 아니라, 단순히 주어진 환경에 불과했던 컴퓨팅/네트워킹 인프라를 고도로 지능화된 미래인터넷 서비스의 백본으로 격상시킴으로써, 다양한 경제적/사회적 서비스 모델을 수립하는데 결정적인 역할을 할 수 있다.

3.3 제안한 미래인터넷 서비스 프레임워크의 실현 방안 및 접근 방법

가. 요소 기술

실감미디어 중심의 복합서비스를 보다 효과적으로 제공하기 위해서는 디지털 콘텐츠의 발굴, 생성, 저작, 표현, 저장, 검색, 서비스 유통, 보안, 추적, QoS 관리, 모니터링 등 전 과정에 걸친 표준화를 통한 상호 호환성 및 운용성의 확보가 필요하다. 다음은 제안된 서비스 프레임워크의 실현을 위한 요소 기술들을 복합서비스의 관점에서 정리한 것이며, 이는 적절한 서비스 모델의 수립을 통해 실현될 수 있다.

- 문맥인지 기술: 명시적으로 드러나는 사용자 요구사항 외에 서비스 만족 수준에 영향을 미칠 수 있는 다양한 정보(예를 들어 날씨, 선호도 등)를 획득하고 서비스 제공에 필요한 입력 파라미터를 자동으로 생성함으로서, 보다 효과적인 서비스 합성과 제공을 가능하게 함.
- 온톨로지 기술: 디지털 콘텐츠를 비롯한 자원/서

비스의 내용에 관한 정보를 기계 가독형으로 구축하여 서비스 요소 간 의미 수준의 상호 운용성을 확보할 수 있음[25].

- 미디어 분석 기술: 통합된 형태로 제공되었던 기존의 미디어 콘텐츠들을 요소 데이터(오디오, 비디오 등)로 만들고, 이들을 조합해 사용할 수 있는 형태로 구성.
- 서비스 분석 기술: 사용자 요구사항에 따라 필요한 서비스를 결정하고, 생성한 서비스 템플릿을 문맥인지 기술로부터 획득한 다양한 정보와 함께 서비스 합성 과정에 이용.
- 서비스 검색 기술: 존재하는 수많은 형태의 서비스 및 콘텐츠들로부터 원하는 요소를 빠르고 정확하게 검색[23].
- 서비스 합성 기술: 사용자 별 요구사항을 만족하는 복합서비스의 구성을 위해 준비된 서비스 요소들을 유기적으로 연결[22].
- 가상화 기술: 컴퓨팅/네트워킹 자원을 물리적인 특성에 관계없이 다양한 형태로 활용하기 위해 다수의 가상 자원으로 만들거나, 다수의 물리 자원을 하나의 가상 자원으로 제공[20,21].
- 관리/제어 기술: 표준화된 인터페이스를 통한 이기종 자원, 콘텐츠, 서비스들의 제어 및 관리.

나. 접근 방법

분산 환경에서 복합서비스를 합성, 제공하는 일련의 과정은 궁극적으로 각 요소들의 효과적인 네트워킹을 전제로 한다. 그림 5는 복합서비스의 요소들이 각 계층에서와는 달리 실제 물리 계층의 네트워킹을 통해 복잡하게 연결될 것임을 개념적으로 도시한 것이다. 동적인 서비스 합성을 위한 네트워킹 지원의 관점에서 제안 프레임워크를 실현하는 방안은 크게 두 가지가 있다.

- 점진적 접근방안: 오버레이(overlay) 서비스는 응용 계층에 존재하는 서비스로써 분산 환경에서는 서로 다른 종단 시스템에서 실행된 인스턴스들의 구성으로 이루어질 수 있다. 이러한 인스턴스들은 물리적 계층 위에서 논리적인 오버레이 네트워크를 구성함으로써 인프라 계층의 변화 없이도 다양한 기능을 제공할 수 있다[17]. 이는 현재의 인터넷 구조에 기반을 둔 미래인터넷 서비스 모델에 적합한 접근 방식이라 할 수 있다. 하지만, 이를 위해서는 우선 응용서비스와 Underlay 네트워크의 특성에 최적화된 오버레이를 구축하는 방안이 연구되어야 한다.
- 급진적 접근방안: 미래인터넷에서는 제한된 종단 시스템의 프로세스를 이용하는 서비스 제공 방식을 벗어나 각 서비스 인스턴스들을 네트워크에서 직접 지원하게 될 것이다. 즉 현재의 라우터는 단지 일정 프로토콜에 의해서 패킷을 전달하는 제한된 구조를 가지고 있지만, 미래인터넷에서는 데이터 저장, 혼잡 제어, 보안 등과 같은 확장된 서비스를 제공함으로써 무선 단말과 같이 제한된 프로세싱 능력을 가진 시스템에서도

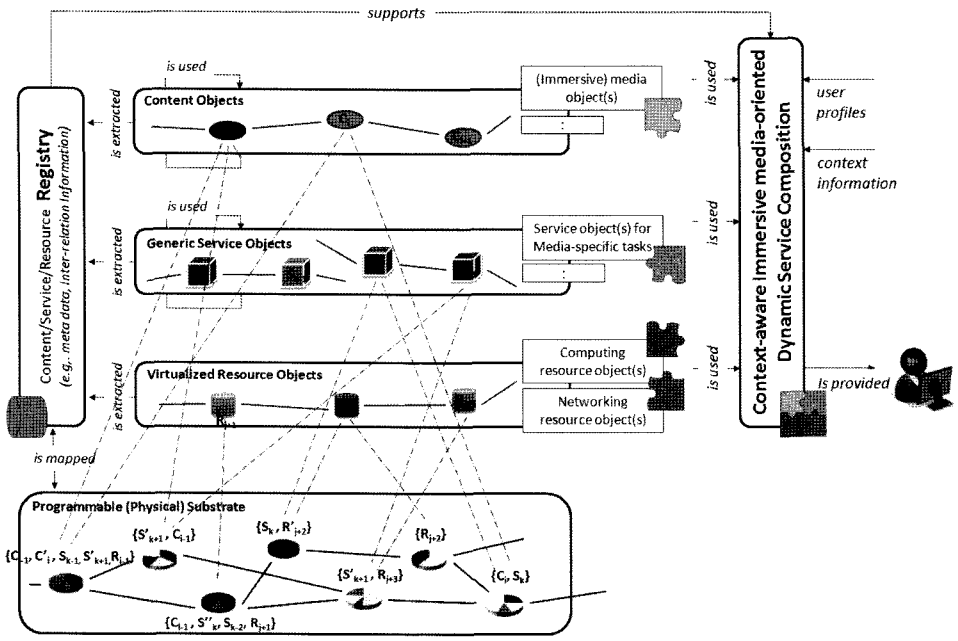

그림 5 실제 하부 계층에서의 서비스 요소 간 연결 관계

다양한 서비스를 고도화된 네트워크를 통해 제공받을 수 있다[26].

제안 프레임워크가 오버레이 기반의 접근 방식을 수용하는 경우, 서비스 요소들은 각 계층별로 오버레이를 구축함으로써 내부적인 상호연결 관계(intra-relationship)를 정의할 수 있고, 복합서비스의 구성은 오버레이들 간 상호정보 교환(inter-relationship)을 통해 이루어질 수 있다. 하지만 서비스 구성 요소나 각 단계들이 미리 구성된 프로세스(서비스 템플릿)나 특정 위치(콘텐츠 서버, 서비스 포털 등)에서만 이루어질 것이므로 다소 한정적일 수 있다. 반면 후자의 방식을 수용하는 경우, 각 서비스 요소들은 동등한 계층의 객체들로써 다루어지며, 의미론적 상호연결 정보를 이용해 복잡하고 다양한 복합서비스를 구성할 수 있다. 하지만 서비스 구성에 필요한 요소들이나 과정들이 완전한 분산 환경 하에서 이루어질 것(네트워크에 있는 모든 노드들이 서비스 합성에 참여)이므로, 서비스 보안, 관리 등과 같은 문제를 고려해야 한다.

4. 다중 오버레이 네트워킹에 기반한 동적 서비스 합성 모델

본 장에서는 제안한 미래인터넷 서비스 프레임워크의 구조적 개념을 구체화시킨 가상화 자원을 활용하는 오버레이 기반의 서비스 합성 모델을 간략히 소개한다. 이는 크게 서비스, 가상화, 인프라 계층으로 나뉘는데, 먼저 인프라 계층에는 다양한 형태의 컴퓨팅 자원들이 고성능의 네트워크를 통해 연결되어 있다. 이러한 컴퓨팅/네트워킹 자원들은 가상화 계층에서 가상화된 자원의 집합으로 재구성되며, 이는 자원 Aggregator(s)에 의해 관리되고 사용자의 요청에 따라 동적으로 할당된다. 또한, 서비스 계층의 다양한 서비스 요소들은 서비스 Aggregator(s)에 의해 관리되며, 사용자의 요구에 따라 적절히 선택되어, 서비스 Overlayer에 의해 합성 과정에 이용된다. 이 때, 각각의 서비스 요소들은 서비스의 요구 조건이나 특성에 따라 미리 준비되고, 효과적인 서비스 합성을 지원할 수 있도록 다중(서비스, 콘텐츠, 가상화 자원을 통합한) 오버레이를 구성하게 된다.

제안된 '가상화 자원을 활용하는 오버레이 서비스 합성' 모델은 다음 몇 가지 바람직한 측면을 가지고 있다. 첫째, 서비스 제공에 관한 주체를 서비스/자원 Aggregator와 서비스 Overlayer로 분리함으로써, 다중 도메인에 걸쳐 구성될 서비스의 복잡한 합성 과정 및 품질 보장을 위한 이기종 인프라의 자원 할당 과정을 보다 효과적으로 지원할 수 있다. 둘째, 특정 사용자 혹은 서비스 집합을 위해 필요한 서비스 및 자원의 집합을 최적화 된 형태로 연결해 제공하는 Resource-provisioned Service Overlay Network을 보조 계층으로 활용해 확장성 있는 서비스 구성을 가능하게 한다. 셋째, 가상화된 자원을 기반으로 동적인 서비스 조합을 지원하기 때문에 다양한 사용자 Context를 반영할 수 있으며, 서비스의 품질이나 사용자가 느끼는 경험의 질(QoE)을 보다 명시적으로 보장

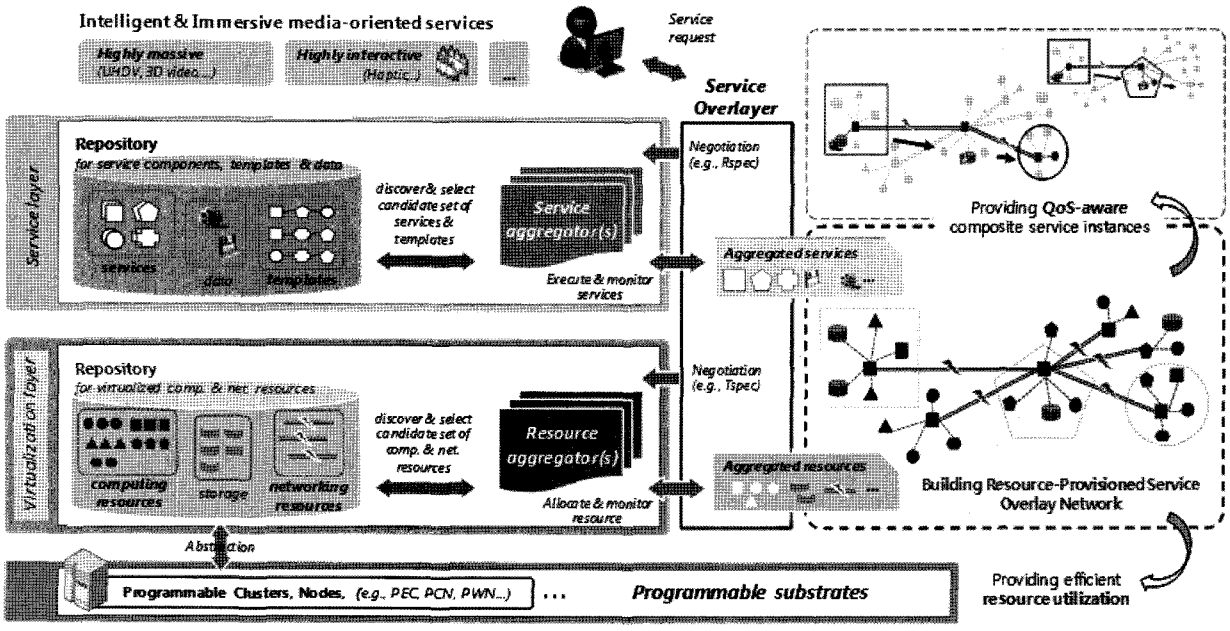

그림 6 가상화 자원을 활용하는 오버레이 기반의 서비스 합성 모델

할 수 있다.

5. 결 론

미래인터넷은 사용자, 응용서비스, 인프라가 서로의 특성을 이해하고, 상황과 필요에 의해 자유로이 구성되고 동적으로 변화할 수 있는 유연한 서비스 환경으로 진화할 것이다. 본고에서는 미래인터넷 서비스의 핵심 요소를 실감콘텐츠, 서비스 합성, 가상화 자원들로 규정하고 이들의 특징과 요구사항들을 살펴보았다. 제안한 사용자 QoE를 고려하는 서비스 합성에 기반한 미래인터넷 서비스 프레임워크는 이러한 요구사항들을 보다 효과적으로 지원할 수 있는 구조의 개념적 틀을 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 이는 콘텐츠의 다양화, 상호 협력적 서비스 제공 환경, QoS 등 여러 가지 유용한 측면을 가지고 있으며, 추후 지속적인 보완과 확장을 통해 잘 정립된 미래인터넷 서비스 프레임워크로 완성될 것이다.

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 Computer Science and Telecommunications Board (CSTB) of the National Academies, 2001.

[2] M. P. Papazoglou and W-J. van den Heuvel, "Service-oriented architectures: Approaches, technologies and research issues," *Journal of Very Large Data Base*, vol. 16, no. 3, July 2007.

[3] K. Nahrstede and W.T. Balke, "A taxonomy for multimedia service composition," in *Proc. of ACM International Conference on Multimedia*, Oct. 2004.

[4] C. K. Chang, H. Jiang, H. Ming, and K. Oyama, "Situ: A situation-theoretic approach to context-aware service evolution," *IEEE Transactions on Services Computing*, vol. 2, no. 3, 2009.

[5] Y. Xiao, X. Du, J. Zhang, F. Hu, and S. Guizani, "Internet protocol television (IPTV): The killer application for the next-generation Internet," *IEEE Communications Magazine*, vol. 45, no. 11, Nov. 2007.

[6] I. Foster, C. Kesselman, J. Nick, and S. Tuecke, "Grid services for distributed system integration," *IEEE Computer*, vol. 35, no. 6, June 2002.

[7] X. Gu and K. Nahrstedt, "Dynamic QoS-aware multimedia service configuration in ubiquitous computing environments," in *Proc. of IEEE ICDCS'02*, July, 2002.

[8] D. D. Clark, S. Shenker, and A. Falk (Ed), "GENI Research Plan," GENI Design Document 06-28, Research Coordination Working Group, Apr. 2007.

[9] D. H. C. Du, "Clean slate design of Internet for supporting service-oriented computing and applications," in *Proc. of IEEE SOCA'07*, June 2007.

[10] D. Yi, J. Park, and J. Kim, "Immersive media-oriented services and the future internet," *Magazine of the IEEK*, vol. 34. no. 4, Apr. 2007.

[11] D. Yi, J. Park, H. Lee, and J. Kim, "Dynamic service composition framework considering the computing and networking resources for the future internet," *Magazine of the KIISE*, vol. 26, no. 8, Aug. 2008.

[12] D. Lawrence, "Stability and transparency in bilateral teleoperation," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, vol. 9, no. 5, Oct. 1993.

[13] M. Gross et al., "Blue-c: A spatially immersive display and 3D video portal for telepresence," *ACM Transactions on Graphics*, vol. 22, no. 3, July 2003.

[14] A. Redert et al., "ATTEST - advanced three-dimensional television systems technologies," in *Proc. of 3DPVT'02*, June 2002.

[15] R. Dutta et al., "The SILO architecture for services integration, control, and optimization for the future internet," in *Proc. of IEEE ICC'07*, June 2007.

[16] R. Raman et. al., "The SAHARA model for service composition across multiple providers," in Proc. of *International Conference on Pervasive Computing*, Aug. 2002.

[17] L. Subramanian, I. Stoica, H. Balakrishnan, and R. Katz, "OverQoS: An overlay based architecture for enhancing Internet QoS," in *Proc. of 1st Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI'04)*, Mar. 2004.

[18] T. Wolf, "Service-centric end-to-end abstractions in next-generation networks," in *Proc. of ICCCN'06*, Oct. 2006.

[19] D. Yi and J. Kim, "A tentative model for virtualized resource-aware dynamic media-oriented service composition," in *Proc. of International Conference on Future Internet Technologies (CFI'09)*, June 2009.

[20] P. Garbacki, and V. Naik, "Efficient resource virtualization and sharing strategies for heteroge-

neous grid environments," in *Proc. of IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management*, May 2007.

[21] M. Mergen, V. Uhlig, O. Krieger, and J. Xenidis, "Virtualization for high-performance computing," *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, vol. 40, no. 2, 2006.

[22] G. Xiaohui, K. Nahrstedt, R. Chang, and C. Ward, "QoS-assured service composition in managed service overlay networks," in *Proc. of ICDCS'03*, May 2003.

[23] G. Schiele, C. Becker, and K. Rothermel, "Energy-efficient cluster-based service discovery for ubiquitous computing," in *Proc. of ACM SIGOPS European Workshop*, 2004.

[24] A. Arsanjani and A. Allam, "Service-oriented modeling and architecture for realization of an SoA," in *Proc. of IEEE International Conference on Services Computing*, Sept. 2006.

[25] Y. Liu, X. Liu, L. Xiao, L. M. Ni, and X. Zhang, "Location-aware topology matching in P2P systems," in *Proc. of IEEE INFOCOM'04*, Mar. 2004.

[26] The programmable open mobile Internet (POMI) 2020 project, online: http://cleanslate.stanford.edu/research_project_pomi.php/

[27] SpovNet, online: http://www.spovnet.de/

[28] OpenFlow, online: http://openflowswitch.org/openflow/

[29] User Controlled Light Paths (UCLP), online: http://www.uclp.ca/

[30] IEEE 802.1 AV Bridging Task Group, online: http://www.ieee802.org/1/pages/avbridges.html

이 동 훈

2001 인하대학교 전자공학과 학사
2003 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
2003～현재 광주과학기술원 정보통신공학과 박사과정
관심분야 : 인터넷 QoS, resource management, future internet
E-mail : dhyi@nm.gist.ac.kr

박 주 원

2002 한국항공대학교 항공통신정보공학과 학사
2004 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
2004～현재 광주과학기술원 정보통신공학과 박사과정
관심분야 : High-speed network, parallel streaming, optical network
E-mail : jwpark@nm.gist.ac.kr

김 종 원

1987 서울대학교 제어계측공학과 학사
1989 서울대학교 제어계측공학과 석사
1994 서울대학교 제어예측공학과 박사
2001～현재 광주과학기술원 정보통신공학과 교수
2000～2001 미국 InterVideo Inc., Fremont, CA, 개발 자문
1998～2001 미국 Univ. of Southern California, Los Angeles, CA, EE-System Department 연구조교수
1994～1999 공주대학교 전자공학과 조교수
관심분야 : Networked Media Systems and Protocols focusing "Dynamic Composition of Immersive Media-oriented Services over the Wire/Wireless IP Convergence Networks"
E-mail : jongwon@nm.gist.ac.kr