

# 유비쿼터스 환경에서의 P2P 멀티미디어 스트리밍의 현황과 전략

오선진\* · 배인한\*\*

## 1. 서 론

P2P 기술은 인스턴트 메시징 프로그램에서 보여 주듯이 실시간 커뮤니케이션을 가능하게 하는 동시에 SETI@home 프로젝트에서 클라이언트 PC를 네트워킹하여 슈퍼 컴퓨팅 파워를 얻을 수 있는 방법을 이미 제시하였다. 아울러 P2P 기술이 더욱 확장되어 그리드 기술로 발전하여 네트워크를 기반으로 보다 강력한 슈퍼 컴퓨팅 파워의 획득이 가능하게 되었다. 이러한 P2P는 유비쿼터스 컴퓨팅의 기반 기술이 될 것이다.

차세대 인터넷에서는 비디오/오디오 스트리밍과 같은 멀티미디어 서비스에 대한 관심이 상당히 증가될 것으로 기대된다. P2P 트래픽은 가까운 시일에 글로벌 인터넷 통신 중에 무시할 수 없을 만큼 많아질 것이다, 인터넷을 통한 멀티미디어 스트리밍은 Akamai[1]나 Limelight 망[2]과 같은 콘텐츠 분산 망 플랫폼(CDNs)에 의해 주로 관리된다. CDN 플랫폼은 (1) 콘텐츠 저장과 (2) 스트리밍에 의해 클라이언트의 요청을 서비스하거나 클라이언트에 요청한 콘텐츠를 유니캐스트 하는

업무를 담당하는 공개 서버들의 집합으로 구성된다. 결과적으로 정확한 성능을 얻기 위해서 CDN 들은 서버 병목현상 문제를 피하도록 중요한 인프라 구조의 비용을 관리해야 한다. 더구나, 멀티미디어 스트림이 높은 대역폭을 요구하기 때문에 이러한 구조를 사용하면 서버 망 대역폭은 급속히 고갈된다. 다른 방법으로 이러한 응용을 위해 IP 멀티캐스트 시스템을 사용하는 것도 있다. IP 멀티캐스트는 매우 효율적인 솔루션이기는 하지만 멀티캐스트 기능의 라우터 설치나 멀티캐스트 트래픽에 대한 인센티브 부족과 같은 다수의 실질적이고 정략적인 문제로 인해 그것의 개발은 극히 제한적이다. 더욱이, IP 멀티캐스트의 사용은 예를 들어 다중 송신자들로부터의 스트리밍과 같은 흥미 있는 경우에 적합하지 않다.

동시에 우리는 지난 수 년 동안 P2P 망의 최고의 인기도를 관찰해 왔다. P2P 망은 피어라 알려진 대량의 이질적 노드들을 모으는 자치적 분산 시스템이다. 이러한 피어들은 어떤 태스크나 목적을 달성하기 위해서 서로 상호작용 한다. 그와 같은 시스템은 자기 환경 설정(self configuration), 자기 적응(self adaptation) 그리고 자기 조직화(self organization)와 같은 흥미 있는 특징들을 포함한다. P2P 현상은 다양한 기능들을 제공한다. 정보 흐름 교환은 최종 사용자와 주고받을 수 있게 허용하고, 공통 관심사를 공유하는 커뮤니티의

※ 교신저자(Corresponding Author) : 배인한, 주소 : 경북 경산시 하양읍 금락리 330(136-704), 전화 : 053)850-2742, FAX : 053)850-2750, E-mail : ihbae@cu.ac.kr

\* 세종대학교 정보통신공학부 교수  
(E-mail : sjoh@semyung.ac.kr)

\*\* 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수

빠르고 동적인 설립을 허용한다. 그와 같은 시스템의 주요 목표는 Kazaa[3], eDonkey[4], Bit Torrent[5]와 같은 파일 공유 응용이다.

이러한 본질적인 특징은 P2P 모델이 인터넷을 통한 멀티미디어 스트리밍상의 지적된 문제를 해결하는 잠재적인 후보가 되도록 하였다. P2P 망은 분산 설계와 구조로 인하여 중앙 집중화된 서버의 병목현상을 극복한다. 더구나, 시스템 내의 다수의 피어들 때문에 망 내의 가용 자원들을 동적으로 관리하기가 용이하다. 비록 P2P 기술이 효율적인 멀티미디어 스트리밍 응용을 정의하기 위한 새로운 기회를 제공하더라도, 동시에 그것은 동적이며 이질적인 속성에 기인하여 기술적인 도전과 문제를 가지고 있다. 이미 참고문헌[6-9] 등에서 이러한 문제가 연구되었을지라도 P2P 미디어 스트리밍 시스템에 대한 연구는 아직 초보적인 단계이고, P2P 스트리밍에 대한 연구는 향상될 것이며 중요한 연구 노력과 조사는 아직도 필요하다. 현존하는 P2P 프로토콜들은 수정되거나 재고안되어야 하며 다른 특별한 문제는 멀티미디어 스트리밍 요구사항에 맞게 다루어 져야 할 필요가 있다.

본 논문의 목적은 두 가지로 우선 첫째로 P2P 망상에서의 멀티미디어 스트리밍의 기본 개념에 대한 보다 나은 이해를 제공하는 것이고, 둘째로 이 분야와 관련된 연구 도전을 인식하는 것이다. 이 논문의 구성은 다음과 같다. P2P 스트리밍 망 구조는 2장에 기술하였고, P2P 스트리밍과의 연계 속에서 다른 비디오 코딩 기술에 대한 비교는 3장에서 설명하였다. P2P 미디어 스트리밍에 대한 현존하는 솔루션들은 4장에 소개하였고, 5장에서 이 분야에 대한 문제를 강조하였고, 6장에서 P2P를 이용한 유비쿼터스 홈 구축 모델을 제시하고, 그리고 7장에서 논문의 결론을 맺는다.

## 2. P2P 망 스트리밍 구조

네트워크 스트리밍 구조는 멀티미디어 콘텐츠 전송을 위해 사용된 방법과 스트리밍 메커니즘에 수반되는 엔티티들로 일컬어진다. P2P 스트리밍에서 주어진 피어는 서로 다른 3가지의 역할로 동작할 수 있다.

- 소스: 미디어 콘텐츠를 포함하며 다른 피어들과 공유가 시도되는 피어. 피어는 주어진 콘텐츠 전체나 또는 일부분을 저장할 수 있다.

- 목적지: 콘텐츠를 요청한 클라이언트. 클라이언트 피어는 구조에 따라 하나 또는 그 이상의 송신자로부터 미디어 콘텐츠를 획득할 수 있다.

- 중간: 주어진 콘텐츠를 수신하고 다음 중간 피어에게 전송하는 중간 피어. 중간 피어는 스트리밍 메커니즘을 용이하게 하기 위해 전송 노드 역할을 한다.

콘텐츠 미디어는 일반적으로 적절한 트리 구조로 구성된 오버레이 망을 이용하는 클라이언트들에 배포된다. 클라이언트는 사용되는 접근 방식에 따라 소스 또는 목적지 피어에 루트를 둔다. 따라서 다음의 두 가지 종류의 네트워크 구조를 정의한다.

### 2.1 다중 소스

다중 소스 구조는 멀티미디어 콘텐츠가 네트워크에 많은 소스 피어 안에 복제/존재 하거나 또는 스마트하게 쪼개져서 다수의 피어들에 동적으로 위치할 때 사용된다.

비록 어떤 콘텐츠도 네트워크에 많은 장소에서 발견될 수 있기 때문에 특히 그 콘텐츠가 인기가 있다면 첫 번째 경우가 더 일반적이다. 두 번째 경우는 클라이언트의 요구에 맞도록 네트워크에서 서로 다른 콘텐츠들을 위치시키기 위해서는 전혀

리 과정과 클라이언트의 요구에 대한 지속적인 분석이 필수적이다.

그러므로 그림 1에 보여진 것과 같이 콘텐츠들은 네트워크상의 다수의 피어들로부터 동시에 검색될 수 있다. 여기서 각 송신 피어가 하나 이상 다수의 클라이언트 피어들에 패킷을 전송할 수 있는 반면 각 클라이언트 피어는 콘텐츠를 가지고 있는 다수의 송신 피어들로부터 멀티미디어 콘텐츠 패킷을 수신한다. 중간 피어의 역할은 수신된 패킷을 목적지 피어를 향해 전달하는데 국한한다. 중간 피어는 그림 1에서 보여 지지 않았다.

### 2.2 단일 소스

이 경우 멀티미디어 콘텐츠는 네트워크상의 하나의 소스 피어에 저장된다. 콘텐츠 피어는 그것을 요청한 모든 클라이언트 피어들에게 콘텐츠를 전송하기 시작한다. 이 경우 중간 노드들은 더욱 중요한 역할을 할 수 있다. 효율성을 성취하기 위하여 중간 노드들이 콘텐츠의 일부분을 그들의 내부 버퍼에 저장한다. 네트워크에 새로운 클라이언트 피어가 결합했을 때 요청한 콘텐츠를 주어진 중간 노드로부터 직접 검색할 수 있다. 따라서 소

스 주변의 과부하가 네트워크 전 지역으로 분산될 수 있다.

그림 2는 단일 소스가 두 클라이언트 피어를 향해 스트리밍 하는 예를 보여준다.

다른 참고문헌에는 중앙 서버 기반과 같은 P2P 망을 통한 미디어 스트리밍을 위한 다양한 구조들이 존재한다. CoopNet[6] 솔루션은 바로 중앙 서버 기반 모델에 기초하지만 여기서는 순수한 P2P 구조만 다룬다.

### 3. 비디오 코딩

이 장에서 우리는 IP 망과 P2P 망에서의 비디오 전송을 위해 사용된 비디오 코딩 기법들을 알아본다. 이러한 기술들을 이해하는 것과 적절한 기술들의 선택을 위한 관련된 난제들은 자원 사용을 최적화 하고 전반적인 비디오 품질을 개선하는데 도움이 될 것이다.

현재의 IP 망을 통해 빈번하게 발생하는 패킷 손실과 오류 전파는 수신자 측의 비디오 품질을 급격하게 저하시킬 수 있다. 따라서 오류 복구력과 패킷 손실을 다루는 것이 스트리밍 응용에서 중대한 문제이다. 다수의 코딩 솔루션이 이 문제

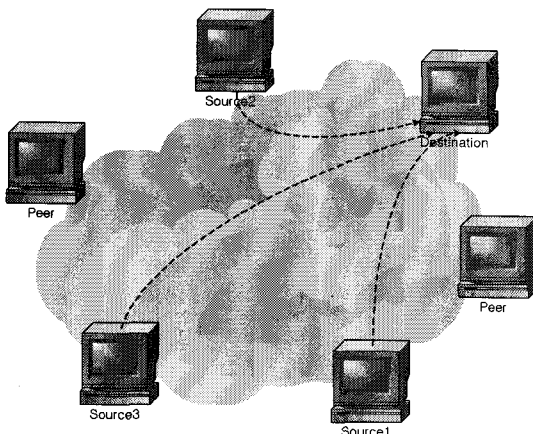


그림 1. 다중 소스 P2P 스트리밍 모델

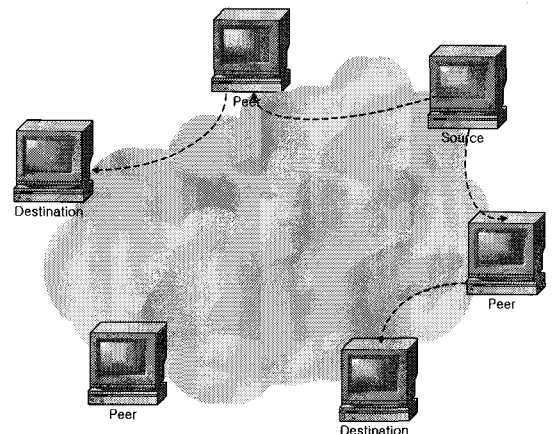


그림 2. 단일 소스 P2P 스트리밍 모델

를 해결하기 위해, 전반적인 품질을 향상시키기 위해, 그리고 혹독한 네트워크 조건에 대한 멀티미디어 트래픽을 보호하기 위해 개발되었다. MDC(multiple description coding)[10]과 LC(layered coding)[11]은 비디오 인코딩을 위한 두 가지의 서로 유사한 기술이다.

MDC와 LC는 망의 혼잡으로 인한 인터넷에 대한 다양한 대역폭/처리력과 손실/삭제 그리고 무선 채널에 대한 정정할 수 없는 오류의 경우에 유용하다. LC는 전송 손실에 민감하지만 울 제어(rate control)를 향상시키고 확장 가능한 표현을 제공한다. 한편 MDC는 독립적으로 복호화 될 수 있는 다중 스트림을 생성하여 패킷 손실에 대한 향상된 복구력을 제공한다(그림 3).

이 두 가지 방법 모두 멀티미디어 스트림은 다수의 기술/계층(description/layer)으로 분리되고, 각 기술/계층은 멀티미디어 데이터의 하나 이상의 특징 정의에 기여할 수 있다. MDC와 LC의 차이는 기술/계층 사이의 종속성에 달려 있다. LC의 경우 계층들을 두 개의 계층인 기본 계층(base layer)과 향상 계층(enhancement layers)으로 나눈다. 기본 계층은 매우 중요한 계층 중의 하나로 향상 계층이 기본 계층을 참조한다. 향상 계층은 기본 계층과 독립적으로 복호화 될 수 없다(그림 4). LC와는 반대로 MDC에서 각 기술은 기본 품질을 얻기 위해 개별적으로 복호화 될 수 있다. 그러나 얻어진 많은 기술들로 복호화 되면 비디오 왜곡이 낮아지게 되고 출력 시그널 품질이 좋아진다. MDC/LC는 적당한 수의 기술/계층을 전송함으로써 다양한 대역폭/처리력의 관리가 수월해진다. MDC는 손실/삭제의 복구력을 크게 향상시킬 수 있다. 왜냐하면 각 비트 스트림은 독립적으로 복호화 될 수 있고, 모든 기술에서 훼손된 같은 부분의 데이터를 가지지 않을 것이기 때문이다.

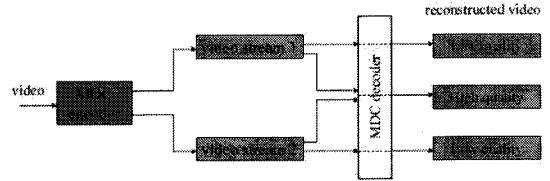


그림 3. MDC의 예

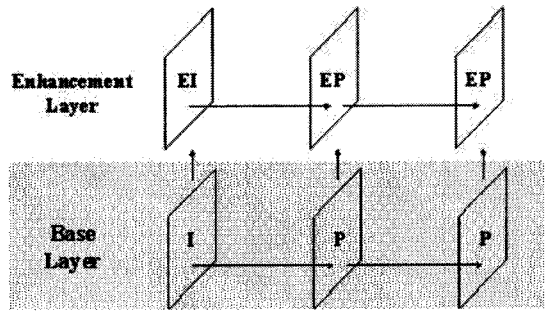


그림 4. LC의 예

LC는 기본 계층이 더욱 보호 될 수 있도록 주어진 계층에 대한 보호 단계를 그 중요성에 따라 적용할 수 있을 때 오류 복구력이 향상될 수 있다.

신뢰성이 없는 채널을 통해 전송되는 멀티미디어 스트림의 오류/손실 복구력을 향상시키기 위한 다른 기술들도 제안되었다. 이들 중에 FEC(forward error detection/correction codes) 또는 ARQ(automatic repetition request)와 같은 기술들이 있다.

ARQ는 매우 효율적이지만 피드백 채널을 요구하며 방송용이 아닌 단지 점-대-점 통신에서만 사용할 수 있다. 물론 재전송을 위한 시간이 허용되어야 한다. 반대로 FEC는 피드백 채널을 요구하지 않으며 방송에 적합하다. ARQ와/또는 FEC 기술은 MDC/LC와 함께 사용될 수 있다.

우리는 P2P 망을 통해 스트리밍 하는데 비디오 코딩 전략의 영향을 연구한 관련 연구들을 여기에 소개한다.

[11]에서는 피어를 사용한 계층적으로 부호화

된 스트리밍을 조사하였다. 각 비디오는 서로 다른 피어에 저장된 계층적 층으로 부호화 되었다. 시스템은 서로 분리된 피어로부터 요청된 비디오의 다중 계층을 스트리밍 함으로써 클라이언트의 요청을 서비스한다. 시스템은 그들의 중요성에 따라 각 계층을 위해 저장된 복사의 수를 다르게 하여 서로 다른 계층에 대한 같지 않는 오류 보호를 제공한다. 계층적 코딩의 성능을 다중 기술 코딩과 비교하였다. 그 결과 계층적 코딩이 시스템이 다른 서버를 재빨리 찾아 교체할 수 있을 때 나은 선택인 반면, 교체시간을 무시할 수 없다면 MD-FEC가 오히려 성능이 좋았다.

[12]에서는 인터넷을 통한 비디오 스트리밍에 대한 다중 기술 코딩과 계층적 코딩의 성능을 연구하였다. 서로 다른 전송 방법을 사용하여 비교가 수행되었다. 다중 네트워크 경로를 통한 전송 시나리오도 고려되었다. 그 결과 두 기법들의 상대적인 성능은 고려된 전송 시나리오에 따라 매우 다양했다. 패킷 전송에 울 왜곡 최적화 스케줄링(rate-distortion optimized scheduling)이 적용되었을 때 계층적 코딩이 다중 기술 코딩보다 잘 동작한다는 것을 보였다. 패킷 스케줄들이 개개의 패킷의 중요성과 그들의 상호 의존도를 염두에 두지 않는 시나리오에 대해서는 정반대 현상이 관찰되었다.

[13]에서는 네트워크상에서 서브 스트림의 분배와 배치에 대해 MDC와 LC 코딩 모두를 조사하였다. 이 두 방법에 대해 트래픽 이론이 개발하였고, 최적의 기술의 수와 울을 찾는 문제에 대한 최적의 솔루션을 해결하였다. 각 비디오에 대한 최적의 서브 스트림 복사본의 수와 서버에 복사본을 위치시키고, 서버들을 선택하고, 승인 제어를 위한 단순한 매커니즘들도 제안하였다.

MD와 LC 모두에 대해 비디오 품질은 피어 연

결 확률(connect probability)이 증가할수록 개선된다. 피어 연결 확률이 작을 때 MD 시스템의 성능이 계층적 시스템(LC)보다 월등히 좋았다. 피어 연결 확률이 증가할수록 계층적 시스템의 성능이 MD 시스템보다 빠른 비율로 증가하였다. 체로 교체 시간으로 피어의 연결 확률이 어떤 포인트 이상 증가하면 계층적 시스템이 MD 시스템보다 더욱 성능이 좋았다.

네트워크가 더욱 신뢰성이 있을 때 LC는 MD보다 더욱 효율적이다. 그러나 교체 시간이 증가할수록 계층적 시스템보다 MD 시스템의 성능이 항상 좋았다. 따라서 교체 피어를 찾는 시간이 MD 시스템보다 계층적 시스템에 더 큰 영향을 준다. 그 이유는 MD-FEC가 서브 스트림 손실에 대해 본래 보호를 가지기 때문이다. MD-FEC에 대해 단일 서브 스트림이 손실되었을 때 비디오 품질은 단지 약간의 영향을 받는다. 그러나 계층적 코딩에서, 이 서브 스트림보다 높은 모든 계층들이 수신측에서 기본 계층과 독립적으로 복호화될 수 없다.

#### 4. P2P 망을 통한 스트리밍

이 장에서 우리는 P2P 망을 통한 멀티미디어 스트리밍에 대한 효율적인 솔루션을 정의하려는 연구들을 조사한다. 또한, 우리는 제안된 솔루션에 대한 문제점들을 제시한다.

Heffeda는 PROMISE[14]를 제안한다. 시스템은 다수의 최적 조건을 인식하여 수신자는 미디어 스트리밍 품질의 최소 변화를 인식할 것이다. PROMISE는 다음의 기능을 수행한다.

- (1) 최고 전송 피어의 선택
- (2) 기존 네트워크의 특성을 모니터링
- (3) 전송 피어에 스트리밍 울과 데이터 세그먼트

트를 할당

(4) 전송 피어의 동적 스위칭

최고의 피어를 선택하기 위한 세 가지의 접근 방법이 제안되었다.

(1) 누적용 요구 조건을 수행할 수 있는 피어의 무작위 선택

(2) 후보 피어와 수신자 사이의 오버레이 경로의 우수함을 평가할 수 있는 중단 간 선택

(3) 기존 위상과 그것의 특징을 추출하고 경로의 각 세그먼트의 우수함을 고려한 위상 인식 선택. 형식적으로 수행된 평가와 모의실험에 의해 위상 인식 선택이 경로가 딱딱한 세그먼트를 공유하는 피어들을 피함으로써 공정한 선택이 가능함을 보였다.

[15]에서는 네트워크 유동성과 이기적인 사용자 행위를 처리하기 위해 멀티미디어 스트림을 위한 효율적인 오버레이 P2P의 구축을 연구하였다. 피어 클라이언트는 피어에서 피어로 비디오 스트림을 전송하기 위한 오버레이를 구성한다. 네트워크에 결합한 클라이언트는 충분한 대역폭을 가진 부모 노드를 선택해야 한다. 부모 노드의 선택 메커니즘은 가능한 한 많은 클라이언트를 받아들일 수 있어야 한다. 클라이언트가 디렉터리 서버에 서비스 요청을 보내고 디렉터리 서버는 서비스를 제공할 수 있는 후보 리스트를 반환한다고 가정한다. QoS 부모 선택 알고리즘은 부모 피어 클라이언트 선택 척도로 거리-대역폭 비율을 사용한다.

ZIGZAG[16]는 네트워크 조건을 고려한 다중 목적지를 향한 단일 소스의 문제를 다룬다. 목적은 중단 간 지연을 최소화하고, 사용자 유동성을 관리하며 확장성을 성취하기 위해 오버헤드 트래픽을 가능하면 작게 유지하는 것이다. 이 목적을 실현하기 위해 ZIGZAG는 수신자들을 한정된 크

기의 클러스터 계층으로 구성하고 그 클러스터에 기초하여 멀티캐스트 트리를 구축한다. 이 트리의 연결성은 트리가 항상 높이  $O(\log_k N)$ 와 노드 차수  $O(K^2)$ 를 갖도록 보장하는 규칙에 의해 실행되어진다. 여기서  $N$ 은 수신자의 수이고  $k$ 는 상수이다. 제안된 방법은 네트워크 병목현상을 피하기 위해 처리되는 홉의 수를 감소시킨다.

[17]에서는 라이브 미디어 스트리밍을 위한 데이터 기반 오버레이 네트워크인 DONet이 제안되었다. DONet의 주요 연산은 매우 단순하며 데이터 전송을 위한 어떤 종류의 복잡한 트리 구조를 필요로 하지 않는다. 실제로 각 노드는 파트너들의 집합과 데이터 가용 정보를 주기적으로 교환하며 하나 이상의 파트너로부터 비가용 데이터를 검색하거나 또는 파트너에게 가용 데이터를 공급한다. 분석을 통해 DONet이 한정된 지연으로 확장 가능하다는 것을 보여 주었고, 또한 DONet의 구현을 위한 실제 문제들을 설명하였다. 스트리밍 콘텐츠의 실시간이고 지속적인 분배를 달성하는 지능 스케줄링 알고리즘과 함께 효율적인 멤버와 Gossip 기반 파트너 쉽 관리 알고리즘을 제안하였다. 더욱이 노드 고장과 시스템 복구에 대한 메커니즘 역시 연구하였다. 그림 5는 DONet 노드의 일반적인 시스템 다이어그램을 보여준다.

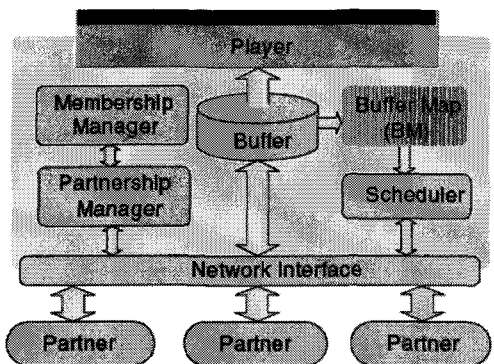


그림 5. DONet 노드의 일반적인 시스템 다이어그램

P2VOD[18]는 중간 피어가 수신한 가장 최근의 비디오 스트리밍 콘텐츠를 캐싱함으로써 멀티미디어 콘텐츠를 전송하는 중간 노드의 장점을 얻었다. P2VOD에 존재하는 클라이언트는 출력 대역폭이 충분히 있는 한 새로운 클라이언트에 비디오 스트림을 전송할 수 있고, 버퍼 안의 비디오 파일의 첫 번째 블록을 아직도 갖고 있다. 캐싱 방법은 각기 다른 시간에 시스템에 도착하는 클라이언트 그룹이 캐시 버퍼의 앞부분에 같은 비디오 콘텐츠를 저장하기 위하여 사용된다. 멀티캐스트 트리 기반 관리, 결합 그리고 고장 복구 프로세스들을 이용하는 효율적인 제어 프로토콜이 역시 제안되었다.

Gnustream[19]은 기존의 P2P 네트워크 유동성과 이질성을 고려하여 설계된 Gnutella의 상부에 설치된다. 이것은 대역폭 수집, 적응적 버퍼 제어, 피어 고장이나 손상 탐지 그리고 스트리밍 품질 유지보수 등을 다룬다. 피어 상태에 대한 변화들은 주기적인 프로브(probe)를 사용하여 탐지한다. 고장 또는 손상으로부터의 복구는 최상의 피어를 선택함으로써 처리된다. 그림 6은 Gnustream의 구조를 보여준다.

CoopNet[6]은 상호협력적인 네트워킹을 사용한 스트리밍 미디어 콘텐츠의 분배를 위한 솔루션이다. CoopNet 솔루션은 중앙 서버 모델에 기초

한다. 이것은 다중, 다양한 분배 트리를 경유하는 네트워크 경로와 MDC를 사용하여 데이터 모두에 중복성을 도입하여 복구력을 제공한다. 집중화된 트리 관리 프로토콜은 짧고 다양한 트리를 구축하고 빠른 결합과 이탈을 지원하는데 사용된다. 더욱이 확장 가능한 피드백 메커니즘은 적응적 MDC 최적화 알고리즘을 운영하는데 사용된다. 트리 효율성은 논리적과 물리적 위상을 사상함으로써 보증되어진다. 그림 7은 CoopNet MDC 시스템 구조를 보여준다.

[7]에서 제안된 품질 적응적 스트리밍 메커니즘은 수신자 피어와 송신자 피어의 종단 간 RTT(round trip time) 평가에 기초한다. 활동적 모니터링이 새로운 네트워크 조건을 분석하기 위해 수행되고 피어 스위칭은 네트워크상에 여분의 변화가 발생하는 경우 수행되어진다. 오버헤드를 피하기 위해 P2P 스트리밍 메커니즘에 대한 수신자와 송신자들 사이에서 종단 간 RTT 평가를 제안하였다. 각 피어에 의해 제공되는 비디오 품질과 이 RTT에 기초한 전송 피어를 위한 오버레이 네트워크의 구축을 제안하였다. 어떤 우선순위를 갖는 오디오와 비디오 객체를 분류하는 MPEG-4 비디오에 대한 객체 분류 모델(Object Classification Model)을 사용하였다. 더구나, 원래 비디

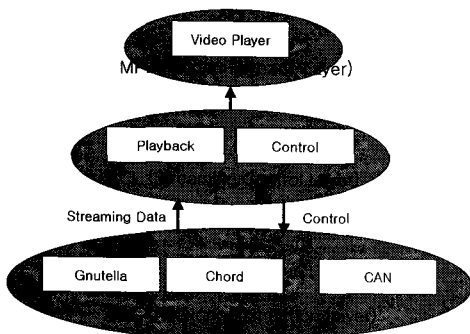


그림 6. GnuStream 구조

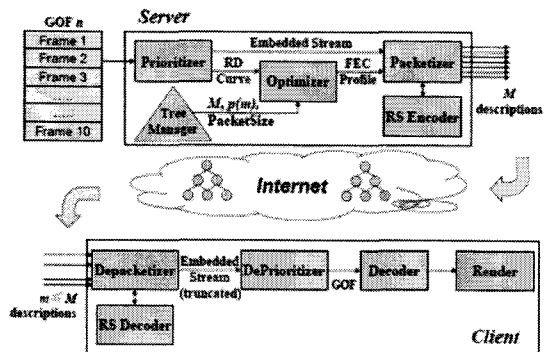


그림 7. CoopNet MDC 시스템 구조

오가 다른 계층(기본과 향상 계층)로 분해될 수 있는 데이터 인코딩을 위하여 계층적 코딩이 제안되었다. 여기서 기본 계층이 가장 중요하다.

[8]에서 하이브리드 오버레이 네트워크 (Hybrid Overlay Network)가 주문형 미디어 스트리밍을 위한 프로토콜로 제안되었다. 이때 “트리 오버레이”와 “gossip 오버레이”라 불리는 오버레이들은 데이터 전송을 보장하기 위해 관리되어진다. 이름에서처럼 트리 오버레이는 소스에 뿌리를 둔 트리 구조에 기반 한다. 한편, gossip 오버레이는 무작위 유포 메커니즘을 사용하는 랜덤 그래프이다. 대부분의 데이터 세그먼트는 gossip 오버레이를 통해 전달되고 어떤 마감시간까지 데이터 세그먼트의 수신이 어떤 노드에서 실패하면 그 부모로부터 세그먼트를 인출하기 위해 트리 오버레이에 의지한다. 트리 구조와 비교해서 gossip 오버레이에서의 무작위 유포는 모든 잠재적인 네트워크 경로로부터 가용 대역폭을 이용하며 내부 트리 노드의 대역폭 변화와 오작동에서 견고성을 향상시킨다.

Anysee[9]는 다중 오버레이가 고려되어지는 경우에 적합한 P2P 라이브 스트리밍 시스템이다. Anysee는 서로 다른 오버레이에서 피어를 사용하여 효율적인 경로를 구축하고 유지하게 하는 오버레이 간 최적화 전략을 채택했다.

그림 8은 AnySee 노드의 시스템 다이어그램을 보여준다. 여기서 다수의 최적화 기법들이 소개되었다.

- (1) 주어진 오버레이 네트워크와 그 논리적 연결을 구축하는 언더레이와 오버레이 위상을 상상하기 위한 오버레이 구축에 대한 위치 메커니즘의 사용
- (2) 피어의 결합과 이탈을 관리하기 위해 오버레이 망에 의한 오버레이 관리자의 선택

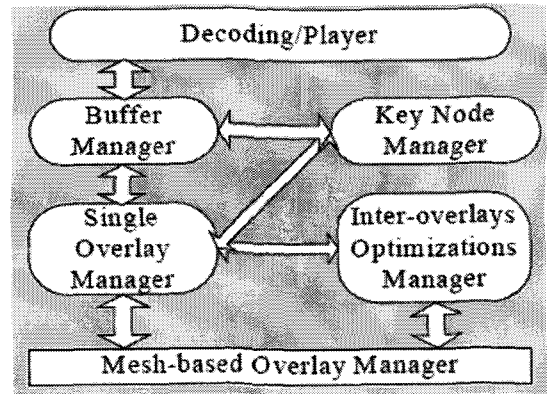


그림 8. AnySee 노드의 시스템 다이어그램

- (3) 각 노드에서 오버레이 간 최적화 관리자가 하나의 활동적인 경로와 백업 경로 집합을 관리하기 위해 활동
- (4) 다수의 큐에 의해 적응적 승인 제어 메커니즘을 강화하는 키 노드 관리자. 실제 수신된 요청은 그 우선순위에 따라 적당한 내부 큐로 전달된다.
- (5) 활동적인 스트리밍 경로에서 다중 제공자들로부터 유효한 미디어 데이터를 수신하고 지속적으로 미디어 재생을 유지하는 버퍼 관리자.

Rejaie는 P2P 적응적 계층 스트리밍을 위한 PALS 프레임워크[20]를 제안하였다. 이것은 수신자 중심 프레임워크로 수신자는 다중 송신자들로부터 계층 부호화된 스트림의 전달을 조정한다. 이 프레임워크에서 초기 피어는 스트리밍 메커니즘 시작 시점에 어떠한 가용 정보도 없기 때문에 무작위로 선택된다. 초기 단계 이후에, 피어 선택은 반복 프로세스에 의해 수행된다. 새로운 피어가 송신되는 시점에 전반적인 처리량이 향상되면 송신 피어로 저장되고 그렇지 않으면 버려진다. 품질 적응(QA: quality adaptation)을 위해 수신자는 패킷 소비에 기초하여 정기적으로 버퍼를



관리하고 버퍼 상태를 각 송신자에게 정기적으로 송신한다. PALS의 QA 메커니즘은 패킷 당이 아닌 일정기간 동안의 계층 간 대역폭 할당을 결정한다.

## 5. 멀티미디어 P2P 스트리밍 문제

P2P 스트리밍 시스템의 독특한 기능들은 많은 도전 문제들을 가져왔다. 많은 솔루션이 있음에도 불구하고 P2P 스트리밍은 아직도 많은 도전 문제들이 논의되는 활동적인 연구 영역이다. 효율적인 솔루션들은 다음의 기능들을 갖고 있어야 한다.

### 5.1 적절한 비디오 코딩 방법

멀티미디어 콘텐츠의 오류에 걸리기 쉬운 특징은 비 보장 전송을 제공하는 망을 통해 전송하는 것을 매우 민감하게 만든다. 그러므로 신뢰성 있는 멀티미디어 전송 시스템은 신뢰성 있는 비디오 코딩 방법을 포함해야만 한다. 비디오 코딩 방법의 적절한 사용은 핵심적으로, 비디오 코딩 방법이 P2P 망의 유동성과 이질성을 충족시키기에 충분히 유연해야 한다.

### 5.2 피어 유동성 관리

피어(네트워크 노드)는 최종 사용자의 단말이기 때문에 그것들의 행위는 예측할 수 없다. P2P 망의 동적인 성질 때문에 다른 노드에 미리 알리지 않고 언제나 자유롭게 서비스에 결합하거나 이탈한다. 따라서 유동성 관리는 스트림 세션 중 유연한 재생에 매우 중요하다.

피어의 진입과 이탈로 인한 서비스 방해를 방지하기 위해서 그러한 변화를 관리할 수 있는 견고하고 적응적인 메커니즘이 필요하다. 제안된 메커니즘은 네트워크 내에서 발생하는 갑작스런

변화에 대처하기 위한 복구 과정을 제공해야 한다. 송신 피어가 시스템을 이탈했을 때 되도록 빨리 탐지해서 다른 송신 피어로 교체하여 유연하고 자연스럽게 스트리밍을 수행하도록 해야 한다.

### 5.3 피어 이질성

피어들은 그들의 능력이 균일하지 않다. 네트워크 레벨에서 이 비 균일성은 피어를 연결하는 네트워크의 접근 차이나 기여하는 피어들의 의지의 차이에 기인된다. 각 송신 피어는 서로 다른 가용 대역폭을 가질 수 있으며, 연결이 이루어진 후 변동을 가져올 수 있다. 피어 선택 메커니즘은 이와 같은 이질성 문제를 해결할 수 있는 능력을 가져야 한다.

### 5.4 효율적인 오버레이 네트워크 구축

그 목적은 참여하는 피어들로 하부 위상을 도출해야 하는 논리적 위상을 구성하는 것이다. 사실, 적절치 못한 오버레이 위상은 추가 오버헤드를 가져오거나 시스템 성능을 크게 저하시킬 수 있다. 오버레이 구축은 확장 가능해야 한다.

### 5.5 최상의 피어 선택

송신 피어와 중간 피어는 선택하는데 효율적이고 유연한 정책이 도입되어야만 한다. 사실상, 스트리밍 멀티미디어 시스템에 채택되어야만 하는 또 다른 기능은 전역 오버헤드를 이상적으로 유지하면서 종단 간 지연 성능 척도를 최소화 하는 것이다. 사실 지연을 줄이는 것이 멀티미디어 콘텐츠를 더욱 라이브하게 하는 것이다.

멀티미디어 콘텐츠는 다수의 중간 노드를 거쳐야 하기 때문에 종단 간 지연이 증가할 것이다.

중단 간 지연은 역시 소스 노드에서의 병목현상이 발생하기 때문에 길어질 것이다. 두 경우 모두 라우팅 프로토콜은 전역 중단 간 지연을 최소화 하는 최선의 피어 선택을 할 수 있는 적당한 전략을 선택해야만 한다. 다른 중요한 점은 P2P 스트리밍 오버레이 제약 조건을 만족시키면서 어떻게 언더레이 네트워크 최적화 목적을 다루느냐 하는 것이다.

경유한 중간 노드의 수를 고려하여 중단 간 지연을 최소화시키기 위해, 그리고 다른 라우팅 정책을 위해 지능적 선택 기준이 제안될 필요가 있다.

한편, 네트워크 자원의 효율적인 사용을 위해 네트워크 위상 관리를 위해 발생하는 전역 제어 오버헤드는 가능한 한 작게 유지되어야 한다. 이것은 많은 수의 수신자를 갖는 시스템의 확장성을 위해 중요하다.

## 5.6 네트워크 조건 감시

스트리밍 단계 동안의 네트워크 조건은 P2P 구조의 동적 성질 때문에 많이 변할 수 있다. 따라서 유동성 관리에 따라 현재 시스템의 조건을 정기적으로 감시하는 것이 중요하다. 가용 자원들(대역폭)은 스트리밍 단계 동안 네트워크상의 피어들의 자원 공유의 변화와 피어들의 도착과 이탈 때문에 변할 수 있다. 현재의 네트워크 조건을 감시하는 것은 가용 자원들의 이용률을 최대화 시키고, 어떤 링크에서의 패킷 손실을 최소화 시키는데 필요하다.

## 5.7 참가하는 피어들에 대한 인센티브

많은 연구에서 P2P 망에 결합한 많은 피어들이 다른 자원들(데이터 콘텐츠)은 잘 공유하는 반면, 자신의 자원(대역폭)은 결코 공유하지 않는 것으

로 밝혀졌다. 2000년도의 보고에 의하면, Gnutella 사용자의 약 70%가 파일은 공유하지 않았고 단지 콘텐츠만을 다운 받았다고 한다[21]. 이 문제에서 보면, 어느 누구도 자기 자신의 대역폭을 공유할 준비는 되어 있지 않고, 다른 사람들의 대역폭으로부터 공유를 원했으며, 따라서 P2P 네트워크는 클라이언트-서버 구조처럼 동작하기 시작하여, 클라이언트 피어의 수가 증가함에 따라 실패로 돌아갔다.

미래 연구에서, 이 문제를 해결해야 한다. 이 문제는 스트리밍 메커니즘에 참여하는 피어들에게 어떤 인센티브를 부여함으로써 해결될 수 있다. 인센티브는 어떤 경제적 모델들과 함께 사용될 수 있다.

## 6. P2P 기반 유비쿼터스 서비스

### 6.1 유비쿼터스 홈

다양한 개인 단말기(휴대폰, PDA, PMP, 자동차 텔레매틱스 단말, 센서 등) 보급이 가속화됨에 따라 홈내 서비스와 콘텐츠의 지역적 분산 및 동적 변화가 가속화되고 있다. 또한, 단말기의 고성능화에 따라 각 단말은 자원의 소비뿐만 아니라 제공이 가능해 지게 되고, 서버와 클라이언트의 역할을 겸하게 된다. 홈-대-홈에서도 개인형 서비스 및 콘텐츠 제공이 증가함에 따라 서비스와 콘텐츠를 용이하게 광고 및 검색하는 방법이 요구되고 있다. 이러한 상황에 대처하기 위하여 그림 9와 같이 맥내외에 분산된 개인기기 및 홈-대-홈 간 무단절 연결을 제공하는 가상 오버레이 네트워크를 구성하고, 그 네트워크 상에서 P2P 방식으로 단말기 간 자유로운 자원 공유 및 협업을 제공하는 유비쿼터스 홈 모델이 제시되고 있다[22].

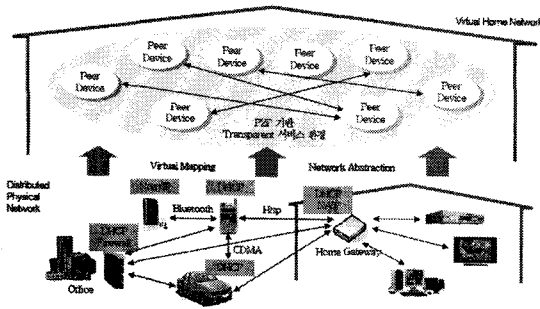


그림 9. P2P 기반 유비쿼터스 홈 개념도

### 6.2 P2P 엠-커머스(m-commerce)

사람들은 로컬 응용을 실행하고 인터넷을 액세스하기 위하여 PDA와 셀룰러 폰과 같은 장치를 사용하고 있다. 이동 단말기는 인터넷과 무선으로 연결할 수 있는 GSM, 802.11b, Bluetooth와 같은 몇몇 무선 기술을 사용할 수 있다. 선에 매여 있지 않는 무선 단말기의 사용은 언제, 어디서나 정보 액세스의 개념에 이르게 한다. 이 패러다임에서, 이동 단말기는 인터넷 접속을 제공하는 “액세스 포인트”에 무선 연결을 설립한다. 사람들이 미래에 간단히 웹 브라우징 보다 이동 단말기를 사용할 것으로 예상된다. Gnutella와 같은 인터넷 응용은 P2P 패러다임에 정보 공유의 개념을 도입하였다. 여기서 정보의 제공자 또는 소비자가 될 수 있는 관점에서 보면 인터넷 상의 누구나 동등하다. 대부분의 정보는 유선 인프라구조를 통하여 이동을 계속하기 때문에 이 모델을 무선 인프라구조로 확장하는 것은 간단하다. P2P 정보 공유 외에, 사람들은 자신의 이동 단말기를 사용하여 전자 상거래, 즉 엠-커머스를 할 것이다. 안전한 거래에 대한 대책은 엠-커머스 시스템에서 매우 중요한 구성요소이다. 기기들이 계산적으로 강력해지는 만큼, 웹상에서 매매하는 거래를 안전하게 수행하기 위하여 암호 알고리즘을 실행할 수 있다. 엠-커머스의 논리적 다음 단계는 P2P 엠-커

머스이다. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 P2P 엠-커머스를 가능하게 하기 위하여 언제, 어디서나 정보 액세스 모델을 갖는 P2P 정보 공유의 개념과 엠-커머스 패러다임을 결합한다[23]. P2P 엠-커머스 구조는 멀티미디어 상품 정보를 제공하는 커머스에 아주 적합하다. 그것은 스트리밍 비디오 또는 소프트웨어 임대 어플리케이션과 같은 다른 종류의 구매를 지원하기 위하여 확장될 수 있다.

### 7. 결 론

사람들은 로컬 응용을 실행하고 인터넷을 액세스하기 위하여 PDA와 셀룰러 폰과 같은 장치를 사용하고 있다. 이동 단말기는 인터넷과 무선으로 연결할 수 있는 GSM, 802.11b, Bluetooth와 같은 몇몇 무선 기술을 사용할 수 있다. 선에 매여 있지 않는 무선 단말기의 사용은 언제, 어디서나 정보 액세스의 개념에 이르게 한다. 이 패러다임에서, 이동 단말기는 인터넷 접속을 제공하는 “액세스 포인트”에 무선 연결을 설립한다. 사람들이 미래에 간단히 웹 브라우징 보다 이동 단말기를 사용할 것으로 예상된다. Gnutella와 같은 인터넷 응용은 P2P 패러다임에 정보 공유의 개념을 도입하였다. 여기서 정보의 제공자 또는 소비자가 될 수 있는 관점에서 보면 인터넷 상의 누구나 동등하다. 대부분의 정보는 유선 인프라구조를 통하여 이동을 계속하기 때문에 이 모델을 무선 인프라구조로 확장하는 것은 간단하다. P2P 정보 공유 외에, 사람들은 자신의 이동 단말기를 사용하여 전자 상거래, 즉 엠-커머스를 할 것이다. 안전한 거래에 대한 대책은 엠-커머스 시스템에서 매우 중요한 구성요소이다. 기기들이 계산적으로 강력해지는 만큼, 웹상에서 매매하는 거래를 안전하게 수행하기 위하여 암호 알고리즘을 실행할 수 있다. 엠-커머스의 논리적 다음 단계는 P2P 엠-커

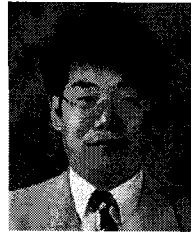
머스이다. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 P2P 엠-커머스를 가능하게 하기 위하여 언제, 어디서나 정보 액세스 모델을 갖는 P2P 정보 공유의 개념과 엠-커머스 패러다임을 결합한다[23]. P2P 엠-커머스 구조는 멀티미디어 상품 정보를 제공하는 커머스에 아주 적합하다. 그것은 스트리밍 비디오 또는 소프트웨어 임대 어플리케이션과 같은 다른 종류의 구매를 지원하기 위하여 확장될 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] Akamai, <http://www.akamai.com>.
- [2] Limelight <http://www.limelightnetworks.com>.
- [3] Kazaa <http://www.kazaa.com>.
- [4] eDonkey <http://www.edonkey.com>.
- [5] Bittorrent <http://www.bittorrent.com>.
- [6] V. N. Padmanabhan, H. J. Wang, P. A. Chou, "Resilient Peer-to-Peer Streaming," *IEEE ICNP 2003*, Atlanta, GA, USA, November 2003.
- [7] M. Mushtaq and T. Ahmes, "Adaptive packet video streaming over P2P Networks using Active Measurements," *11th IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC '06)*, pp. 423-428, 2006.
- [8] M. Zhou and J. Liu, "A Hybrid Overlay Network for Video-on-Demand," *IEEE International Conference on Communications (ICC'05)*, Seoul, Korea, May 2005.
- [9] X. Liao, H. Jin, Y. Liu, L. M. Ni, and D. Deng, "AnySee: Peer-to-Peer Live Streaming," *IEEE INFOCOM 2006*, Barcelona, Spain, April 2006.
- [10] X. Xu, Y. Wang, S. P. Panwar, and K. W. Ross, "A Peer-to-Peer Video-on-Demand System using Multiple Description Coding and Server Diversity," *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, Oct. 2004.
- [11] Y. Shen, Z. Liu, S. P. Panwar, K. W. Ross and Y. Wang, "Streaming Layered Encoded Video and Peers," *IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, July 2005.
- [12] J. Chakareski, S. Han and B. Girod, "Layered Coding vs. Multiple Description for Video Streaming over Multiple Paths," *Multimedia Systems*, Springer, online journal publication: Digital Object Identifier (DOI) 10.1007/s00530-004-0162-3, January 2005.
- [13] A. Vitali, M. Fumagalli, "Standard-compatible Multiple-Description Coding (MDC) and Layered Coding (LC) of Audio Video Streams," *Internet Draft - Network Working Group*, July 2005.
- [14] M. Hefeeda, A. Habib, B. Botev, D. Xu, B. Bhargava, "PROMISE: Peer-to-Peer Media Streaming Using CollectCast," *In Proc. of ACM Multimedia 2003*, pp. 45-54, Berkely, CA, November 2003.
- [15] S. Itaya, T. Enokido, M. Takizawa, A. Yamada, "A scalable multimedia streaming model Based-on multi-source streaming concept," *Proceedings of 11th International Conference on Parallel and Distributed System*, 2005.
- [16] D. A. Tran, K. A. Hua, T. Do, "ZIGZAG: An Efficient Peer-to-Peer Scheme for Media Streaming," *In Proceedings of IEEE INFOCOM 2003*, March, San Francisco, USA.
- [17] X. Zhang, J. Liu, B. Li and T-S. P. Yum, "CoolStreaming/DONet: A Data-driven Overlay Network for Live Media Streaming," *IEEE INFOCOM'05*, Miami, FL, USA, March 2005.
- [18] T. Do, K. A. Hua, M. Tantaoui, "P2VoD: Providing Fault-Tolerant Video-on-Demand Streaming in Peer-to-Peer Environment," *Proc. of the IEEE International Conference on Communication (ICC 2004)*, June 2004.
- [19] X. Jiamg, Y. Dong, D. Xu, B. Bhargava, "GnuStream: a P2P Media Streaming System Prototype," *IEEE International Conference on Multimedia and Expo Baltimore, MD*, July

2003.

- [20] R. Rejaie and A. Oretga, "PALS: Peer-to-Peer Adaptive Layered Streaming," *Proceedings of ACM NOSSDAV*, June 2003.
- [21] E. Adar and B. A. Huberman, "Free riding on gnutella." *Technical report, Xerox PARC*, Aug. 2000.
- [22] 박호진, 박광로, "P2P 기술 동향 및 홈네트워크 응용," *전자통신동향분석*, 제21권, 제5호, pp. 1-10, 2006.
- [23] S. Avancha, P. D'Souza, F. Perich, A. Joshi and Y. Yesha, "P2P M-Commerce in Pervasive Environments," *ACM SIGecom Exchanges*, Vol.3, No.4, pp. 1-9, Jan. 2003.



배 인 한

- 1984년 경남대학교 전자계산학과(공학사)
- 1986년 중앙대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)
- 1990년 중앙대학교 대학원 전자계산학과(공학박사)
- 1996년~1997년 Department of Computer Science and Engineering, The Ohio State University(Post-Doc)
- 2002년~2003년 Department of Computer Science, Old Dominion University (Visiting Professor)
- 1989년~현재 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수
- 관심분야 : 모바일 멀티미디어, 모바일 컨버전스, 모바일 컴퓨팅, 무선 인터넷 등



오 선 진

- 1981년 한양대학교 공과대학(공학사)
- 1987년 미국 Wayne State University 컴퓨터과학과(이학사)
- 1989년 미국 University of Detroit 컴퓨터과학과(이학석사)
- 1993년 Oklahoma State University 컴퓨터과학과(이학박사 수료)
- 1999년 대구효성가톨릭대학교 대학원 전자계산 전공(이학박사)
- 2005년 미국 American W University 컴퓨터과학과(공학박사)
- 1994년~2000년 선린대학교 컴퓨터정보학과 교수
- 2000년~현재 세명대학교 정보통신학부 교수
- 관심분야 : 모바일 멀티미디어, 모바일 컴퓨팅, 무선 인터넷 등