

An Optimal Resource Distribution Scheme for P2P Streaming Service over Centralized DU Environment in LTE

Yangjung Kim[†] · Ilyoung Chong^{**}

ABSTRACT

According to the development of streaming services with P2P and mobile network technologies, researches to enhance the service quality in mobile environment have been proposed. However, streaming services considering high-speed mobile environment and characteristics of heterogenous terminals have been hindered from being provided with the required quality from user because of bandwidth congestion between selfish peers of existing P2P system. It is also prone to long delay and loss in accordance with the repeated traffic amounts because there are no optimized solution for traffic localization. The structure to enhance peer contribution for service differentiation and peer selection with clustering scheme with location information of terminal can satisfy both users and service providers with service quality and efficiency. In this paper, we propose an incentive mechanism and resource distribution scheme with user contribution and traffic cost information based on user location, which make mobile users increase the satisfaction of service quality in LTE environments.

Keywords : Mobile P2P(Peer-to-Peer), Media Streaming, Cluster, Peer Selection, Resource Distribution

LTE에서 집중화된 DU 환경에서 P2P 스트리밍 서비스를 위한 최적의 자원 배분 방안

김 양 중[†] · 정 일 영^{**}

요 약

P2P를 이용한 스트리밍 서비스의 발달과 모바일 네트워크의 발달로 이동환경에서도 서비스 품질을 제공하려는 방안들이 제안되었다. 그럼에도 불구하고, 고속의 이동환경과 이기종 단말의 특성을 고려한 스트리밍 서비스들은 기존의 P2P가 갖는 이기적인 피어 문제로 인하여 피어 간 대역폭 정체가 발생됨에 따라 원하는 품질을 제공받지 못하는 고질적인 문제를 갖고 있다. 또한 피어간의 최적화된 트래픽 지역화 방안을 갖지 않음으로 트래픽 증가에 따른 긴 지연 및 손실을 초래하기 쉬운 구조이다. 따라서 피어의 기여도를 이끌어내고 인센티브를 부여함으로써 서비스 차등을 제공함은 물론, 단말의 위치 정보에 따른 클러스터링 기법에 따른 피어선택을 제공하는 구조는 이용자와 서비스 제공자, 모두에게 서비스 품질과 효율성 측면에서 만족을 줄 수 있다. 본 논문에서는 피어의 기여와 이용자 단말의 위치에 따른 비용이 적용된 피어 선택에 따른 최적의 자원 배분 기법을 제안하며 이를 이용한 방법이 LTE와 같은 환경에서 보다 적응적이고 이용자의 서비스 만족을 높일 수 있다.

키워드 : 모바일 P2P, 미디어 스트리밍, 클러스터, 피어 선택, 자원 배분

1. 서 론

점차 모바일 단말의 고성능 및 이동 네트워크 기술의 발달로, Netflix와 Youtube와 같은 스트리밍 서비스에 따른 트래픽이 폭발적으로 증가되고 있는 상황이다. 따라서 네트

워크는 이러한 스트리밍 트래픽 폭주로 인한 낭비가 초래될 뿐만 아니라, 빈번한 정체로 인해서 원하는 서비스 품질을 제공받지 못하고 있다. 특히나 이용자 환경이 이동 환경으로 전환되는 상황에서, 모바일 P2P를 이용한 스트리밍 서비스는 이용자 위치를 고려한 중복 트래픽의 부담을 없애고 피어들의 시스템에 대한 기여를 높임으로써 효율성을 극대화하고 안정적인 스트리밍 환경을 만들기 위한 기술의 도입이 절실히 요구된다. 하지만 여전히 P2P 기술을 이용함에 있어 이기적인 피어, 즉 자신의 자원을 공유하려 하지 않고 다운로드 받기만 하려는 특성을 가짐으로 시스템 내의 대역폭 정체로 인해 원하는 서비스 품질을 제공받지 못하는 문제점

※ 본 논문은 2013년도 한국외국어대학교 학술연구비 지원에 의해서 연구되었음.

† 준 회원: 한국외국어대학교 정보통신공학과 박사

** 종신회원: 한국외국어대학교 정보통신공학과 교수

논문접수: 2013년 11월 14일

수정일: 1차 2014년 1월 10일, 2차 2014년 2월 10일

심사완료: 2014년 2월 21일

* Corresponding Author: Ilyoung Chong(iychong@hufs.ac.kr)

을 갖는다. 이를 해결하기 위해, 시스템을 위한 자원의 기여를 이끌어내는 인센티브 기법을 통한 피어선택 방안을 제공으로 최적의 자원을 배분을 통한 서비스 차등을 이룰 수 있다. 또한 모바일 이용자의 이동성을 고려한 피어 위치기반의 피어 선택 방안은 또한 효율과 스트리밍 성능을 높이는 또 하나의 해결되어야 할 요소일 것이다. 모바일 환경에서 이용자는 계속적인 핸드오버 및 복잡한 피어링으로 서비스 품질을 제공하지 못함에 따라, 이용자의 Cell-ID 정보를 이용한 위치정보를 고려하여 트래픽을 지역화함으로써 중복되는 트래픽을 감소시킬 수 있다. 기존의 GPS나 TTL 또는 RTT를 이용한 방법을 P2P와 결합하여 이용하였지만, 집 또는 건물에 있을 때, 즉 indoor 상황에서는 정확도가 떨어지고, 위성과의 동기화에 따른 지연이 추가적으로 필요함으로 즉각적이고 정확한 Cell-ID 클러스터링 방법을 이용함으로써 더 좋은 성능을 갖는데 도움이 될 것이다. 특히나 LTE 환경에서 집중화된 DU(Data Unit)가 여러 개의 RU(Radio Unit)를 갖게 됨으로 여러 개의 셀 식별자를 하나의 클러스터(Cluster)로 단위로 트래픽의 지역화를 이룸으로써 불필요한 중복적 데이터를 없애고 바로 이용자가 속한 셀에서 최적의 피어링을 갖게 함으로 지연 및 손실이 적은 최적의 미디어 서비스를 제공받는 조건을 갖도록 한다.

본 논문에서는 피어의 기여도와 위치, 즉 MIDC (Mapping Information between DU and Cell-ID)를 이용한 클러스터링을 통한 피어 선택 방법과 이를 기반한 최적의 자원배분 방안을 제안하며 이를 이용하면 안정적인 스트리밍 서비스 품질을 향상을 도모할 수 있다. 이에, 2장에서는 관련된 연구를 설명하며, 3장은 본 논문에서 제안하는 시스템 구조 및 모델을 제시한다. 제안된 기법에 따른 실험 분석 및 평가는 4장에서 설명되며 끝으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

P2P 이용자는 자신의 자원을 쉽게 공유하지 않으려 하는 특성을 가짐으로 이를 해결하기 위해 여러 가지 인센티브 메커니즘을 적용하여 자발적인 자원 공유를 동기부여 함으로써 시스템 성능을 높이고 이로 인해, 서비스 만족을 높이는 방안을 제공한다. 이러한 인센티브 메커니즘을 이용한 피어 선택 방법은 기여도가 많은 이용자에겐 서비스 차등을 제공할 수 있으므로 요구된 품질을 갖게 함으로 P2P를 이용한 스트리밍 서비스를 위한 시스템 구축시 필히 고려되어야 할 사항이다. Ma et al[1].은 인센티브 메커니즘을 이용한 자원분배 메커니즘을 제안하였다. 피어의 기여도에 따라 입찰된 자원을 최적으로 할당하여 소스노드의 자원을 최대 효율을 유지하도록 한다. 인센티브와 효용을 함께 고려한 자원분배 메커니즘을 또한 게임 이론적으로 분석하여 피어와 소스노드 간의 전략적인 균형점이 존재함을 증명하였다. 인센티브 메커니즘을 이용함으로써, 기여가 있는 이용자는 원하는 대역폭을 유지할 수 있으므로 서비스 차등을 제공할 수 있음을 입증하였다.

위치 기반의 피어선택은 또한 이미 P2P 기반의 파일 공유 및 VoD 또는 미디어 스트리밍 서비스에서 효율성을 위해 요구되었다. 정확한 위치를 확인하기 위해서는 GPS 위

치정보 또는 기존의 피어와 피어까지의 홉 카운트, RTT와 같은 값을 이용하게 된다. 하지만 빈번한 이동성과 피어의 가입 또는 탈퇴는 시스템 전체의 성능을 저하시키는 요인으로 특히나 스트리밍 서비스에서는 당연히 해결되어야 할 사항이다. 따라서 스트리밍 품질을 유지하기 위해서는 ISP와의 협력이 또한 필요하다. ALTO (Application Layer Traffic Optimization)[2]는 IETF에서 정의된 트래픽 최적화 방안으로써, 기존의 P2P가 네트워크의 상황에 바로 대처하지 못함으로 성능이 떨어졌던 단점을 보완하여 ISP의 정보를 이용해 P2P를 성능을 높이는데 협력적 관계를 함으로 서버의 부담을 줄이고 백본에 범람하는 트래픽을 줄이도록 지역화시키는 방안에 관련한 표준을 정의하고 있다. 네트워크 정보를 기반으로 참고로 최적의 경로를 선택하게 된다. 또한 ALTO를 이용함으로써 Seamless Handover도 제공가능하게 되어 이로 인한 추가적인 다시 피어링에서 비롯되는 제어 메시지 오버헤드 또한 줄일 수 있는 장점을 갖는다. 파일의 위치정보는 트래커 서버가 수집 및 관리하며 랭킹정보를 제공한다. 이와 비슷한 구조를 갖는 P4P[3-4]는 최적화된 피어 선택을 하는 메커니즘을 갖고 있다. 따라서 ISP로부터 제공받은 피어 정보를 토대로 가장 최적의 피어링을 통해 안정적인 서비스 품질을 갖도록 협력한다. 따라서 ISP는 P4P 플랫폼을 통해 여러 P2P 시스템에 망정보를 제공하고 이에 따른 최적의 토폴로지를 유지하도록 협력하고 이에 ISP는 보다 망 효율과 정책을 세울 수 있게 되는 상호보완적인 관계를 유지하나 망정보를 제공함으로써 보안적 문제가 야기 될 수 있다.

3. 시스템 구조 및 모델

모바일 환경에서 피어는 서로 다른 피어들에게 여러 기지국을 통해 스트리밍 데이터를 전달하게 된다. 따라서 같은 데이터를 복잡한 메쉬 형태로 주고받는 현상이 발생됨으로 이에 최적화 메커니즘이 요구된다. 이를 위한 지역화 방안에서 결부된 클러스터링 기법은 이런 데이터의 중복을 줄이고, 피어링에 있어서 낭비되는 제어에 따른 복잡도를 줄임과 동시에 홉(Hop) 수를 줄임으로써 시스템 전체의 에너지 소비를 줄이는 효과를 얻게 된다. 또한 핸드오버와 일시적으로 신호가 감쇠하는 상황에서 캐시를 이용함으로써 보다 효율성과 서비스 만족을 높이는 효과를 갖는다.

3.1 시스템 구조

제안된 시스템 구조는 Fig. 1에서도 보듯이, 모바일 네트워크 서비스를 제공하는 ISP에 모바일 P2P 스트리밍 서비스를 위해 SGW(Serving Gateway)와 트래커 서버와의 연결 구조를 갖는다. 기존의 TTL/RTT와 GPS 방식에 따른 거리 추측방안에서는 이런 이동환경에서 유동적이기 때문에 그 당시에 좋은 품질의 예측할 수 있는 수치가 측정되더라도 빈번한 상황변화에 적응적인 서비스를 제공하는 데 어려움이 존재하며 트래픽 지역화를 이루지 못함으로 효율성을 떨어지는 단점이 있다. 본 논문에서는 이를 극복하기 위해서, 집중화된 DU는 여러 RU들로 구성되는 클러스터링을 이용함으로써 효율을 극대화하는 방안을 제안한다. DU는 Cell-ID

에 따른 매핑정보, 즉 MIDC를 이용해 피어 선택을 할 수 있도록 함으로 빈번한 핸드오버 및 내부(Indoor)에서도 넓은 영역을 관리하도록 하여 안정적이고 정확한 위치확인을 통해 지역화된 트래픽 전달을 통한 안정적인 스트리밍 서비스 환경을 제공하도록 한다.

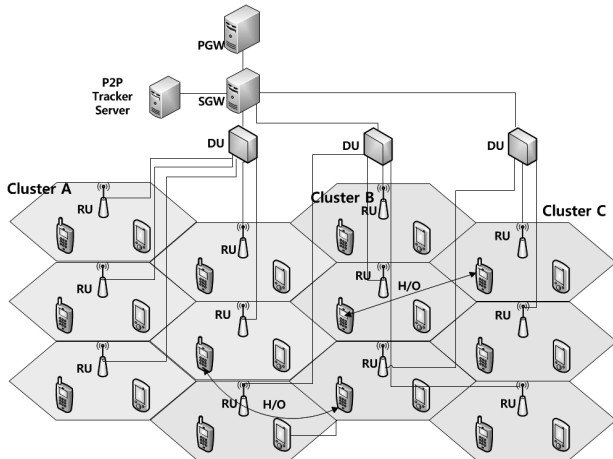


Fig. 1. Overall system architecture

이를 위한 피어 가입 및 핸드오버 시 P2P 트래커 서버와 절차는 다음과 같다. 먼저 Fig. 2는 피어 가입 시 간략한 절차를 보여준다. 이용자의 모바일 P2P를 이용한 스트리밍 서비스를 요구하면 이를 P2P 트래커 서버에 요청하고 MME(Mobility Management Entity)로부터 피어의 정확한 위치를 확인하고 이에 따라서 제안하는 메커니즘을 이용해 ISP의 MIDC를 따른 최적의 피어 선택을 한다. 이때, 제안하는 메커니즘은 기여도 및 클러스터링을 통한 비용의 최대 효율이 되도록 자원할당을 받을 수 있다.

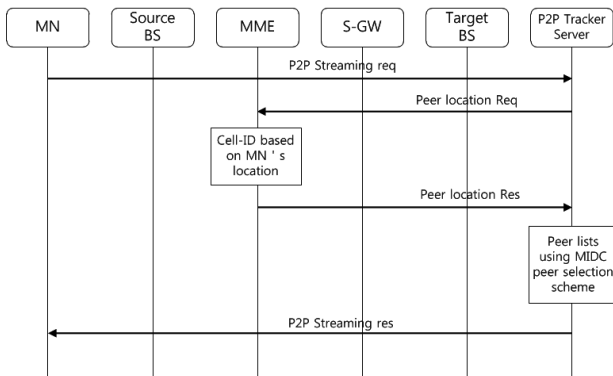


Fig. 2. Simple procedure for peer joining

만약 가입된 피어가 핸드오버를 할 경우, 피어가 같은 클러스터 내의 이동이라면 현재 위치에 대한 갱신 메시지를 보고하지 않고 내부적으로 이동이 가능하게 함으로 메시지 부하를 줄이도록 하며, 서로 다른 클러스터 내의 이동이라면 이에 대한 갱신메시지를 주고받아 정확한 위치에 따른 피어 선택이 되도록 협력한다.

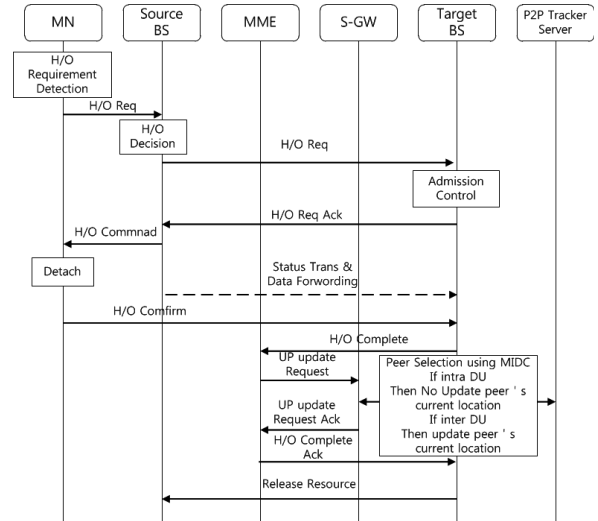


Fig. 3. Simple procedure for peer handover

3.2 제안하는 인센티브 방식

기존의 기여도 기반의 인센티브 방식에 추가적으로 위치 비용을 고려한 피어 선택은 모바일 P2P를 이용한 스트리밍 서비스에서 피어의 기여를 이끌어 냈으므로 자원 정체를 피하고 이로써 전체적인 시스템 성능을 향상시키는 효과뿐 아니라, MIDC를 이용한 클러스터링을 통해 트래픽을 지역화 함으로써 ISP와 P2P 이용자, 양쪽 모두에 효율을 증대할 수 있을 것이다.

새로운 스트리밍 서비스에 가입하려는 피어, 즉 경쟁 노드는 P2P 트래커 서버에 요구된 자원(b_i)과 기여도(C_i)값을 포함한 입찰 메시징인 $r_i = (b_i, C_i)$ 를 이용해 최적의 피어 선택한다. 이 입찰 메시지는 소스 노드로 전달되어 소스 노드의 공유된 자원 이상으로 경쟁 노드로부터 입찰을 받게 될 시, 기여도와 클러스터 내에서 트래픽을 받을 수 있는지에 따른 가용 비용으로 최대한게 효율을 되도록 자원을 배분하는데 이용된다. Fig. 4는 위치에 따른 MIDC를 이용해 클러스터 내부에서 협력적으로 스트리밍 트래픽을 받을 수 있는 비용과 외부에서 받을 비용으로 계산하여 클러스터 비용을 구하고 이를 다시 피어의 기여도 레벨에 따른 효율을 구해 원하는 소스노드에 입찰한다.

먼저 클러스터 가용 비용(CL_i)을 구할 수 있다. 가용 비용은 클러스터 내부에서 협력적 관계를 맺었는지와 클러스터 외부와의 피어링에 따른 트래픽 가용 비용을 나타내는 값의 합으로 계산한다.

$$CL_i = C_{in} + C_{out} \tag{1}$$

소스 노드의 자원을 최대한으로 활용하고 이에 P2P 스트리밍 서비스의 이용자에 차별화된 서비스를 제공하기 위해서 인

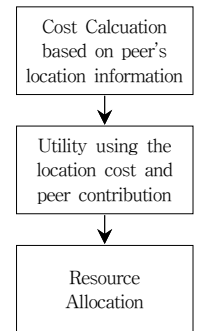


Fig. 4. Flow for resource distribution

센티브 방식은 효과적이라 할 수 있다. Ma et al[6].은 이러한 RBM 방식을 이용해 효용과 인센티브를 결합한 방안의 성능을 평가하였는데, 이에 인센티브가 없는 기본 효용함수는 다음과 같이 정의된다. x_i 는 소스 노드가 경쟁노드로부터 입찰된 자원 b_i 가 할당된 자원의 양으로 표현되며, 소스 노드는 시스템에 공유된 자원의 총량 W_s 를 갖는다. Ma et al.[6] 에서 제안된 효용함수는 다음과 같다.

$$U_i(x_i) = \log\left(\frac{x_i}{b_i} + 1\right) \quad (2)$$

$$s.t \ x_i \in [0, b_i] \ \forall i, \sum_{i=1}^N x_i < W_s$$

기본 효용함수에 클러스터 가용 비용과 피어의 기여도를 추가하고 이에 가중치 값 α 를 이용하면 다음과 같은 효용함수로 표현할 수 있다. 이 가중치는 피어의 기여도 및 클러스터 내 협력을 통한 트래픽 비용의 가중을 설정할 수 있으므로 시스템의 특성에 따라 정할 수 있다.

$$U_i(x_i) = C_i \log\left(\frac{x_i}{b_i} + 1\right) + CL_i \log\left(\frac{x_i}{b_i} + 1\right)$$

$$= \alpha C_i \log\left(\frac{x_i}{b_i} + 1\right) + (1-\alpha)CL_i \log\left(\frac{x_i}{b_i} + 1\right)$$

$$= (\alpha C_i + (1-\alpha)CL_i) \log\left(\frac{x_i}{b_i} + 1\right) \quad (3)$$

$$s.t \ \alpha \in [0, 1], x_i \in [0, b_i] \ \forall i, \sum_{i=1}^N x_i < W_s$$

결국 인지된 효용함수의 목적은 다음과 같이 한계효용을 만족하는 최적의 x_i 값을 찾는 것으로 표현된다.

$$\max (\alpha C_i + (1-\alpha)CL_i) \log\left(\frac{x_i}{b_i} + 1\right) \quad (4)$$

$$s.t \ \alpha \in [0, 1], x_i \in [0, b_i] \ \forall i, \sum_{i=1}^N x_i < W_s$$

최적해를 찾기 위해서 식(4)는 NP 문제를 갖게 됨으로 이를 최적화 문제로써 근사화할 필요가 있다. 이에 Lagrangian 방법[5]과 KKT(Karush - Kuhn - Tucker) 조건[6]을 이용해 최적해를 구할 수 있다.

$$L(x, \lambda) = \sum_{i=1}^N (\alpha C_i + CL_i(1-\alpha)) \log\left(\frac{x_i}{b_i} + 1\right) - \sum_{i=1}^N \lambda_i (x_i - b_i) - \lambda_0 \left(\sum_{i=1}^N x_i - W_s\right)$$

KKT 조건은 어떤 최적해 x^* 에 대해 다음과 같은 음이 아닌 Lagrangian 승수가 존재함을 요구한다.

$$\frac{\partial L}{\partial x_i} = \frac{C_i \alpha + CL_i(1-\alpha)}{x_i^* + b_i} - \lambda_i - \lambda_0 = 0 \text{ (or } \leq 0 \text{ if } x_i^* = 0)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_i} = x_i^* - b_i = 0 \text{ (or } \leq 0 \text{ if } \lambda_i = 0)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_0} = \sum_{i=1}^N x_i^* - W_s = 0 \text{ (or } \leq 0 \text{ if } \lambda_0 = 0)$$

경쟁노드들의 입찰대역폭이 소스노드의 공유자원보다 작을 경우는 경쟁노드의 요구된 자원을 모두 할당할 수 있으며 이런 조건에서 경쟁 노드 i 는 $x_i = b_i$ 로 할당 할 수 있다. 이때, KKT 조건에서 λ_0 는 0가 되어야 함으로 $i > 0$ 에서 $(C_i \alpha + CL_i(1-\alpha)) / (x_i^* + b_i)$ 을 갖는다. 만약 경쟁노드들의 입찰대역폭이 소스노드의 공유된 자원보다 크다면 $\sum_{i=1}^N x_i - W_s = 0$ 이기 위해서 모든 자원을 할당한 것과 같음으로 λ_0 는 음이 아닌 수가 되어야 한다. λ_0 를 $1/h$ 로 치환 후, KKT 조건에 대입하면 다음과 같다.

$$\frac{C_i \alpha + CL_i(1-\alpha)}{x_i^* + b_i} - \lambda_i = \frac{1}{h} \text{ (or } \leq \text{ if } x_i^* = 0)$$

$0 < x < b$ 와 $\lambda_i = 0$ 일 때, 모든 경쟁 노드들은 최종 자원레벨에 따른 분배 받을 수 있고, 즉 $(C_i \alpha + CL_i(1-\alpha)) / (x_i^* + b_i) = 1/h$, $x_i = 0$ 일 때, 노드 i 는 h 보다 큰 $b_i / (C_i \alpha + CL_i(1-\alpha))$ 이기에 자원을 할당 받을 수 없는 조건이 되며, 끝으로 $x_i = b_i$ 이고 $(C_i \alpha + CL_i(1-\alpha)) / (x_i^* + b_i) - 1/h = \lambda_i \geq 0$ 일 때 경쟁노드 i 의 $(x_i + b_i) / (C_i \alpha + CL_i(1-\alpha))$ 자원레벨은 최종 자원레벨 h 보다 작거나 같아야 하는 세 가지 조건을 만족하는 값을 최적해로 정할 수 있다.

이를 위해서 공유된 자원 (W_s)은 WF(Water Filling) 메커니즘을 이용해 분배할 자원의 수위를 입찰대역폭에 따른 각 경쟁노드의 기여도와 비용의 합으로 이뤄진 버킷을 물을 채우듯 최적의 자원을 분배할 수 있다. 즉 $1/h$ 은 수위를 나타내는 자원레벨을 나타내는 것으로 Fig. 5에서 보듯이, 각 경쟁노드는 하나의 너비와 높이를 입찰대역폭에 대한 기여도와 비용의 합으로 정하며, 각 입찰대역폭의 한계효용에 대한 자원을 채운 나머지는 다른 경쟁노드를 위해 분산시키기 위해 높이는 기본 높이의 두 배인 $2b_i / (C_i \alpha + CL_i(1-\alpha))$ 를 최대 높이로 한다. 결국 두 배된 높이에서 기본 $b_i / (C_i \alpha + CL_i(1-\alpha))$ 을 뺀 것이 실제로 소스노드에 할당된 x_i 값이다.

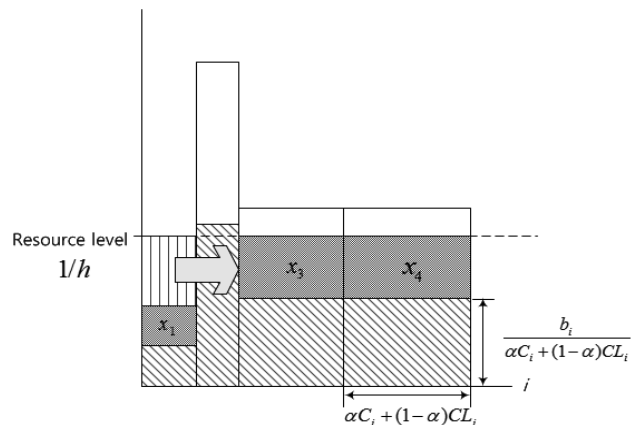


Fig 5. Resource distribution using WF method

Pseudo code for resource distribution

```

1:  $\vec{N}$ ; //경쟁노드를  $b_i/\psi_i$  값으로 내림차순으로 정렬
2:  $bw = W_s$ ;
3:  $fr = \alpha C_{i+}(1-\alpha)CL_i$ ; //initial filling rate
4:  $low = 2$ ;  $up = 1$ ; //초기 버킷 크기
5:  $\Delta = b_i/(\alpha C_{i+}(1-\alpha)CL_i)$ ; //초기 자원레벨 값(수위)
6: if( $\sum_{i=1}^N b_i \leq bw$ )
7:    $x = b$ ;
8: else {
9:   do {
10:    if
11:    ( $(\min\{2b_{up}/\psi_{up}, b_{low}/\psi_{low}\} - \Delta) * fr \geq bw$ )
12:       $\Delta += bw/fr$ ;
13:       $bw = 0$ ;
14:    else if ( $2b_{up}/\psi_{up} < b_{low}/\psi_{low}$ ) {
15:       $bw -= (2b_{up}/\psi_{up} - \Delta) * fr$ ;
16:       $\Delta = 2b_{up}/\psi_{up}$ ;
17:       $fr -= \psi_{up}$ ;  $up++$ ;
18:    else{
19:       $bw -= (b_{low}/\psi_{low} - \Delta) * fr$ ;
20:       $\Delta = b_{low}/\psi_{low}$ ;
21:       $fr -= \psi_{low}$ ;  $low++$ ;
22:    }
23:    while( $bw > 0$ )
24:  }
25: for  $i = 1$  to  $N$  {
26:    $x_i = \min\{\max\{0, (\Delta b_i/\psi_i)\psi_i, b_i\}$ ;
27:   return  $x_i$ ;
28: }
```

먼저 $b_i/(\alpha C_{i+}(1-\alpha)CL_i)$ 값에 따라 내림차순으로 경쟁노드를 정렬한다. 이렇게 하면, WF에 따른 물체우기가 가장 낮은 노드로부터 채울 수 있도록 하며, 만약 경쟁 노드의 요구된 대역폭의 합이 소스 노드의 공유자원량 보다 작다면 경쟁노드가 요구한 입찰대역폭을 그대로 할당한다(line 7). 그렇지 않을 때는, 최대 높이와 기본 높이를 서로 비교하면서 수위, 즉 자원레벨을 높이고 줄이면서 최적의 값을 구한다. 최초의 자원레벨은 내림차순으로 정렬된 첫 번째 경쟁노드의 비율 값으로 초기화된다(line 5). 만약 어느 경쟁노드의 최대높이가 다음의 경쟁노드의 기본높이 보다 작다면 자원레벨을 높이고(line 15) 그렇지 않다면, 자원레벨을 줄이는 과정(line 19)을 마지막 노드까지 진행하면 최적의 자원 레벨(Δ)을 구할 수 있다. 이에 따른 각 경쟁노드의 자원 할당 값인 x 얻게 된다(line 23-26).

4. 성능 평가

4.1 실험환경

제안된 인센티브 메커니즘을 이용한 피어 선택 기법을 갖는 시스템 모델을 실험하기 위해 NS2(ns2.26 버전)를 이용하여 실험하였다. 네트워크 토폴로지는 GT-ITM을 이용해 구성하였고, Gnutella를 응용해 메쉬기반의 P2P 스트리밍 세그먼트를 전달하도록 수정하였다. 실험을 위한 서버 성능은 CPU는 2.93GHz i7 870, 메모리는 8GB로 리눅스 커널기반으로 하여, 세 개의 DU에 각각 10개의 RUs로 구성되는 세 개의 클러스터로 구성되고 SGW와 연결된 P2P 트래커 서버를 통해 피어 선택을 위한 피어 리스트를 제공한다. 실험을 위한 스트리밍 미디어로는 CIF 포맷 형식의 'highway' 비디오이며 2000개의 프레임과 167MB의 크기를 갖는다. 버퍼는 60초며 연속적 재생을 위해 최소 20초로 설정하고 α 는 0.5으로써 공유된 자원은 랜덤으로 할당된다. 피어 갯수는 100, 200, 300, 400, 500, 600개로 클러스터를 적용되지 않고 기존의 랜덤방식을 통해 피어링 되었을 때와 제안하는 메커니즘이 적용된 기여도와 클러스터링을 통한 모델과의 비교를 한다.

실험을 위한 스트리밍 미디어로는 CIF 포맷 형식의 'highway' 비디오이며 2000개의 프레임과 167MB의 크기를 갖는다. 버퍼는 60초며 연속적 재생을 위해 최소 20초로 설정하고 α 는 0.5으로써 공유된 자원은 랜덤으로 할당된다. 피어 갯수는 100, 200, 300, 400, 500, 600개로 클러스터를 적용되지 않고 기존의 랜덤방식을 통해 피어링 되었을 때와 제안하는 메커니즘이 적용된 기여도와 클러스터링을 통한 모델과의 비교를 한다.

4.2 실험결과

기여도 레벨과 제안하는 클러스터에 따른 트래픽 지역화를 추가적 고려한 인센티브를 고려하지 않는 랜덤방식과 피어의 자원공유에 대한 기여도만 고려한 모델, 마지막으로 제안하는 인센티브 모두를 고려한 모델에 따른 세그먼트 지연도와 연속적으로 스트리밍을 재생할 수 있는지에 관련한 시나리오로 결과를 도출하였다.

Fig. 6은 각 모델에 따른 세그먼트들이 피어들에 따라 얼마나 지연되었는지를 보여준다. 랜덤 피어선택은 어떠한 인센티브를 제공하지 않은 피어선택 메커니즘을 가짐으로써 버로부터 추천받은 분산된 노드들을 통해 세그먼트를 제공받음으로 지연된 세그먼트, 즉 연속 재생을 위해 재생 위치에서 20초 이내의 세그먼트를 받지 못함으로 야기한 지연된

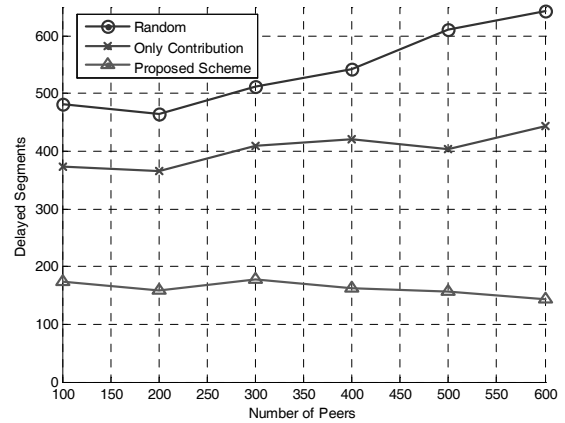


Fig. 6. Delayed Segments

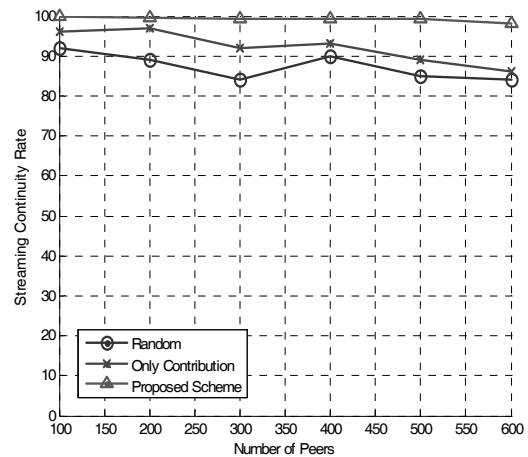


Fig. 7. Streaming continuity rate

세그먼트가 나머지 실험 모델보다 높았다. 또한 피어간의 자원 정체로 인해 빈번한 부모노드의 교체와 이로 인한 불안정으로 스트리밍 품질에 영향을 받을 수밖에 없는 구조이다. 자원을 시스템에 기여함으로 인센티브를 받는 모델에서는 피어 선택에 있어서 자원공유를 많이 한 피어에게 입찰된 대역폭을 최대효율로 할당해줌으로 어느 정도의 시스템 정체를 해소할 수 있었다. 제안하는 방안은 인센티브로써 기여도 레벨과 지역화에 따른 인센티브를 추가적으로 고려함으로 모바일 환경에서 더욱 안정적이고 스트리밍 품질을 보장할 수 있다고 볼 수 있다.

스트리밍 연속률은 스트리밍 세그먼트의 총 개수에 대해서 재생 마감 전에 도착한 세그먼트의 수의 비율을 나타낸 것으로 지역화에 따라 입점된 피어로부터 지연된 세그먼트를 신속히 전송받아 연속적 재생이 가능한지를 평가하였다. Fig. 7에서 확인할 수 있듯이, 각 실험모델의 스트리밍 연속율을 나타내는 그림으로써 지연된 세그먼트를 신속하게 전송받아 연속적으로 스트리밍을 재생되도록 할 때, 제안된 방식에서는 원하는 품질을 유지할 수 있었다.

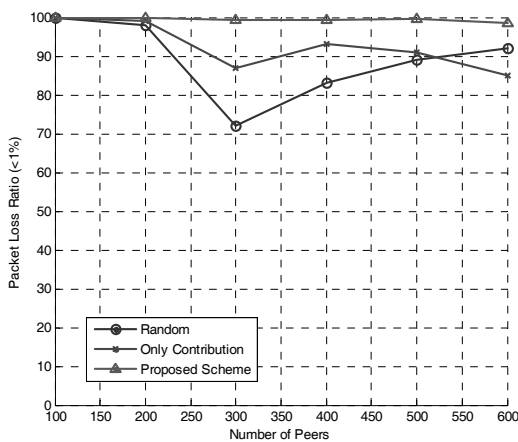


Fig. 8. Peers with packet loss ratio (<1%)

ITU-T의 G.1010[7]에 정의된 스트리밍 서비스의 만족을 위해서는 패킷손실률이 1% 미만을 요구하고 있다. 따라서 1% 미만의 패킷 손실을 갖는 피어들의 비율을 확인함으로써 제안된 방식이 다른 모델과의 스트리밍 품질이 향상되었다고 볼 수 있을 것이다. Fig. 8은 1% 미만의 패킷손실률을 갖는 피어의 비율을 비교한 그림으로써, 나머지 두 모델은 참여한 피어의 수에 상관없이 손실률의 변화가 급격한데 비해, 제안된 방식에서는 최소의 손실률로 안정적이고 우수한 품질을 제공하는 것으로 확인되었다. 결국 모바일 P2P에서 서비스 차등을 위한 인센티브는 설계시 반드시 고려될 사항이며 이에 클러스터를 이용한 트래픽 지역화를 통해 ISP와 모바일 P2P 이용자, 모두 보다 효율성을 높일 필요가 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 안정적인 스트리밍 서비스 품질의 향상을 위해 피어의 기여도와 위치, 즉 MIDC를 이용한 클러스터링

을 통한 피어 선택 방법을 제안하였다. 또한 랜덤 방식과 기여도 레벨만 고려한 피어선택 방안과의 비교를 통해 제안된 기법이 모바일 P2P 서비스 설계시 고려될 경우, 서비스 이용자뿐만 아니라 ISP에게도 적응적이고 또 효율적임을 보였다. 향후, 연구를 더욱 확장하여 ALTO와 P4P 기술 또한 트래픽을 지역화 기법과의 비교를 통해 제안하는 기법과의 성능분석을 할 것이다.

Reference

- [1] Richard T.B.Ma, Sam C.M.Lee, John C.S.Lui and David K.Y.Yau, "Incentive and Service Differentiation in P2P Networks: A Game Theoretic Approach" in IEEE/ACM Transaction on Networking, Vol.14. No.5, pp.978-991, 2006.
- [2] IETF Application-Layer Traffic Optimization (ALTO) Working Group. <http://www.ietf.org/html.charters/alto-charter.html>
- [3] Haiyong Xie, Arvind Krishnamurthy, Avi Silberschatz, Yang Richard Yang., "P4P: Explicit Communications for Cooperative Control Between P2P and Network Providers", May, 2007.
- [4] H.Xie, Y.R. Yang, A. Krishnamurthy, Y.G. Liu, and A. Silberschatz, "P4P, provider portal for applications", in Proc, ACM SIGCOMM, Aug., 2008.
- [5] D. P. Palomar and M. Chiang, "A tutorial on decomposition methods for network utility maximization," IEEE J. Sel. Areas Commun., Vol.24, No.8, pp.1439-1451, Aug., 2006.
- [6] S. Boyd and L. Vandenberghe, Convex Optimization. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- [7] G.1010, "End-user multimedia QoS categories", <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.1010-200111-I>



김 양 중

e-mail : zeroplus@hufs.ac.kr

2003년 한국외국대학교 정보통신공학과 (석사)

2014년 한국외국어대학교 정보통신공학과 (박사)

관심분야 : Home Network, Resource Control, Mobile P2P, Media Streaming 등



정 일 영

e-mail : iychong@hufs.ac.kr

1992년 Univ. of Massachusetts 전산학전공 (공학박사)

1996년~현 재 한국외국어대학교 정보통신공학과 교수

관심분야 : Service Overlay Network, Home Network, NGN, Web of Objects 등