

고품질 u-IPTV 서비스 제공을 위한 효율적 자원 할당 방안

김진솔

요약

본 논문은 언제 어디서나 원하는 고품질의 차세대 융합성 서비스를 방송·통신·인터넷이 융합된 품질보장형 u-IPTV 서비스 환경에서 안전하게 제공 받기 위해서 QoS/QoE를 고려한 효율적 자원 할당 방안에 관한 연구이다. 서비스 가입자별 서비스 요청에 대하여 최적의 수락 및 거절로서 이익(Reward)과 손실(loss)을 근거로 정의되는 모델인 GAIN을 정의하여 최대한의 이득을 가져올 수 있는 역치의 범위를 정하고, 이를 근거로 서비스 요청을 제어하였다. 성능 분석을 위하여 시스템을 M/M/n/n으로 모델링하여 다양한 환경에서 GAIN을 알아보고, 엔드 유저 측면에서 QoE 측정요소를 적용하여 제안된 알고리즘의 효과를 증명하였다.

An Efficient Resource Allocation Method for Providing High Quality u-IPTV Service

Kim Jinsul*

ABSTRACT

u-IPTV service is considered to be one of a few killer application with a fast growth. It is required high quality next generation convergence service through NGN to satisfy user's desires. In this paper, an efficient resource allocation method for providing high quality u-IPTV service is proposed which is based on M/M/n/n queue. The performance result has been verified by the blocking probability. The performance index being considered in the research takes both reward and loss of services in consideration which is called GAIN, defined as the average amount of received by the system. Finally, the experimental result is proved by comparison between blocking probability and QoE video factors.

Key Words : u-IPTV, resource allocation, blocking probability, QoE

* 나사렛대학교 멀티미디어학과

· 교신저자(Correspondent Author) : 김진솔

· 접수일(2010년 1월 7일), 수정일(1차 : 2010년 1월 27일), 게재확정일(2010년 2월 1일)

I. 서 론

유비쿼터스 IPTV (u-IPTV)란 IP 기반 유·무선 통합 네트워크 환경에서 시간과 공간의 제약을 받지 않고 다양한 단말을 통해 방송을 제공하고 소비할 수 있는 IPTV [1]로 정의할 수 있다. 따라서, 유무선의 다양한 접속환경에서 고품질의 음성, 데이터 및 방송이 융합된 광대역 멀티미디어 서비스[2][3]를 제공하는 것이 기본적인 목표이다. 더 나아가서는 u-IPTV 환경에서는 누구나 방송 콘텐츠를 언제 어디서나 생성, 전달, 배포, 소비할 수 있어야 한다. 하지만, 지금까지 유·무선 네트워크 기술, 디지털 영상 처리 기술, 단말 기술 등이 서로 상이하여 서비스나 기술을 적용하는데 많은 제약이 있는 것이 현실이다.

고품질 u-IPTV서비스를 제공하기 위해서 차세대 네트워크 NGN(Next Generation Network)에서는 전송되어야 할 데이터의 양과 특정한 다수의 수신 그룹 등과 같은 서비스 특성에 따른 제약사항으로 많은 대역폭을 소모하게 된다. 따라서 이와 같은 서비스를 위하여 제한된 자원을 효과적으로 사용할 수 있는 멀티캐스트 기술이 사용된다. 멀티캐스트 기술을 사용하는 어플리케이션으로 현재 IPTV나 파일 분배 서비스를 살펴보면, 서비스를 원하는 사용자는 일정한 절차를 통해 서비스 그룹에 가입을 하게 되고 이러한 가입자 정보를 바탕으로 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 [4]-[7]을 사용하여 서비스 제공자는 멀티캐스트 트리를 생성하여 가입자를 관리하게 된다.

본 논문에서는 u-IPTV서비스로 언제 어디서나 고객이 원하는 서비스를 받기 위하여 서비스 가입자별 서비스 요청에 대하여 최적의 대역폭 수락 및 거절함에 따른 이익(Reward)과 손실(Penalty)을 근거로 정의되는 모델인 GAIN을 정의하였으며 성능 분석을 위하여 시스템을 M/M/n/n으로 모델링하여 다양한 환경에서 GAIN을 알아보고, 엔드 유저 측면에서 QoE 측정요소를 예측하여 제안된 알고리즘의 효과를 증명

하였다.

논문은 다음과 같이 구성된다. 2절에서는 u-IPTV 멀티캐스트 서비스에 QoS를 제공하기 위한 수단으로써 연결 수락 제어 방안에 대하여 기존의 제안된 방법을 알아보고, 시스템의 모델과 시스템 이익(GAIN)을 정의한다. 3절에서는 이를 바탕으로 엔드 유저 측면에서 QoE 측정요소를 예측하여 제안된 알고리즘의 효과를 증명하였다. 4절에서는 결론을 맺는다.

II. QoS 보장형 시스템

현재 멀티미디어 스트리밍 서비스를 위해 제안된 연결 수락 제어 방법으로 시스템의 상태가 서비스를 요구하는 고객의 QoS를 만족시키는 여부에 따라서 연결을 제어하는 방안[8]-[11]이 있는데, 이는 크게 '결정적(deterministic)'과 '최선적(best-effort)', 두 가지로 구분된다. 결정적 연결 수락 제어 방안으로써 [9]은 VoD 서버에서 기존의 서비스 사용자들의 QoS 등급에 영향을 주지 않으면서 새로운 연결 요청을 수락하는 방안에 대하여 정해진 지연 한계를 두어 이를 기반으로 연결 수락을 제어하는 방안을 제안하였고, [10]은 절대적인 QoS를 제공하기 위하여 서비스 요청을 최악의 지연 시간을 바탕으로 제한하는 엄격한 연결 수락 제어 방안에 대하여 연구하였다.

지금까지 언급된 두 가지 연결 수락 제어 방안은 QoS 요구사항을 만족시키면서 보다 많은 서비스 요청을 수락하는데 그 초점을 맞추고 있으나, 차세대 u-IPTV서비스에서 사용자가 처한 다양한 환경에서 발생할 수 있는 현상 중에 한 가지로 하나의 서비스에 대하여 서로 다른 순위를 가질 수 있다는 사실을 고려하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 하나의 서비스에 대하여 서로 다른 요구사항을 가지는 사용자가 있다고 가정하고, 연결 수락을 제어함으로써 사용자들의 QoS[12]-[15] 요구사항을 만족함과 동시에 시스템 입

장에서도 최대한의 이익을 추구할 수 있는 '이익 최적화'를 수행할 수 있는 연결 수락 제어 방안을 제안한다.

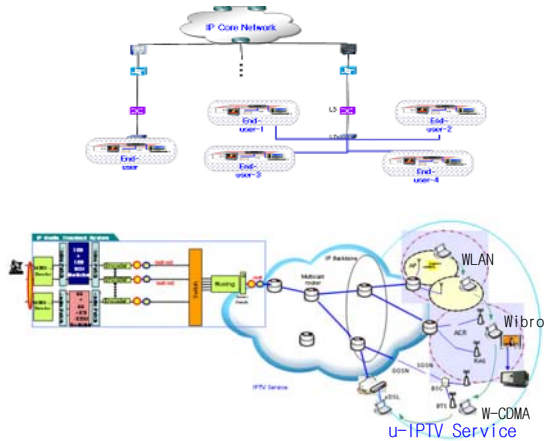


그림 1. u-IPTV 서비스 시나리오
Fig. 1. u-IPTV Service Scenario

본 논문에서는 그림 1과 같이 NGN 코어 망과 다양한 액세스 포인트에서 하나의 서비스를 특정한 다수의 사용자들이 이용하는 멀티캐스트 시나리오로서, 서비스를 제공하는 사업자는 망의 인출단까지 충분한 자원이 있다는 가정 하에 보장된 전송을 하고, 인출단의 시스템에서 사용자의 서비스 요청에 대하여 연결 수락 제어를 관리하는 네트워크 구성을 이루고 있다. 인출단에서 다수의 멀티캐스트 서비스 수신자와 직접적인 협상을 통하여 서비스 요청에 대한 수락 여부를 결정하게 된다. 멀티캐스트 기술은 하나의 서비스를 특정한 다수의 사용자에게 효과적으로 전달할 수 있는 전송 기술로써 방송이나 VoD 같은 멀티미디어 트래픽을 위하여 주로 사용된다. 서비스의 특성을 구분하기 위하여 시간과 같은 QoS 제약 사항에 따라서 본 논문에서는 다음과 같이 구분하였다.

첫 번째로 서비스의 특성상 시간 제약 사항을 강하게 요구하는 u-IPTV 같은 실시간 서비스로서 일정한 수준의 QoS가 보장되지 않으면 망에서의 데이터 손실이나 전달 지연으로 인하여 품질의 저하가 발생하여

서비스 가입자 측면에서 QoE를 만족하지 못할 수 있다. 이러한 종류의 서비스를 Absolute QoS Service라 하며, 오직 Guaranteed Service (GS) 요청만이 시스템에서 수락 제어의 대상이 된다.

두 번째로는 데이터 분배 서비스같이 시간 제약사항이 덜한 서비스로 Tolerant QoS Service라 하며, 망 상태나 종류, 사용자의 선택에 따라서 GS 요청만이 아니라 Premium Service (PS) 혹은 Best Effort Service (BES) 요청도 수락 제어의 대상이 될 수 있다. 만약 사용자가 GS로 요청을 한 경우, 시스템의 처리 능력에 따라서 이를 지원하지 못 하는 경우 PS나 BES로 서비스 품질을 한 단계 혹은 두 단계 낮춰서 제공하게 된다.

본 논문에서는 Tolerant QoS Service 측면에서 다루며 먼저 연결 수락 제어를 담당하는 인출단의 시스템은 N의 용량을 가지고 있다고 가정한다. N은 시스템이 수용할 수 있는 멀티캐스트 서비스 사용자의 최대 개수로서, 사용자 한 명은 하나의 용량으로 처리된다. 즉, 각각의 서비스 GS, PS 그리고 BES 요청을 수용할 수 있는 용량을 그림 2와 같이 n_{GS} , n_{PS} , n_{BES} 로 표현된다. ($n_{GS} + n_{PS} + n_{BES} = N$, Absolute QoS Service의 경우에는 $n_{GS} = N$ 이다.)

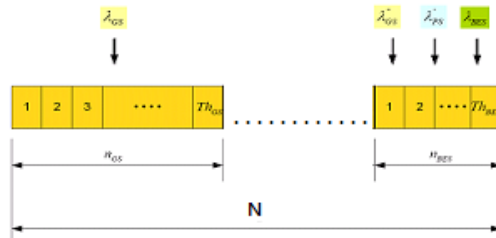


그림 2. Tolerant QoS Service를 위한 모델
Fig. 2. Model for Tolerant QoS Service

연결 수락 제어를 담당하는 시스템에서 서로 다른 등급의 서비스 요청에 대하여 이를 수락하는 경우 어느 정도의 이익(Reward)을 보며, 처리 능력의 한계로

인하여 거절을 하는 경우 어느 정도의 손실(Loss)을 가져오는 지를 나타낼 수 있는 정량적 지표가 필요하다. 예를 들어 두 가지 등급의 서비스 A, B가 있을 때, A(B) 서비스 요청을 수락하면 시스템은 하나의 요청을 처리할 때마다 R_A (R_B)의 이익을 얻고, 거절하면 L_A (L_B)의 손실이 있다고 가정하자. 또, 어떠한 연결 수락 제어 방법에 의하여 단위 시간당 각각 N_A 와 N_B 의 요청이 성공적으로 수락되어 처리되고, M_A 와 M_B 의 요청이 거절될 때, 이때의 단위 시간당 시스템이 서비스 요청을 처리함으로써 얻게 되는 이득, 즉 시스템 pay-off rate[12]은 다음과 같이 나타내고, 시스템 GAIN으로 정의한다.

$$N_A R_A + N_B R_B - M_A L_A - M_B L_B \quad (1)$$

BES의 이익과 손실의 정량 값을 기준 (1로 정의)으로 제한된 시스템 용량에서 GS 혹은 PS 요청을 수락 및 거절에 따른 결과를 이익과 손실의 파라미터로 표현되는 시스템 pay-off rate, GAIN을 정의하고, 이를 기반으로 GAIN을 최대로 할 수 있는 역치 값을 찾아내어 이를 이용하여 연결 수락을 제어한다.

서비스 등급에 따라서 크게 3 부분, GS, PS 그리고 BES 부분으로 나뉜다. 각 부분은 각각 최대로 처리할 수 있는 요청의 최대 개수를 역치로 정의한다. GS 부분은 오직 GS 요청만이 제한된 범위 안에서 수락 및 제어가 되는 반면, PS 부분은 본래의 PS 요청뿐 만 아니라 GS 부분에서 거절된 GS 요청도 수락 및 제어의 대상이 된다. 즉, 상위 등급 서비스 요청이 제한된 처리 용량으로 인하여 거절된 경우에는 한 단계 아래 등급의 서비스 요청으로 이루어진다.

시스템의 전체 GAIN을 계산하기 위해서 먼저 GS, PS 그리고 BES 부분의 GAIN을 알아보자. 이 때 상위 등급의 서비스가 거절되는 경우, 하위 등급의 서비스

요청으로 입력되므로 GS와 PS부분에 있어서 손실 확률은 고려되지 않는다. 따라서 GS의 GAIN은 다음과 같다. i 는 클라이언트의 요청, λ 는 도착률, μ 는 서비스를, R_{GS} 는 GS 클라이언트 시스템이 성공적으로 서비스할 때 이익, n_{GS} 는 GS의 예약된 슬롯의 수를 나타낸다.

$$GAIN(n_{GS}) = \sum_{i=1}^{n_{GS}} i\mu \times R_{GS} \times \frac{\rho_{GS}^i}{\sum_{j=0}^{n_{GS}} \rho_{GS}^j / j!} \quad (2)$$

where $\rho_{GS} = \lambda_{GS} / \mu$

PS의 GAIN은 다음과 같이 표현된다.

$$GAIN(n_{PS}) = \sum_{i=1}^{n_{PS}} i\mu \times R_{PS} \times \frac{\rho_{PS}^i}{\sum_{j=0}^{n_{PS}} \rho_{PS}^j / j!} \quad (3)$$

where $\rho_{PS} = (\lambda'_{GS} + \lambda_{PS}) / \mu$

BES 부분의 경우, 서비스 요청의 입력은 3가지로 구성된다. 본래의 BES 요청과 PS에서 처리 능력의 한계로 인하여 서비스 등급이 한 단계 낮아진 PS 요청, 그리고 같은 이유로 GS와 PS에서 모두 거절되어 서비스 등급을 두 단계 낮춘 GS 요청이 있다. 이러한 세 가지 입력은 모두 동등한 우선순위를 가지고 First Come First Serve (FCFS) 정책을 따르기 때문에 본 시스템은 서비스 요청이 $\lambda''_{GS} + \lambda'_{PS} + \lambda_{BES}$ 이고, 처리률이 $i\mu$ 인 M/M/ n_{GS} / n_{GS} 로 모델링된다. 그리고 손실 확률을 위해서는 전체에서 각 등급에 해당하는 거절에 대한 손실 값에 가중치를 두어서 평균적인 손실 값을 계산하면 BES의 GAIN은 다음과 같다.

$$GAIN(n_{BES}) = \sum_{i=1}^{n_{BES}} i \mu \times R_{BES} \times \frac{\rho_{BES}^i}{\sum_{j=0}^{n_{BES}} \rho_{BES}^j j!} -$$

$$(L_{GS} \times \lambda_{GS} + L_{PS} \times \lambda_{PS} + L_{BES} \times \lambda_{BES}) \times \frac{\rho_{BES}^{n_{BES}}}{\sum_{j=0}^{n_{BES}} \rho_{BES}^j j!} \quad (4)$$

where $\rho_{BES} = (\lambda_{GS} + \lambda_{PS} + \lambda_{BES}) / \mu$

III. QoE 예측 모델과 성능 분석

표 1은 그림 3의 세션 증가에 따른 Blocking 확률에 따라 사용자에게 제공되는 콘텐츠를 QoE[16] 요소 block distortion, blurring, and jerkiness 측정값과 주관적 영상품질 VMOS 값을 보여주고 있다. MPEG2 HD급 (Resolution: 1920*1080)을 동적 영상 콘텐츠를 사용하였다. 영상품질 역시 Blocking 확률의 증가에 따라 저하됨을 알 수 있다.

표. 1 QoE 요소 측정치
Table 1. QoE Factor Measurement Values

N	VMOS	Blur	Block	Jerkiness
50	3.23	3.23	2.91	5.0
30	1.21	3.47	2.24	1.0
10	1.05	3.52	10.97	1.0

제안된 역치 기반의 연결 수락 제어 알고리즘을 이용했을 때의 시스템 GAIN과 역치를 설정하지 않고 FCFS 정책에 의하여 연결 수락 제어를 했을 때의 시스템 GAIN을 비교함으로써 제안된 알고리즘의 성능을 평가하였다. GS 부분에 있어서 시스템이 처리할 수 있는 새로운 멀티캐스트 세션이 증가함에 따른 Blocking 확률을 보여준다(그림3).

결과적으로 인출단의 시스템에서 처리할 수 있는 세션의 수가 증가할수록 Blocking 확률은 감소함을 알 수 있다.

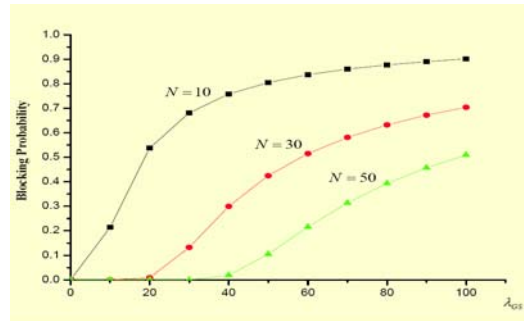


그림3. 요청 증가에 따른 Blocking Probability
Fig. 3. Blocking Probability for Request Increasing

IV. 결론

본 논문에서는 고품질 u-IPTV서비스의 제공을 위한 서비스 제공 시스템에서 서비스 요청을 처리하기 위하여 다양한 망에서의 N 용량을 가지고 있다고 가정하여 Tolerant QoS는 GS, PS 그리고 BES 요청을 수락할 수 있는 상황에서 각각의 요청에 대하여 수락과 거절에 따른 대역폭 할당 값을 정하여 이를 근거로 u-IPTV 시스템 이익인 GAIN을 정의하였다. 또한 엔드 유저 측면에서 QoE 요소를 Blocking 확률과 비교하여 본 논문에서 제안한 방안을 적용 시 많은 이익을 얻을 수 있음을 증명하였다. 향후에는 이기종 망 간에 핸드오버 시에 이기종 단말 간에 발생할 수 있는 품질에 관한 연구로 발전하여 진행할 예정이다.

감사의 글

본 논문은 2009년도 나사렛대학교 학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] Jinsul Kim, Won Ryu, and Minsoo Hahn, "Heterogeneous Terminals-Aware Viewer Centric Specific Scenes Extracting Scheme for Personal Broadcasting IP-TV Service", Proc. of IEEE-CCNC2008, pp.1234-1235, January 2008.
- [2] 장길수, "BcN 사업의 추진동향 및 제도 정비 방향", 전자정보센터(IEIC), 2004.
- [3] 류원욱, 조기성, "융합화와 통·방 융합 서비스 동향", 주간기술동향통권 1301호, 2007.
- [4] D. Waitzman, C. Partridge and S.Deering, "Distance Vector Multicast Routing Protocol", RFC 1075, Nov. 1988.
- [5] T. Maufer and C.Semeria, "introduction to IP Multicast Routing", draft-ietf-mboned-intro-multicast-03.txt, Jul. 1997.
- [6] T. Ballardie, P. Francis and J. Crowcroft, "Core-Based Trees (CBT): An Architecture for Scalable interdomain Multicast Routing", Proc. ACM SIGCOMM, 1993.
- [7] D. Zappala, "Alternate path routing for multicast", Proc. IEEE INFOCOM, vol 3, Mar. 2007.
- [8] Chang, E., and Zakhor, A. "Cost analysis for VBR video servers", IEEE Multimedia, Vol. 3, 1996.
- [9] Rangan, P. V., Vin,H. M. and Ramanathan, S. "Designing an on-demand multimedia service", IEEE Communications, Vol 30, 1992.
- [10] Ramanathan, S.,Rangan, P. V. "Architecture for personalized multimedia", IEEE Multimedia, Vol. 1, 1994.
- [11] Vin, H. M., Goyal, P. "Algorithm for designing multimedia servers", Computer Communications, Vol. 18, 1995.
- [12] S. T. Cheng, C. M. Chen and I. R. Chen, "Performance evaluation of an admission control algorithm: dynamic threshold with negotiation", Performance Evaluation 52, 2008.
- [13] Jinsul Kim, Tae-Won Um, Won Ryu, Byung Sun Lee, and Minsoo Hahn, "Heterogeneous Networks & Terminals-Aware QoS/QoE-Guaranteed Mobile IPTV Service", IEEE Communication Magazine, Vol.46, No.5, pp.110-117, May 2008.
- [14] Jinsul Kim, "Smart SoftPhone Device for the Networked Audio-Visual QoS/QoE Parameters Discovery and Measurement", book chapter, "Advances in Human-Computer Interaction," I-Tech Education and Publishing, Vienna, Austria, EU, Oct. 2008.
- [15] A framework for QoS metrics and measurements supporting IPTV services, ATIS-0800004, Nov. 2006
- [16] Jinsul Kim, Hyun-Woo Lee, Won Ryu, and Minsoo Hahn, "An efficient QoE Support Video Quality Measurement Scheme over IP Network for IP-Media Services", Proc. of IEEE-NEXT 2007, pp.682-685, Oct. 2007.
- [17] 양진영 외, "아이폰과 아이패드기 기반의 웹브라우저 콘텐츠 정보서비스 설계", 한국지식정보기술학회 논문지, 제4권 제2호, pp.27-33, 2009.



김진술(Kim Jinsul)

2001년 : Computer Science (BSCS),
University of Utah, USA

2005년 : 한국과학기술원 정보통신공
학과 디지털미디어전공 (공학석사)

2008년 : 한국과학기술원 정보통신공
학과 디지털미디어전공 (공학박사)

2005년 ~ 2009년: ETRI 한국전자통신연구원

2009년 ~ 현재: 한국나사렛대학교 멀티미디어학과 교수
※ 관심분야 : 디지털 미디어처리, 방송·통신 융합미디
어처리, 유비쿼터스 컴퓨팅, 휴먼-컴퓨터 인터랙션,
소프트웨어공학 등