

통신망에서의 동적 과금 기반의 호수락 제어 알고리즘

*공성룡, 이장원

연세대학교 전기전자공학부 통신망연구실

e-mail : slgong@yonsei.ac.kr, jangwon@yonsei.ac.kr

Call Admission Control Algorithm Based on Dynamic-Price in Communication Networks

*Seong-Lyong Gong, Jang-Won Lee

School of Electrical and Electronic Engineering
at Yonsei University

Abstract

In this paper, we study a dynamic price-based call admission control algorithm for communication networks. When a call arrives at the network, the network calculates the price for the call such that its expected revenue is maximized. The optimal price is dynamically adjusted based on some information of the call, and the congestion level of the network. If the call accept the price, it is admitted. Otherwise, it is rejected. Simulation results show that our dynamic pricing algorithm provides higher call admission ratio and lower price than the static algorithm [1][2], even though they provide almost the same revenue.

I. 서론

일반적으로 공공재로 인식이 되어온 통신망에 있어서 제어에 대한 연구의 대부분은 고성능의 달성에 관심을 두었다. 그러나 통신망 환경의 변화로 효율적인 과금이 요구되고 이를 여러 통신망 제어 알고리즘에 적용하려는 시도가 활발하다. 본 논문에서는 이 중 과금을 이용한 호수락 제어 알고리즘에 대한 연구를 수행한다. 이에 대한 연구는 Courcoubetis와 Reiman[1]

그리고 Paschalidis와 Tsitsiklis [2]의 연구가 대표적인데 이 논문들에서의 알고리즘은 정적 과금에 기반을 둔 알고리즘들이다. 본 논문에서는 동적 과금에 기반을 둔 알고리즘을 제안할 것이다. 그리고 정적 알고리즘과의 성능 비교를 통해 제안된 동적 알고리즘이 정적 알고리즘에 비해 더 좋은 특성을 갖는 것을 보일 것이다.

II. 본론

본 논문에서는 C 개의 회선을 보유한 통신망의 단일 병목 링크에 초점을 맞춘다. K 개의 서로 다른 클래스의 호가 있으며 클래스 k 의 호는 파라미터 λ_k 를 가지는 Poisson 프로세스에 따라 발생하는 것으로 가정한다. 클래스 k 내의 각각의 호는 평균 값 $1/\mu_k$ 의 지수적 분포를 보이는 예약 시간과, 확률 분포 $D(w)$ 에 따라 분포된 호에 대한 단위 시간, 단위 회선당 지불 의향치 w 를 가진다. 클래스 k 에 속하는 호는 망으로부터 y_k 개의 회선을 요청하고, 요청 시점에 준해 망으로부터 단위 시간당 한 회선에 대한 단위 과금을 제안 받게 된다. 만약 제안된 단위 과금이 호의 지불 의향치보다 낮다면 클래스 k 의 도착한 호는 가격을 받아들이고 예약시간 동안 y_k 회선을 할당받아 연결된다. 하지만 제안된 단위 과금이 호의 지불 의향치보다 높으면 호는 연결되지 못한다. 호는 연결이 수락되면 예약 시간 동안 정해진 단위 가격을 지불하게 된다.

단위 과금은 망에 의해 그 revenue가 최대화되도록 정해지며 통신망은 최적 단위 과금을 계산하기 위해, 호의 지불의향치의 확률 분포, 호가 망에 제공하는 요청 회선 수와 예약 시간의 정보를 고려한다. 통신망은 예약 시간동안 추정되는 미래와 현재의 정제 정도를 이용하여 revenue가 최대화 되도록 과금을 결정하게 된다. 과금을 결정하는 과정은 다음과 같다. 먼저 각 t_0 에 클래스 k 의 호가 예약시간 T 를 갖고 도착을 한 상황에서 시간 망에서 제안하는 과금이 x 일 때 호가 이를 거절하는 경우를 고려한다. 이 때 망에 있는 각 클래스의 호의 수를 원소로 갖는 벡터를 상태 벡터로 갖는 Continuous Time Markov Chain을 모형화할 수 있으며 시각 t 에 망의 상태가 W 일 확률 $P_W(t, x)$ 을 계산할 수가 있다. 이를 이용하여 시간 t 에서의 기대 revenue를 다음과 같이 구할 수가 있다.

$$E[R_{reject}(t, x)] = \sum_W x Y^T W P_W(t, x).$$

여기에서 Y 는 각 클래스 k 의 요청 회선수로 구성된 벡터이다. 따라서 도착한 호의 예약시간 $(t_0, t_0 + T)$ 동안의 기대 revenue를 다음과 같이 구할 수가 있다.

$$E[R_{reject}(x)] = \int_{t_0}^{t_0+T} E[R_{reject}(t, x)] dt.$$

이와 비슷한 방법으로 과금 x 를 호가 받아들이는 경우에 대해서도 시간 t 에서의 기대 revenue와 예약시간 동안의 기대 revenue를 다음과 같이 구할 수가 있다.

$$E[R_{accept}(t, x)] = \sum_W x Y^T W P_W(t, x) + y_k x,$$

$$E[R_{accept}(x)] = \int_{t_0}^{t_0+T} E[R_{accept}(t, x)] dt.$$

따라서 기대 revenue와 이를 최대화 하는 최적 과금은 다음과 같이 각각 구할 수가 있다.

$$E[R(x)] = E[R_{reject}(x)]D(x) + E[R_{accept}(x)](1-D(x)),$$

$$x^* = \underset{x}{\operatorname{argmax}} \{E[R(x)]\}.$$

III. 성능분석

본 절에서는 본 논문에서 제안된 동적 과금 알고리즘의 성능을 정적 과금 알고리즘 [1],[2]과 표 1에 주어진 여러 경우에 대해 두 알고리즘을 비교를 한다. 두 개의 클래스가 존재한다고 가정을 하였으며 단위 시간당 평균 revenue R 뿐 아니라 각 클래스의 호수락률 RAP_i 와 평균 단위 과금 P_i , 평균 제안 단위 과금 x_i , 수락된 호의 평균 단위 과금 x_i^a 을 표 2와 3에서 비교를 하였다. 두 알고리즘은 거의 같은 revenue와 보이지만 수락률에서 동적 알고리즘이 더 높은 값을 보이는

Case	C	λ_1	$1/\mu_1$	y_1	λ_2	$1/\mu_2$	y_2
Case 1	20	0.3	20	4	0.3	20	2
Case 2	20	0.3	30	4	0.3	15	2
Case 3	20	0.3	15	4	0.6	30	2
Case 4	20	0.6	15	4	0.3	15	2
Case 5	20	0.2	20	4	0.2	20	2
Case 6	20	0.2	30	4	0.2	15	2
Case 7	20	0.2	15	4	0.4	30	2
Case 8	20	0.4	15	4	0.2	15	2

표 1. 성능비교를 위해 사용된 파라미터

Case	R	RAP_1	RAP_2	x_1	x_2	x_1^a	x_2^a
Case 1	7.49	0.34	0.39	0.59	0.58	0.58	0.58
Case 2	8.46	0.30	0.37	0.61	0.58	0.60	0.57
Case 3	9.59	0.27	0.31	0.61	0.64	0.60	0.63
Case 4	8.22	0.31	0.35	0.61	0.61	0.60	0.60
Case 5	5.33	0.41	0.43	0.55	0.55	0.55	0.54
Case 6	6.70	0.38	0.43	0.57	0.55	0.57	0.55
Case 7	7.88	0.36	0.38	0.57	0.60	0.56	0.59
Case 8	6.32	0.37	0.40	0.57	0.57	0.57	0.56

표 2. 동적 알고리즘의 결과

Case	R	RAP_1	RAP_2	x_1	x_2	x_1^a	x_2^a
Case 1	7.38	0.32	0.36	0.61	0.61	0.61	0.61
Case 2	8.28	0.27	0.31	0.65	0.65	0.65	0.65
Case 3	9.50	0.24	0.28	0.67	0.67	0.67	0.67
Case 4	8.08	0.27	0.31	0.65	0.65	0.65	0.65
Case 5	5.28	0.41	0.42	0.56	0.56	0.56	0.56
Case 6	6.30	0.36	0.40	0.59	0.59	0.59	0.59
Case 7	7.70	0.32	0.37	0.61	0.61	0.61	0.61
Case 8	6.25	0.36	0.38	0.59	0.59	0.59	0.59

표 3. 정적 알고리즘의 결과

데 이는 낮은 평균 단위 과금으로 인한 것이다. 따라서 동적 알고리즘이 더 낮은 과금을 통하여 더 많은 호를 받아들일게 됨을 알 수가 있다. 더불어 하나의 망만이 존재하는 독점적 상황이 아닌 여러 망이 존재하는 경쟁적 상황이라면 동적 알고리즘이 정적 알고리즘에 비해 더 유리한 알고리즘임을 알 수가 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 동적 과금 기반의 호 수락 제어 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘에서는 현재와 미래의 추정된 통신망의 정제 정도와 호의 예약시간 및 요청 회선 수를 기반으로 최적 과금을 구한다. 제안된 알고리즘은 정적 알고리즘과 비교하여 더 낮은 과금과 더 높은 호 수락 비율을 보이게 된다. 따라서 여러 망이 혼재하는 경쟁적인 상황에서 정적 과금 알고리즘에 비해 제안된 동적 알고리즘이 더 많은 revenue를 창출할 수가 있음을 알 수가 있다.

참고문헌

[1] C.A. Courcoubetis and M.I. Reiman, "Pricing in a Large Single Link Loss System" *ITC 16*, 1999.
 [2] I.C. Paschalidis and J.N. Tsitsiklis, "Congestion-Dependent pricing of Network Services" *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol.8, no.2, pp.171-184, 2000.