

클러스터 기반 연속 미디어 저장 서버에서의 통합형 통계적 승인 제어 기법

김 영 주[†] · 노 영 옥^{††}

요 약

본 논문은 클러스터 기반의 분산 구조를 갖는 CCMSS(Clustered Continuous Media Storage Server) 시스템의 미디어 검색 동작에 대해 디스크의 입출력 지연 시간 뿐만 아니라 내부 네트워크의 통신 지연 시간을 함께 고려한, 열린 큐잉 네트워크 기반의 해석적 모델을 제시하고, 이를 이용하여 전체 서비스 지연 시간에 대한 확률적 모델을 정의한다. 그리고, 정의된 확률적 모델을 바탕으로 허용된 서비스 실패율 범위에서 최대 서비스 가능한 사용자 요구 수를 구하고 이 값을 이용하여 승인 제어를 수행하는 통합형 통계적 승인 제어 모델을 제안한다. 제안된 승인 제어 기법의 성능 분석을 위해 단순히 디스크 성능만을 고려한 확률적 모델과 본 논문에서 제안한 디스크 성능과 내부 네트워크의 성능을 함께 고려한 확률적 모델을 통해 산출한 마감시간 실패율과 실제 클러스터 기반 서버 환경에서 모의 실험을 통해 얻은 결과를 비교하였으며, 실험 결과에 대한 분석을 통해 제안된 승인 제어 기법이 CCMSS 시스템의 실제 서비스 지연 요소를 정확히 반영하고 있다는 것을 알 수 있었다.

Integrated Stochastic Admission Control Policy in Clustered Continuous Media Storage Server

Young-Ju Kim[†] · Young-Uhg Lho^{††}

ABSTRACT

In this paper, for continuous media access operations performed by Clustered Continuous Media Storage Server (CCMSS) system, we present the analytical model based on the open queueing network, which considers simultaneously two critical delay factors, the disk I/O and the internal network, in the CCMSS system. And we derive by using the analytical model the stochastic model for the total service delay time in the system. Next, we propose the integrated stochastic admission control model for the CCMSS system, which estimate the maximum number of admissible service requests at the allowable service failure rate by using the derived stochastic model and apply the derived number of requests in the admission control operation. For the performance evaluation of the proposed model, we evaluated the deadline miss rates by means of the previous stochastic model considering only the disk I/O and the proposed stochastic model considering the disk I/O and the internal network, and compared the values with the results obtained from the simulation under the real cluster-based distributed media server environment. The evaluation showed that the proposed admission control policy reflects more precisely the delay factors in the CCMSS system.

키워드 : 클러스터 기반 멀티미디어 서버(clustered multimedia server), 확률적 승인 제어(stochastic admission control), 서비스 지연 시간(service delay time)

1. 서 론

연속 미디어 서버는 사용자의 실시간 서비스 요구 조건을 보장하기 위해 사용자 요구에 대하여 “승인 제어(Admission Control)”를 수행한다. 이는 이미 서비스 중인 사용자 요구에 대해 영향을 주지 않고 새로운 사용자 요구를 실시간으로 서비스할 수 있는지의 여부를 결정하는 것으로 사용자에 대한 서비스 질을 결정하는 중요한 과정이다. 연

속 미디어 서버에서의 승인 제어 기법에는 최저 상태의 서버 성능을 전제로 서비스가 가능한 사용자 수의 범위를 결정하고 그 범위 내에서 사용자 요구에 대해 전적인 실시간 서비스를 보장하는 “결정적 승인 제어 기법”과 서버 성능에 대한 확률적 모델을 바탕으로 일정한 통계적 확률 범위 내에서 사용자 요구에 대한 실시간 서비스를 보장하는 “통계적 승인 제어 기법” 등이 있다[1, 2].

연속 미디어 서버에서 서비스 허용 여부를 결정하는데 영향을 미치는 시스템 요소로는 서버 시스템의 구성에 따라 차이가 있지만, 디스크 대역폭과 외부 및 내부 네트워크의 대역폭, CPU의 처리속도, 그리고 버퍼 메모리의 용량

[†] 정 회 원 : 신라대학교 컴퓨터정보공학부 교수

^{††} 종신회원 : 신라대학교 컴퓨터교육과 교수

논문접수 : 2001년 5월 30일, 심사완료 : 2001년 7월 14일

등이 있고, 사용자 요구에 대한 서비스 시간에 큰 비중을 차지하는 디스크 대역폭이 승인 제어 과정에서 결정적인 영향을 미친다. 그리고 기존의 승인 제어 기법에 관한 연구에서도 디스크 대역폭만을 고려하여 사용자 요구에 대한 서비스 허용 여부를 결정하였으며, 대개 네트워크 대역폭에 대해서는 많은 사용자 요구를 서비스할 수 있을 만큼 충분히 빠른 네트워크를 사용한다고 가정하였다[3-6].

최근 연속 미디어 서버는 경제성과 확장성을 고려하여 하나의 고용량 연속 미디어 저장 서버 대신에 다수의 저용량 저장 서버들을 빠른 내부 네트워크로 연결하여 구성하는 “클러스터 기반 연속 미디어 저장 서버(Clustered Continuous Media Storage Server : CCMSS)” 시스템으로 구축하는 사례가 증가하고 있다[16].

이러한 CCMSS 시스템은 서버 시스템간의 상호 통신을 통해 분산 저장되어 있는 연속 미디어 데이터를 검색하고 전송함으로써 사용자 요구를 서비스한다. 따라서 CCMSS 시스템에서는 서버 시스템간을 연결하는 내부 네트워크의 대역폭이 서비스 시간에 하나의 지연 요소로 작용하며, 승인 제어 과정에서 디스크의 대역폭뿐만 아니라 내부 네트워크의 대역폭에 의한 지연 요소를 함께 고려하지 않을 경우에 사용자 요구에 대한 마감시간 실패율이 커지게 된다.

본 논문은 CCMSS 시스템에서 디스크 대역폭과 내부 네트워크의 대역폭에 따른 서버 성능에 대해 확률적 모델을 제시하고, 이를 바탕으로 사용자 요구의 서비스 여부를 결정하는 “통합형 통계적 승인 제어(Integrated Stochastic Admission Control)” 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서 승인 제어 기법에 대한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서 본 논문에서 고려하는 CCMSS 시스템에 대한 가정과 CCMSS 시스템에서의 통합형 승인 제어 기법 그리고 승인 제어 과정에서 적용하는 시스템 자원에 대한 확률적 성능 모델을 제시한다. 4장에서 제안된 승인 제어 기법의 성능을 분석하고, 5장에서 결론 및 향후 연구로 마무리한다.

2. 승인 제어 기법 관련 연구

연속 미디어 서버의 승인 제어 기법에 대한 연구는 단지 연속 미디어와 같은 실시간성을 가진 데이터에 대한 사용자 요구만 있는 경우와 연속 미디어와 같은 실시간성 데이터와 텍스트 및 이미지와 같은 비실시간성 데이터로 구성되는 혼합 미디어에 대한 사용자 요구가 있는 경우로 나누어 살펴볼 수 있다.

2.1 연속 미디어에 대한 승인 제어

비디오 또는 오디오 등의 연속 미디어는 서비스 요구 대역폭에 맞추어 데이터가 전송되어야 만이 정확한 의미가 전달되는 실시간성을 가진다. 따라서, 연속 미디어 검색 요구에 대한 승인 제어는 연속 미디어의 실시간성을 보장하

면서 기존에 허용된 서비스에 영향을 주지 않고 서비스가 가능한지를 검사하여야 한다. 이러한 승인 제어 기법은 서비스 허용 여부를 결정하는 정책에 따라 결정적 승인 제어 기법과 통계적 승인 제어 기법 등으로 나누어진다[1, 2].

2.1.1 결정적 승인 제어 기법

결정적인 승인 제어 기법은 시스템 자원에 대해 최악의 시나리오를 고려하여 서비스 가능한 범위를 미리 결정하고 현재의 시스템 부하 상태와 비교하여 새로운 사용자 요구에 대해 승인 여부를 결정하며, 승인된 사용자에 대해서는 서비스 마감시간을 전적으로 보장한다. 이 기법은 시스템 성능에 대해 최악의 상태를 전제로 하기 때문에 제한된 사용자 수만 서비스 가능하며, 시스템 자원을 효율적으로 활용하지 못하는 단점을 가지지만 승인된 사용자에 대한 서비스를 최대한 보장할 수 있는 장점이 있다[4, 8, 9].

2.1.2 통계적 승인 제어 기법

통계적 승인 제어 기법은 임의의 확률 범위 내에서 사용자의 요구에 대해 서비스를 보장하는 기법이다. 예를 들어 사용자가 비디오 데이터에 대하여 어느 정도의 지연 현상을 허용한다면 하나의 주기동안 서비스되는 사용자 요구에 대해 90% 정도만 마감시간을 보장함으로써 서비스 가능한 사용자 수를 늘릴 수 있다. 이러한 승인 제어 기법은 대개 경우 시스템 자원에 대한 통계적 성능 모델을 이용하여 사용자 요구에 대한 서비스 여부를 결정한다[3, 5, 6].

통계적인 승인 제어 기법은 결정적 승인 제어 기법보다 많은 사용자에 대해 서비스가 가능하고, 시스템 자원을 보다 효율적으로 활용하지만 실시간 서비스를 완전하게 보장하지 못한다[6].

2.2 혼합 미디어에 대한 승인 제어

최근 새로이 개발되고 있는 주문형 전자 신문, 디지털 라이브러리, 그리고 원격 교육 등과 같은 대화형 멀티미디어 응용은 연속 미디어와 텍스트 및 이미지 등 비연속 미디어가 통합된 혼합 미디어 데이터를 서비스한다. 따라서 대화형 멀티미디어 응용에서 보다 많은 사용자를 지원하기 위해서는 연속 미디어 서버가 연속 미디어에 대한 요구뿐만 아니라 비연속 미디어 데이터에 대한 요구에 대해서도 적절한 승인 제어와 디스크 스케줄링을 수행하여야 한다[6].

[6]과 [10]은 혼합 미디어 데이터에 대한 승인 제어 기법을 다루고 있으며, 하나의 서비스 주기를 연속 미디어를 위한 서비스 주기와 텍스트 및 이미지 데이터를 위한 서비스 주기로 나누어서, 각각 미디어의 부하 정도에 따라 일정 비율로 서비스를 한다. 이 때, 미디어 종류에 따라 다른 종류의 승인 제어 기법을 적용할 수 있는데, [6]은 연속 미디어의 경우 전송 지연으로 인해 마감시간 실패가 발생할 확률에 대한 통계적 모델을 이용하고, 텍스트와 이미지 데이터의

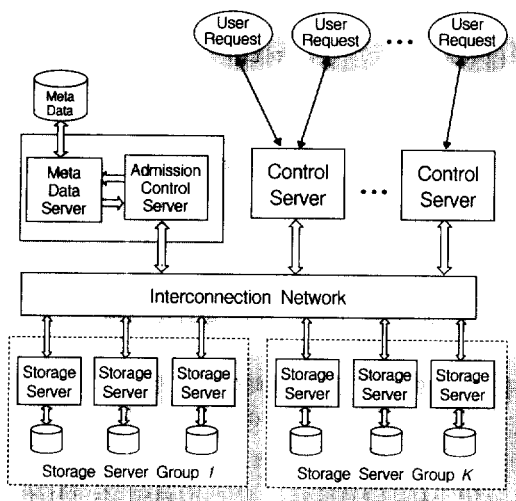
경우 응답 시간에 대한 통계적 모델을 이용하여 승인 제어를 한다. 그러나 이들 연구에서도 승인 제어를 위해 사용하는 시스템 요소로는 디스크의 대역폭만을 고려하고 있다.

3. CCMSS 시스템에서의 통합형 통계적 승인 제어 기법

3.1 CCMSS 시스템에 대한 가정

본 논문에서 고려하는 CCMSS 시스템의 기본적인 구조는 (그림 1)과 같이 클러스터 기반의 분산 서버 구조를 갖는다. CCMSS 시스템은 서버 시스템을 구성하는 노드간의 통신, 즉 제어 서버 노드와 저장 서버 노드 사이의 통신, 그리고 저장 서버 노드간의 통신 등을 통하여 다수의 저장 서버 노드로부터 병렬로 미디어 데이터를 검색하고 제어 서버를 거쳐 사용자에게 실시간으로 전송함으로써 사용자 요구를 처리한다. 따라서, CCMSS 시스템에서는 단순히 디스크 대역폭뿐만 아니라 내부 네트워크의 대역폭도 사용자 요구에 대한 서비스 시간을 지연시키는 요소로 작용하므로 사용자 요구에 대해 서비스 허용 여부를 결정할 때 이 두 가지 지연 요소를 모두 고려하여야 한다.

그리고, 본 논문의 승인 제어 기법에 대한 접근법은 CCMSS 시스템의 구조에 대한 큐잉 네트워크 모델을 바탕으로 미디어 검색 요구에 대한 서비스 지연 시간의 확률적 모델을 구하고 이를 승인 제어 과정에서 이용하는데, 큐잉 네트워크 모델의 제약성¹⁾과 용이성을 고려하여 저장 서버들이 동일한 환경을 가짐을 가정한다. 즉, 각 저장 서버는 같은 수의 동일한 디스크를 가지는 것으로 가정하고, 승인 제어 과정에서는 비디오 클립 등의 연속 미디어에 대한 사용자 요구만 다루는 것으로 제한한다.



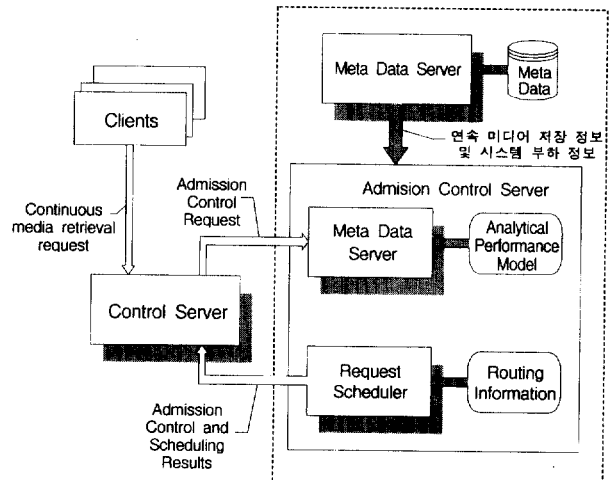
(그림 1) CCMSS 시스템 구조

1) Jackson Network 모델을 전제로 하기 때문에 큐잉 네트워크를 구성하는 모든 서버는 독립적으로 동작하는 FCFS 큐로 구성되어야 하며 하나의 고객 클래스만을 지원한다.

저장 서버에서의 데이터 배치 정책은 대화형 멀티미디어 응용에서 서비스되는 미디어 데이터의 특성과 사용자 접근 패턴을 고려한 배치 기법[17]에 따라 하나의 연속 미디어 객체를 모든 저장 서버에 분산하여 배치하는 것이 아니라 저장 서버들을 저장 서버 그룹(Storage Server Group : SSG)으로 나누고 하나의 저장 서버 그룹 내에 있는 디스크에 랜덤하게 분산 배치하는 저장 서버 그룹 기반의 랜덤 배치 정책을 적용하고, 연속 미디어의 접근 편기성과 저장 서버의 부하균등을 고려하여 연속 미디어 객체에 대해 100%의 복사본을 두어 다른 저장 서버 그룹에 동일한 방법으로 배치하도록 한다.

3.2 승인 제어 모델

(그림 2)는 본 논문에서 제안하는 CCMSS 시스템의 승인 제어 모델을 나타내며, 크게 사용자 요구에 대해 서비스 여부를 결정하는 승인 제어기(Admission Controller)와 서비스를 지원할 저장 서버 그룹을 결정하는 사용자 요구 스케줄러(Request Scheduler)로 이루어진다.



(그림 2) CCMSS 시스템의 승인 제어 모델

3.2.1 승인 제어기(Admission Controller)

승인 제어기는 제어 서버로부터 승인 제어 요청을 받고 메타 데이터 서버로부터 연속 미디어 데이터에 대한 저장 정보 및 제어 정보, 그리고 서버 시스템 상태 정보 등의 메타 정보를 검색한다.

그리고, 최대 허용 가능한 시스템 성능에 대한 정보와 현재의 서버 시스템 상태 정보, 그리고 연속 미디어 데이터에 대한 메타 정보를 이용하여 현재 사용 가능한 시스템 자원으로 새로운 사용자 요구에 대해 실시간 서비스를 할 수 있는지를 검사하고, 이를 바탕으로 서비스 허용 여부를 결정한다.

이러한 승인 제어 과정에서 결정적인 영향을 미치는 “최대 허용 가능한 시스템 성능”은 연속 미디어의 검색 서버

스에서 마감시간이 보장된 최대 검색 요구 수를 의미하는 것으로서 서버 시스템의 성능에 대한 해석적 모델을 이용하여 다음과 같이 계산한다.

- 1) 디스크 성능에 대한 확률적 모델을 이용하여 저장 서버 그룹의 서비스 지연 시간에 대한 확률적 모델을 정의한다. 디스크 성능 등의 매개변수를 바탕으로 사용자 검색 요구에 대해 저장 서버 그룹의 서비스 지연 시간을 구할 수 있는 확률적 모델을 정의한다.
- 2) 제어 서버와 저장 서버 그룹 사이에 연속 미디어 검색 과정을 나타내는 큐잉 네트워크 모델을 바탕으로 (1)에서 정의된 확률적 모델 등을 이용하여 연속 미디어 검색의 전체 서비스 지연 시간에 대한 확률적 모델을 구한다.
- 3) (2)에서 구한 확률적 모델을 이용하여 허용된 마감시간 실패를 범위 안에서 서비스 마감시간을 보장할 수 있는 최대 검색 요구 수를 계산함으로써 최대 허용 가능한 시스템 성능을 정의한다.

본 논문에서 제안하는 승인 제어 기법은 시스템 성능에 대한 확률적 모형을 이용하여 승인 제어 과정에서 판정 기준이 되는 최대 허용 가능한 시스템 성능을 정의하고, 단순히 디스크 대역폭뿐만 아니라 내부 네트워크 대역폭을 통합하여 고려함으로써 보다 정확한 승인 제어를 수행하도록 한다. 따라서, 본 논문에서 제안하는 승인 제어 기법을 “통합형 통계적 승인 제어(Integrated Stochastic Admission Control)” 기법이라 정의한다.

3.2.2 사용자 요구 스케줄러(Request Scheduler)

사용자 요구 스케줄러는 승인 제어 과정에서 서비스가 허용된 사용자 요구에 대해 저장 서버 그룹간의 부하균등을 고려하여 연속 미디어를 검색할 저장 서버 그룹을 결정하고, 승인 제어 결과 및 선정된 저장 서버 그룹에 대한 정보를 제어 서버에 전송한다.

본 논문에서는 사용자 요구 스케줄러가 저장 서버 그룹의 부하가 균등하도록 사용자 요구를 적절히 배정한다고 가정하고, 사용자 요구 스케줄러의 구성 및 부하균등 스케줄링 기법 등에 대해서는 본 논문의 연구 범위에서 제외한다.

3.3 디스크 성능과 저장 서버 그룹의 성능에 대한 확률적 모델

기존의 승인 제어 기법에 관한 연구들은 대부분 디스크 성능에 대한 확률적 모델을 이용한 승인 제어 기법을 제안하고 있다[3, 5, 6].

본 논문은 미디어 검색 동작의 전체 서비스 지연 시간에 대한 확률적 모델에 기반한 승인 제어 기법을 제안하고자 하는데, 이러한 확률적 모델을 유추하는 과정에서 미디어 데이터를 검색하는 저장 서버 그룹의 서비스 지연 시간에

대한 확률적 모델이 요구되며, 이를 유도하기 위하여 참고 문헌 [6]에서 제시하고 있는 디스크 성능의 확률적 모델을 응용한다.

참고 문헌 [6]에서 제시한 디스크 성능에 대한 확률적 모델에 대하여 간단히 살펴보면 다음과 같다.

연속 미디어에 대한 디스크 검색 과정에서 N 개의 블록 검색 요구를 처리하는 서비스 주기 안에 디스크가 제공하는 전체 서비스 시간을 T_c 라고 할 때, T_c 가 서비스 주기 시간 t 를 초과할 확률은 식 (1)과 같이 정의된다.

$$P(T_c \geq t) \leq e^{-\theta \cdot t} \cdot e^{\theta \cdot SEEK} \left(\frac{e^{\theta \cdot ROT} - 1}{\theta \cdot ROT} \right)^N \left(\frac{1}{1 - \theta \cdot TRANS} \right)^N \quad (1)$$

식 (1)은 N 개의 블록 검색 요구에 대한 전체 서비스 시간이 서비스 주기를 초과할 확률에 대해 Chernoff 부등식에 의한 상한 값을 정의하고 있으며, 이를 이용하여 단위 미디어 블록의 전송 시간(TRANS), 디스크의 누적 탐색 시간(SEEK), 회전 지연 시간(ROT), 서비스 주기(t), 그리고 허용 가능한 서비스 실패율(δ) 등의 매개 변수가 주어지면 하나의 서비스 주기안에서 서비스 가능한 미디어 블록의 검색 요구 수(N)를 구할 수 있다.

그리고, 식 (1) 기반의 디스크 성능의 확률적 모델을 이용하여 저장 서버 그룹(SSG)의 서비스 지연 시간에 대한 확률적 모델을 정의할 수 있다.

클라이언트 요구에 대한 SSG의 서비스 시간을 T_{SSG} 라 하면, 확률 변수 T_{SSG} 는 $\left[\frac{N_{mb}}{M \cdot N_{request}}, \frac{N_{mb}}{M} \right]$ 사이에서 균등 분포(Uniform Distribution)를 따르며, T_{SSG} 의 확률밀도함수는 식 (2)과 같이 정의된다.

$$f_{SSG}(x) = \frac{M \cdot N_{request}}{N_{mb} \cdot (N_{request} - 1)} \quad (2)$$

식 (2)에서 N_{mb} 은 연속 미디어를 구성하는 미디어 블록의 개수를 나타내고, M 은 SSG가 가지는 디스크의 개수를, $N_{request}$ 는 디스크가 하나의 서비스 주기에 서비스할 수 있는 미디어 블록에 대한 최대 검색 요구 수를 나타낸다.

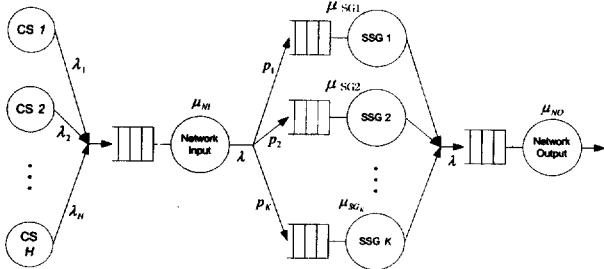
식 (1)과 식 (2)의 구체적인 유도 과정은 [부록]에 제시되어 있다.

3.4 내부 네트워크 성능에 대한 확률적 모델

3.4.1 미디어 검색 동작의 해석적 모델

CCMSS 시스템에서 제어 서버와 저장 서버 사이의 미디어 데이터 검색 과정을 해석적 모델로 나타내면 (그림 3)과 같은 열린 큐잉 네트워크 모델로 나타낼 수 있다[11]. 이 큐잉 모델은 여러 제어 서버에서 도착하는 미디어 데이터 검색 요구가 대기하는 ‘네트워크 입력 큐’, 네트워크 입력 큐로부터 도착한 미디어 데이터 검색 요구를 처리하는 ‘저장 서버 그룹 큐’, 저장 서버 그룹에서 검색된 미디어 데이

터 제어 서버에 전송하는 '네트워크 출력 큐'로 이루어지며, 서로 독립적으로 동작하면서 각각의 서버에 대한 검색 요구의 도착율은 $\lambda = \sum_{i=1}^H \lambda_i = N$ 로 동일하다.



(그림 3) 미디어 데이터 검색 과정의 해석적 모델

(그림 3)을 바탕으로 하여 CCMSS 시스템 내부에서 진행되는 미디어 데이터의 검색 과정을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

제어 서버는 클라이언트의 미디어 검색 요구에 대하여 미디어 객체의 검색 요구 메시지를 내부 네트워크를 통해 K 개의 저장 서버 그룹에 전송한다. 이때, 검색 요구 메시지는 i 번째 저장 서버 그룹에 p_i 의 확률로 전송된다. 저장 서버 그룹은 미디어 객체의 검색 요구에 대하여 내부적으로 다수의 미디어 블록에 대한 검색 요구를 생성하여 디스크에 전송하면 디스크는 미디어 블록을 검색하여 내부 네트워크를 통해 제어 서버에 전송한다. 그러면 제어 서버는 실시간으로 클라이언트에게 검색된 미디어 데이터를 전송하게 된다.

이러한 미디어 검색 요구의 처리 과정을 볼 때, 미디어 검색 요구에 대한 전체 서비스 지연 시간은 내부 네트워크의 검색 요구 메시지에 대한 전송 지연 시간과 저장 서버 그룹의 디스크 검색에 따른 서비스 지연 시간, 그리고 내부 네트워크의 미디어 데이터에 대한 전송 지연 시간으로 구성된다. 즉, i 번째 미디어 검색 요구에 대해 내부 네트워크의 입력 지연 시간을 $T_{IN,i}$ 로, 저장 서버 그룹의 서비스 지연 시간을 $T_{SSG,i}$ 로, 그리고 내부 네트워크의 출력 지연 시간을 $T_{OUT,i}$ 로 각각 나타내면, N 개의 미디어 검색 요구에 대한 전체 서비스 지연 시간 T_{delay} 는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{delay} = \sum_{i=1}^N T_{IN,i} + \sum_{i=1}^N T_{SSG,i} + \sum_{i=1}^N T_{OUT,i} \quad (3)$$

3.4.2 미디어 검색 요구의 서비스 지연 시간에 대한 확률적 모델

본 절에서는 식 (3)으로 정의되는 미디어 검색 요구의 서비스 지연 시간에 대한 확률적 모델을 정의하고, CCMSS 시스템의 미디어 검색에 대한 성능, 즉, CCMSS 시스템의 미디어 검색 과정에서 마감시간을 만족하면서 서비스할 수

있는 최대 검색 요구 수를 산출하는 방법을 제시한다.

(그림 3)에서 N 개의 검색 요구에 대한 네트워크 입력 큐의 서비스 지연 시간은 일정하다. 제어 서버의 미디어 객체에 대한 검색 요구 메시지는 1Kbytes가 넘지 않을 정도로 작아 내부 네트워크에서 하나의 패킷으로 전송할 수 있다. 따라서, N 개의 미디어 검색 요구에 대한 네트워크 입력 큐의 서비스 지연 시간은 N 개의 1 Kbytes 크기의 패킷을 전송하는데 걸리는 시간과 같다.

미디어 객체에 대한 검색 요구 메시지의 크기를 DS_{msg} 로, 그리고 내부 네트워크의 대역폭을 BW_{net} 로 나타내고, 네트워크 입력 큐의 누적 서비스 지연 시간을 T_{IN} 이라 하면, T_{IN} 은 식 (4)과 같이 정의된다.

$$T_{IN} = \sum_{i=1}^N T_{IN,i} = N \times \frac{DS_{msg}}{BW_{net}} \quad (4)$$

미디어 객체의 검색 요구에 대한 저장 서버 그룹의 서비스 지연 시간은 3.3절에서 제시된 것과 같이 균등 분포를 따르며, 평균값이 미디어 객체의 미디어 블록 수, 저장 서버 그룹의 디스크 수, 그리고 디스크의 성능에 의해 결정된다. 그런데, CCMSS 시스템은 K 개의 저장 서버 그룹으로 구성되므로 병렬로 데이터 검색이 가능하고, 미디어 객체가 저장 서버 그룹 단위로 랜덤하게 배치된다는 가정에 따라 검색 요구 메시지가 저장 서버 그룹에 전송될 확률은 모두 동일하여 $p_i = 1/K, i = 1, \dots, K$ 이 성립한다.

따라서, N 개의 미디어 검색 요구에 대한 저장 서버 그룹의 서비스 지연 시간을 T_{SSG} 라고 하면, T_{SSG} 는 식 (5)과 같이 하나의 저장 서버 그룹에서의 서비스 지연 시간으로 재정의할 수 있다.

$$T_{SSG} = \sum_{i=1}^{N/K} T_{SSG,i} \quad (5)$$

여기서, $T_{SSG,i}$ 는 서로 독립적인 확률 변수로서 균등 분포를 따르며, 확률밀도함수는 식 (2)과 같다.

내부 네트워크의 네트워크 출력 큐는 M/M/1 큐로 모델링할 수 있어 M/M/1 큐잉 공식을 사용하여 서비스 지연 시간을 정의할 수 있다[11]. 실제로 연속 미디어 데이터는 디스크에서 미디어 블록 단위로 검색되어 내부 네트워크를 통해 제어 서버로 전송되고, 검색이 완료될 때까지 이러한 동작이 주기적으로 반복된다. 그러나, 네트워크 출력 큐에서의 서비스 지연 시간이 미디어 객체에 대한 전송 지연 시간을 의미하는데, 미디어 객체를 구성하는 미디어 블록들에 대한 전송 시간의 합과 같다고 할 수 있고 내부 네트워크에서의 전송 단위를 미디어 객체로 가정하여 분석하여도 서비스 지연 시간에는 차이가 없다.

따라서, 미디어 객체의 데이터 크기를 DS_{media} 라고 할 때에 네트워크 출력 큐에서 도착율은 $\lambda = N$ 이고, 처리율은 μ_{OUT}

$= BW_{net} / DS_{media}$ 이므로 M/M/1 큐잉 공식에 의해 미디어 객체에 대한 전송 지연 시간 $T_{OUT,i}$ 의 평균값은 $W_{OUT} = 1/(\mu_{OUT} - \lambda)$ 가 되고, 확률밀도함수는 식 (6)과 같이 정의할 수 있다.

$$f_{OUT}(x) = e^{-\frac{x}{W_{out}}} \quad (6)$$

T_{IN} 의 상수값인 식 (4), 그리고 $T_{SSG,i}$ 와 $T_{OUT,i}$ 의 확률 밀도함수 식 (2)과 식 (6)에 대해 Laplace-Stieltjes 변환식을 구하면 각각 식 (7), 식 (8), 그리고 식 (9)가 된다[11, 12].

$$L_{IN}(s) = e^{-s \cdot C_{IN}}, C_{IN} = N \times \frac{DS_{msg}}{BW_{net}} \quad (7)$$

$$L_{SSG}(s) = \frac{1 - e^{-s/C_{SSG}}}{s/C_{SSG}}, C_{SSG} = \frac{N_{mb} \cdot (N_{request} - 1)}{M \cdot N_{request}} \quad (8)$$

$$N_{OUT}(s) = \frac{1}{(\mu_{OUT} - \lambda) + s} \quad (9)$$

식 (3)과 식 (5)을 바탕으로 식 (8)과 식 (9)에 대해 Convolution Theorem을 적용하여 T_{delay} 의 Laplace 변환식을 구하면 식 (10)이 된다[11].

$$L_{delay}(s) = e^{-s \cdot C_{IN}} \cdot \left(\frac{1 - e^{-s/C_{SSG}}}{s/C_{SSG}} \right)^{\frac{N}{K}} \cdot \left(\frac{1}{(\mu_{OUT} - \lambda) + s} \right)^N \quad (10)$$

Laplace 변환식의 특성을 이용하여 확률 변수 T_{delay} 의 적률 생성 함수(Moment Generation Function)를 식 (11)과 같이 구할 수 있다.

$$M_{delay}(s) = L_{delay}(-s) \quad (11)$$

확률 변수 T_{delay} 가 가지는 종단 부분의 경계값을 정의하기 위해 Chernoff's Theorem을 적용하면 식 (12)의 Chernoff 부등식을 구할 수 있다.

$$P[T_{delay} \geq t] \leq \inf_{\theta > 0} \{ e^{-\theta \cdot t} \cdot M_{delay}(\theta) \} = \inf_{\theta > 0} \{ g(\theta) \},$$

$$g(\theta) = e^{-\theta \cdot t} \cdot e^{\theta \cdot C_{IN}} \cdot \left(\frac{e^{\theta/C_{SSG}} - 1}{\theta/C_{SSG}} \right)^{\frac{N}{K}} \cdot \left(\frac{1}{(\mu_{OUT} - \lambda) - \theta} \right)^N \quad (12)$$

식 (12)에서 $g'(\theta) = 0$ 을 풀어 θ 값을 구하면 위의 Chernoff 부등식에서 가장 정확한 경계값을 얻을 수 있는 최적의 θ 값이 된다. 따라서, 미디어 검색의 서비스 지연 시간 T_{delay} 가 미디어 객체의 검색 마감시간 l_{delay} 을 초과할 확률 p_{late} 을 식 (13)과 같이 구할 수 있다.

$$p_{late} = P(T_{delay} \geq l_{delay}) \leq g(\theta \text{ of } g' = 0 \text{ using } t = l_{delay}) \quad (13)$$

미디어 검색에 대한 서비스 지연 시간의 확률적 모델이 식 (13)과 같이 주어지면 CCMSS 시스템에서 마감시간을

만족하면서 서비스할 수 있는 미디어 검색 요구 수의 최대 값은 p_{late} 에 대해 허용 가능한 임계값 δ 을 이용하여 식 (14)과 같이 구할 수 있다.

$$N_{max} = \max \{ N \mid p_{late} \leq \delta \} \quad (14)$$

4. 성능 분석 및 검증

본 논문에서 제안하는 통합형 통계적 승인 제어 기법에 대하여 성능을 검증하기 위해 디스크 성능 만을 고려한 해석적 모델과 본 논문에서 제안하는 해석적 모델에 의해 예측된 성능 값과 실측 실험을 통하여 얻은 성능 실측 값을 비교하여 분석하였다.

미디어 검색의 서비스 지연 시간에 대한 실측 실험은 [부록]에서 제시한 디스크 사양을 기준으로 시스템 노드와 디스크 수를 달리하여 진행하였으며, 실험 방법은 승인 제어를 고려하지 않고 미디어 검색 요구를 발생시켰을 때 제어 서버에서 미디어 검색 요구 메시지를 전송할 때부터 저장 서버 그룹에서 제어 서버로 미디어 데이터의 전송이 완료될 때까지의 시간을 측정하고, 미디어 데이터의 요구 대역폭에 따른 마감시간과 비교하여 서비스 실패 여부를 판정하였다.

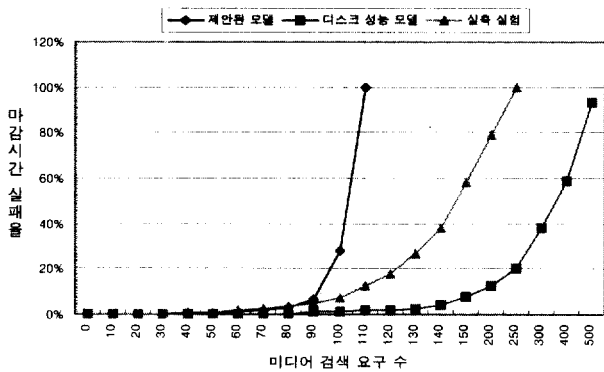
실측 실험에 사용한 매개변수와 해석적 모델을 통한 분석에 필요한 매개변수 값은 <표 1>과 같고, 실측 실험을 단순화하기 위하여 미디어 객체의 크기를 단위시간, 즉 1초 동안에 상영할 데이터 크기로 설정하였다. 따라서, 미디어 객체의 서비스 지연 시간의 마감시간은 1초가 된다.

<표 1> 제안된 승인 제어 기법의 성능 분석을 위한 매개 변수

매개변수	설 명	값
BW_{net}	내부 네트워크의 대역폭(ATM Network)	155 Mbps
DS_{msg}	미디어 검색 요구 메시지의 패킷 크기	1 Kbytes
DS_{media}	미디어 객체의 데이터 크기	576 Kbytes
DS_{block}	미디어 블록의 데이터 크기	128 Kbytes
BW_{media}	연속 미디어의 요구 대역폭(MPEG-2 Clip)	4.5 Mbts/sec
$SEEK$	디스크의 서비스 주기내의 누적 탐색 시간	$\frac{N_{request}}{SEEK_{avg}}$
ROT	평균 회전 지연 시간	4.17 msec
$TRANS$	미디어 블록의 평균 전송 시간	10.624 msec
$N_{request}$	디스크에서 서비스 주기내에 서비스 가능한 미디어 블록 검색 요구 수	13
H	CCMSS 시스템의 제어 서버 노드 수	1
K	CCMSS 시스템의 저장 서버 그룹 수	3
M	저장 서버 그룹의 디스크 수	3
N	최대 허용 가능한 미디어 객체에 대한 검색 요구 수	

(그림 4)은 미디어 객체의 검색 요구 수에 따라 실측 실험에서 측정된 마감시간 실패율과 디스크 성능에 대한 확률적 모델만을 고려하여 분석된 마감시간 실패율, 그리고 미디어 검색의 전체 서비스 지연 시간에 대한 확률적 모델을 통해 분석된 마감시간 실패율을 비교하고 있다.

확률적 모델을 통해 얻은 분석 결과는 MATHEMATIC



(그림 4) 제안된 승인 제어 기법에 의한 최대 허용 가능한 검색 요구 수

소프트웨어[15]를 이용하여 산술적으로 얻은 값이며, 디스크 성능만을 고려한 확률적 모델에 의한 결과값은 단순히 디스크 성능 모델에서 얻은 값([부록]의 (그림 A.1))에 디스크 수를 곱하여 얻은 값이다.

통합형 승인 제어 모델에 의한 결과와 실측 실험에 의한 결과를 비교할 때에 마감시간 실패율이 10% 이내에서만 의미가 있으며, 이 범위 내에서는 실험 결과 값들이 약 12% 정도의 차이를 보인다. 그리고 이 차이는 디스크 성능 모델에 의한 결과와 실측 결과 사이의 차이보다는 훨씬 작음을 알 수 있는데, 이는 통합형 승인 제어 모델이 미디어 검색에 따른 시스템 부하를 보다 정확하게 고려하고 있음을 의미한다.

그리고, 실험 결과에 의하면 단순히 디스크 성능만을 고려하여 승인 제어하는 경우는 실제 서버의 성능 이상의 검색 요구를 허용하고 있어 적절치 못함을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서 고려하는 CCMSS(Clustered Continuous Media Storage Server) 시스템은 클러스터 기반의 분산 미디어 서버로서 시스템 노드간의 통신 지연이 사용자 요구에 대한 서비스 시간에 지연 요소로 작용한다. 따라서 CCMSS 시스템의 실시간 서비스를 보장하기 위해서는 승인 제어 과정에서 디스크 입출력에 따른 지연 뿐만 아니라 내부 네트워크의 통신 지연을 같이 고려하여 한다.

본 논문은 CCMSS 시스템에서의 미디어 검색 과정에 대해 디스크의 입출력 지연 시간과 내부 네트워크의 통신 지연 시간을 고려한 열린 큐잉 네트워크 기반의 해석적 모델을 제시하고, 이를 바탕으로 전체 서비스 지연 시간에 대한 확률적 모델을 정의하였다. 그리고, 전체 서비스 지연 시간에 대한 확률적 모델을 바탕으로 허용된 서비스 실패율 범위에서 최대 서비스 가능한 요구 수를 구하여 승인 제어를 수행하는 통합형 통계적 승인 제어 모델을 제안하였다.

제안된 승인 제어 기법의 성능을 분석하기 위하여 단순

히 디스크 성능만을 고려한 확률적 모델과 본 논문에서 제안한 디스크 성능과 내부 네트워크의 성능을 함께 고려한 확률적 모델을 통해 분석한 마감시간 실패율과 실제 클러스터 기반 분산 서버 환경에서 모의 실험을 통해 실험한 결과를 비교하였으며, 실험 결과에 대한 분석을 통해 제안된 승인 제어 기법이 CCMSS 시스템의 실제 지연 요소를 정확히 반영하고 있다는 것을 알 수 있었다.

향후에는 본 논문에서 제안된 기법을 바탕으로 사용자가 요구한 혼합 미디어를 서비스하기 위한 실시간 스케줄링 기법 등을 연구할 예정이다.

부 록

A 저장 서버 그룹에 대한 확률적 모델

참고문헌 [6]에서 제시한 확률적 모델을 기반으로 디스크 성능에 대한 확률적 모델과 CCMSS 시스템의 저장 서버 그룹의 서비스 지연 시간에 대한 확률적 모델을 정의한다.

A.1 디스크에 대한 가정

가정 1. 디스크는 SCAN 스케줄링 정책에 따라 미디어 블록 검색 요구를 서비스한다고 가정한다.

A.2 디스크 성능에 대한 확률적 모델

(1) 디스크 서비스 시간에 대한 모델을 정의한다.

디스크는 연속 미디어 검색 요청에 대하여 한번에 하나의 미디어 블록을 서비스하는 주기적인 검색 동작을 통하여 서비스한다. 따라서, 디스크가 하나의 서비스 주기에 N 개의 검색 요구를 처리할 때, 하나의 서비스 주기 안에서 디스크가 제공하는 연속 미디어에 대한 전체 서비스 시간을 T_c 라 하면, T_c 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$T_c = T_{seek} + \sum_{i=1}^N T_{rot,i} + \sum_{i=1}^N T_{trans,i} \quad (A.1)$$

여기서, T_{seek} : N 개의 검색 요구의 누적 탐색 시간,
 $T_{rot,i}$: i 번째 검색 요구의 회전 지연 시간,
 $T_{trans,i}$: i 번째 검색 요구의 데이터 전송 시간

(2) T_c 의 확률밀도함수(pdf)를 구하기 위해 식 (A.1)을 구성하는 각각의 확률변수에 대한 확률밀도함수를 정의한다.

① T_{seek} 는 N 개의 검색 요구의 누적 탐색 시간으로, N 개의 탐색 지점이 전체 디스크 실린더 안에서 균등하게 분포되어 있다면 N 개의 탐색 거리는

$$d_i = i \times CYLN / (N + 1), \quad i = 1, \dots, N$$

로 정의할 수 있으며, $CYLN$ 은 디스크의 실린더

수를 나타낸다. 그리고, 참고 문헌 [13]에서 디스크의 탐색 시간이 헤드가 움직이는 거리에 비선형적으로 비례함을 고려하여 탐색 시간을 식 (A.2)와 같이 정의하였다.

$$T_s = \begin{cases} c_1 \times \sqrt{d} & \text{if } d \leq z \\ c_2 \times d & \text{if } d > z \end{cases} \quad (A.2)$$

여기서, T_s : 탐색 지연 시간,
 d : 헤드 이동 거리(실린더 수),
 z : Threshold 값,
 c_1, c_2 : 탐색 시간 상수

따라서, 식 (A.2)을 이용하여 T_{seek} 은 다음과 같이 상수로 정의할 수 있다.

$$T_{seek} = \sum_{i=1}^N T_s(d_i) = SEEK \leq N \times avg_seek_time$$

② $T_{rot,i}$ 은 i 번째 검색 요구의 회전 지연 시간으로 N 개의 서로 독립적인 확률변수이며, 0과 평균 회전 지연 시간 ROT 사이에서 균등 분포(Uniform Distribution)를 갖는다. 따라서, $T_{rot,i}$ 의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f_{rot}(x) = \frac{1}{ROT}$$

③ $T_{trans,i}$ 은 i 번째 검색 요구의 데이터 전송 시간으로서 서로 독립적인 확률변수이며, 평균값 $TRANS$ 의 지수 분포를 갖는다. 따라서, $T_{trans,i}$ 의 확률 밀도 함수는 다음과 같다.

$$f_{trans}(x) = \frac{1}{TRANS} e^{-\frac{x}{TRANS}}$$

(3) T_{seek} , $T_{rot,i}$ 그리고 $T_{trans,i}$ 의 확률밀도함수에 대한 Laplace-Stieltjes 변환식을 구한다[11, 12].

$$L_{seek}(s) = e^{-s \cdot SEEK}$$

$$L_{rot}(s) = \frac{1 - e^{-s \cdot ROT}}{s \cdot ROT}$$

$$L_{trans}(s) = \frac{1}{1 + s \cdot TRANS}$$

(4) 식 (A.1)을 바탕으로 T_c 의 Laplace 변환식과 적률 생성 함수(moment generation function)를 구한다[11, 12].

$$L_c(s) = e^{-s \cdot SEEK} \left(\frac{1 - e^{-s \cdot ROT}}{s \cdot ROT} \right)^N \left(\frac{1}{1 + s \cdot TRANS} \right)^N$$

$$M_c(s) = L_c(-s)$$

(5) T_c 에 대하여 Chernoff's Theorem (θ) $\inf_{\theta > 0} \{g(\theta)\}$ 을 적용하면[11],

$$P[T_c \geq t] \leq \inf_{\theta > 0} \{e^{-\theta \cdot t} M_c(\theta)\} = \inf_{\theta > 0} \{g(\theta)\},$$

$$g(\theta) = e^{-\theta \cdot t} e^{\theta \cdot SEEK} \left(\frac{e^{-\theta \cdot ROT} - 1}{\theta \cdot ROT} \right)^N \left(\frac{1}{1 - \theta \cdot TRANS} \right)^N$$

(6) $g'(\theta) = 0$ 을 풀어 θ 값을 구하면 위의 Chernoff 부등식에서 가장 정확한 경계값을 얻을 수 있는 최적의 θ 값이 된다.

(7) T_c 가 하나의 서비스 주기 t_c 을 초과할 확률은 다음과 같다.

$$p_{late} = P[T_c \geq t_c] \leq g(\theta \text{ of } g' = 0 \text{ using } t = t_c)$$

(8) 디스크가 하나의 서비스 주기안에 서비스할 수 있는 미디어 검색 요구 수의 최대값은 p_{late} 에 대한 임계값(threshold) δ 이 주어지면 다음과 같이 구할 수 있다.

$$N_{max} = \max \{N | p_{late} \leq \delta\}$$

A.3 실험 디스크에 대한 응용

위에서 정의된 디스크 성능의 확률적 모델을 이용하여 본 논문에서 실험에 사용하는 Seagate ST34371W 디스크에 적용하여 디스크의 성능을 구한다.

(1) Seagate ST34271W의 주요 사양은 다음과 같다[14].

디스크 종류 :	ST34371W
저장 용량 :	4.35 GB
실린더 수 (CLYN) :	5178
트랙간 탐색 시간(SEEK _{track}) :	0.8 msec
평균 탐색 시간(SEEK _{avg}) :	8.8 msec
회전 속도 :	7200 rpm
평균 회전 지연 시간 (ROT) :	4.17 msec
1Kbyte 평균 전송 시간 (TRANS _{KB}) :	83 usec
섹터 크기 :	512 Bytes
미디어 블록 크기 (DS _{block}) :	128 Kbytes
헤드 교환 시간 :	600 usec

(2) 디스크 사양을 이용하여 디스크 성능의 확률적 모델의 매개 변수를 구한다.

① 최대 누적 탐색 시간은 다음과 같다.

$$SEEK = N \times SEEK_{avg} = 8.8 \times N$$

② 평균 회전 지연 시간은 $ROT = 4.17$ msec이다.

③ 미디어 블록의 평균 전송 시간은 다음과 같다.

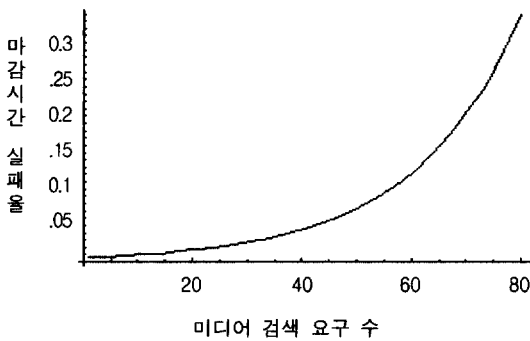
$$TRANS = DS_{block} \times TRANS_{KB} = 10.624 \text{ msec}$$

(3) 위에서 계산된 매개 변수 값을 적용하여 디스크의 성능을 구한다.

디스크 성능의 확률적 모델에서 N 에 대한 정형화된 공식을 구할 수 없어 "MATHEMATICA" 소프트웨어를 사용

하여 산술적으로 근사값을 구하였으며[15], 그 결과는 (그림 A.1)과 같다.

실험에 사용한 디스크의 경우, 서비스 실패율을 0.01로 설정할 때에 디스크가 하나의 서비스 주기에서 서비스할 수 있는 미디어 블록의 검색 요구 수는 약 12~13개 가량 됨을 알 수 있다.



(그림 A.1) 디스크 성능의 확률적 모델에 의한 디스크 성능

A.4 저장 서버 그룹의 서비스 시간에 대한 확률적 모델

CCMSS 시스템의 저장 서버 그룹(Storage Server Group : SSG)은 (그림 A.2)와 같이 K 개의 CPU와 M 개의 디스크로 이루어진 큐잉 네트워크로 모델링할 수 있으며, 이 모델을 바탕으로 미디어 객체의 검색 요구를 처리하는 서비스 시간에 대한 확률적 모델을 정의할 수 있다.

SSG의 동작 과정을 간단히 살펴보면, 클라이언트(제어 서버)의 미디어 객체에 대한 검색 요구가 도착하면 하나의 CPU 장치가 미디어 객체를 구성하는 다수의 미디어 블록에 대한 검색 스케줄을 설정하고, 디스크 장치에게 미디어 블록에 대한 검색 요구를 전달한다. 디스크 장치는 요구된 미디어 블록을 검색하여 클라이언트에게 전송한다.

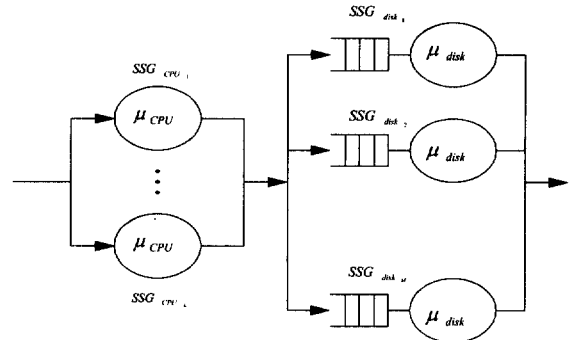
SSG에서의 클라이언트 요구 도착율은 SSG의 최대 허용 가능한 처리율을 넘지 않는다고 가정한다. 이는 제어 서버에서 먼저 SSG의 디스크 성능을 고려하여 승인제어 과정을 거친 후에 클라이언트 요구가 도착하기 때문이며, 이로 인해 SSG 안에서는 대기하고 있는 클라이언트 요구가 존재하지 않는다고 가정할 수 있다.

(1) SSG의 CPU 장치의 서비스 시간

(그림 A.2)에서 CPU 장치는 클라이언트 요구에 대하여 항상 일정한 서비스 시간을 제공하기 때문에 지연 서버(Delay Server)로 나타냈는데, 이러한 CPU 장치의 서비스 시간은 다음과 같은 이유로 SSG의 서비스 시간 모델을 고려할 때에 무시한다.

- ① CPU 장치의 서비스 시간이 실제 디스크 검색 시간 보다 상당히 작다.
- ② 최악의 성능을 고려하는 디스크 성능 모델에서 어느 정도 보상한다.

- ③ 전체 시스템 지연 시간에 대한 모델링을 위해 단순화할 필요가 있다.



(그림 A.2) SSG의 큐잉 네트워크 모델

(2) SSG의 디스크 장치의 서비스 시간

SSG의 디스크 장치가 하나의 서비스 주기 동안에 서비스할 수 있는 최대의 미디어 블록 검색 요구 수는 앞에서 정의한 디스크 성능의 확률적 모델을 이용하여 산출할 수 있으며, 이를 $N_{request}$ 라 하자. 이때, 서비스 주기를 단위시간, 즉, '1'초로 설정하면, 디스크 장치의 처리율은 $\mu_{disk} = N_{request}$ 가 된다.

디스크의 미디어 블록 검색 요구에 대한 서비스 시간을 T_{disk} 라고 하면, T_{disk} 는 디스크 장치에서의 대기 시간이 없기 때문에 하나의 서비스 주기 안에서 서비스되므로 $[\frac{1}{N_{request}}, 1]$ 사이에 균등 분포(Uniform Distribution)를 따른다고 할 수 있다.

따라서, T_{disk} 의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f_{disk}(x) = \frac{N_{request}}{N_{request} - 1}$$

(3) SSG의 서비스 시간

SSG는 미디어 객체에 대한 검색 요구에 대하여 디스크에 대한 다수의 미디어 검색 요구로 나누어 서비스하게 된다. SSG가 M 개의 디스크를 가지고 있고, 미디어 객체는 N_{mb} 개의 미디어 블록으로 이루어진다고 할 때에 클라이언트 요구에 대한 SSG의 서비스 시간을 T_{SSG} 라고 하면, T_{SSG} 는 CPU 장치의 서비스 시간을 제외하고, 디스크 장치 시간만을 고려하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

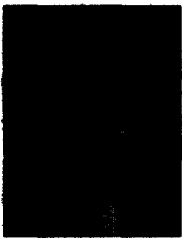
$$T_{SSG} = \frac{N_{mb}}{M} \times T_{disk}$$

따라서, T_{disk} 가 균등 분포를 따르므로 T_{SSG} 도 $[\frac{N_{mb}}{M \cdot N_{request}}, \frac{N_{mb}}{M}]$ 사이에서 균등 분포를 따르며, 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f_{SSG}(x) = \frac{M \cdot N_{request}}{N_{mb} \cdot (N_{request} - 1)}$$

참 고 문 헌

- [1] D. J. Gemmell, H. M. Vin, D. D. Kandur, P. V. Rangan and L. Rowe, "Multimedia Storage Servers : A tutorial," IEEE Computer, Vol.28(5), pp.40-49, 1995.
- [2] B. Ozden, R. Roastogi, and A. Silberschatz, "Research Issues in Multimedia Storage Servers," ACM Computing Surveys, Vol.27(4), 1995.
- [3] Ed Chang and A. Zakhor, "Variable Bit Rate MPEG Video Storage on Parallel Disk Arrays," Proc. of SPIE conference on Visual Communication and Image Processing, pp.47-60, 1994.
- [4] H. M. Vin, Alok Goyal, Anshuman Goyal, and Pawan Goyal, "An Observation-Based Admission Control Algorithm for Multimedia Servers," Proc. of the 1st IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, pp.234-243, 1994.
- [5] H. M. Vin, Pawan Goyal, Alok Goyal, and Anshuman Goyal, "A Statistical Admission Control Algorithm for Multimedia Servers," Proc. of the ACM International Conference on Multimedia, 1994.
- [6] G. Nerjes, P. Muth, and G Weikum, "Stochastic Performance Guarantees for Mixed Workloads in a Multimedia Information System," Proc. of the IEEE International Workshop on Reseach Issues in Data Engineering(RIDE'97), 1997.
- [7] G. Nerjes, P. Muth, and G Weikum, "Stochastic Performance Guarantees for Continuous data on Multi-Zone Disks," Proc. of the 16th Symposium on Principles of Database Systems(PODS'97), 1997.
- [8] J. Dengler, C. Berhardt, and E. Biersack, "Deterministic Admission Control Strategies in Video Servers with Variable Bit Rate Streams," Proc. of Interactive Distributed Multimedia Systems and Services(IDMS96), pp.245-264, 1996.
- [9] B. Ozden, R. Roastogi, P. J. Shenoy, and A. Silberschatz, "Fault-tolerant Architectures for Continuous Media Server," Proc. of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, pp.79-90, 1996.
- [10] P. J. Shenoy, P. Goyal, S. Rao, and H. M. Vin, "Design and Implementation of Symphony : An Integrated Multimedia File System," Proc. of ACM/SPIE Multimedia Computing and Networking, pp.124-138, 1998.
- [11] Arnold O. Allen, "Probability, Statistics, and Queueing Theory with Computer Science Applications," 2nd Edition, Academic Press, Inc., 1990.
- [12] L. Kleinrock and R. Gail, Queueing Systems : Problems and Solutions, John Wiley & Sons, Inc., 1996.
- [13] R. Zimmermann, "Continuous Media Placement and Scheduling in Heterogeneous Disk Storage Systems," Ph.D Dissertation, University of Southern California, Computer Science Department, 1998.
- [14] Seagate, Inc., "Seagate Disk Solutions," <http://www.seagate.com/>, 2000.
- [15] Wolfram Research, Inc., "A First Look at MATHEMATICA 3.0," <http://www.wolfram.com/>, 2000.
- [16] L. T. Chen, Doron Rotem, and Sridhar Seshadri, "Declustering Database on Heterogeneous Disk Systems," Proc. of 21st International Conference on Very Large Data Base, pp.110-121, 1995.
- [17] 정귀옥, "Clustered NOD 저장서버에서의 데이터 Striping 및 Replica 배치 기법", 석사학위논문, 부산대학교, 1999.



김 영 주

e-mail : yjkim@silla.ac.kr
 1988년 부산대학교 계산통계학과 졸업 (이학사)
 1990년 부산대학교 대학원 계산통계학과 (이학석사)
 1990년~1995년 큐닉스컴퓨터 응용 시스템 연구소

1999년 부산대학교 대학원 전자계산학과(이학박사)
 2000년~현재 신라대학교 컴퓨터정보공학부 전임강사
 관심분야 : 분산시스템, 멀티미디어, 영상 압축 및 통신



노 영 옥

e-mail : yulho@silla.ac.kr
 1985년 부산대학교 계산통계학과 졸업 (이학사)
 1989년 부산대학교 대학원 전자 계산학과 (이학석사)
 1998년 부산대학교 대학원전자 계산학과 (이학박사)

1989년~1996년 한국전자통신연구원 연구원
 1996년~현재 신라대학교 컴퓨터교육과 조교수
 관심분야 : 운영체제, 멀티미디어, 병렬/분산시스템, 컴퓨터교육