

# 대학 학사정보시스템의 클라우드 컴퓨팅을 위한 최적용량 분석

이구연\*, 최황규\*, 최창열\*, 장민\*\*, 윤재구\*\*

## 요약

최근 클라우드 컴퓨팅은 대학의 정보시스템 구축에도 영향을 미치고 있다. 대학 학사정보시스템을 클라우드 컴퓨팅 환경으로 설계할 때 자원낭비와 서비스품질을 고려하여 적절한 처리용량을 산정하는 것은 매우 중요한 일이다. 사용자가 기대하는 서비스 품질을 만족시키는 클라우드 컴퓨터의 처리용량은 사용자 트랜잭션의 발생 패턴과 자원요구 특성에 근거하여 예측해야 한다. 본 논문에서는 대학 학사업무에서 발생하는 실제 트래픽을 분석하고 특정한 평균 응답시간을 만족시키는 클라우드 컴퓨터의 처리용량을 산출하는 기법을 제시한다. 이를 위해 학사업무 클라우드 서비스 모델을 정립하고 대학 학사업무의 실제 운용데이터로부터 도출한 트래픽 패턴과 자원요구 특성을 적정용량 분석 모델에 적용하여 현실적인 값을 유도한다. 제시된 서비스 모델과 실제 운용 데이터를 바탕으로 한 트래픽과 적정용량의 분석 결과는 유사한 규모의 대학 정보시스템 진화에 충분히 활용될 수 있다.

키워드 : 클라우드, 학사정보시스템, 학사업무, 최적 용량, 성능 분석

## Capacity Analysis of University Cloud Computer for Integrating Academic Affairs Business

Goo Yeon Lee\*, Hwang Kyu Choi\*, Chang Yeol Choi\*, Min Jang\*\*, Jae Ku Yoon\*\*

## Abstract

Recently, cloud computing has been affecting academic information system buildup. When university academic affairs information system is designed with cloud computing, it is very important to estimate the adequate processing capacity for the cloud computer taking into account a waste of resources and the quality of service. Cloud computer's processing capacity to meet the quality of service expected by users should be predicted based on users' transaction patterns and resource requirements characteristics. In this paper, we analyze actual traffic patterns occurring in university academic affairs business and propose a method to calculate the optimal processing capacity for cloud computer to satisfy the given average response time. To justify our research, we apply the research results to a real university academic affairs business case and obtain the optimal processing capacity for the integrated academic affairs business.

Keywords : cloud, academic affairs information system, academic affairs business, optimal capacity, performance analysis

## 1. 서론

※ 교신저자(Corresponding Author): Goo Yeon Lee  
접수일:2013년 11월 19일, 수정일:2013년 12월 10일  
완료일:2014년 06월 28일

\* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학전공 교수  
Tel: +82-33-250-6394, Fax: +82-33-252-6390  
email: leegyeon@kangwon.ac.kr

\*\* (주) 더존비즈온

▣ 본 연구는 (주)더존비즈온의 지원을 받아 수행되었음.

최근 많은 관심을 끌고 있는 클라우드 컴퓨팅 서비스는 비즈니스, 행정안전, 제조업은 물론 고등교육기관에도 큰 영향을 미치고 있다. 대학의 정보시스템을 직접 구축하여 운용하던 전통적인 접근에서 간편한 임대로 변경함으로써 대학 IT 자원의 효율성을 높이고 글로벌 경쟁력을 확보하는 방안의 하나로 적극 검토되고 있다. 정부도 2012년 2월에 대학의 정보시스템을 클라우드 환경으로 전환하여 글로벌 경쟁 환경에서 대학이

본연의 기능에 더 집중할 수 있게 할 목표를 갖고 구체적인 계획을 마련 중이라고 밝힌 바 있다. 일반적으로 기존의 정보시스템을 클라우드로 전환하여 비용을 절감하고 전문기관이 지원하는 다양한 서비스들을 이용하여 새로운 시스템을 신속히 만들 수 있어 보이지만 기존의 응용프로그램들을 클라우드 환경으로 전환하거나 클라우드 환경에 신규로 진입할지를 결정하는 것은 그렇게 쉽지 않다.

각 기관이 서비스하는 애플리케이션들 중에서 사용자가 기대하는 서비스품질을 만족하면서 비용을 절감할 수 있는 애플리케이션을 우선 클라우드로 전환하는 것이 효과적이다. 자원을 단기간 집중적으로 사용하고 나머지 시간에는 유휴상태를 유지하거나, 잠재적인 사용량이 불확실하거나, 일정한 수준의 자원을 계속 사용하지만 특정 기간에만 작업량이 매우 많은 애플리케이션 등이 대상이 될 수 있다.

또한 애플리케이션을 서비스하는 서버의 구입 및 운영, 유지등의 측면에서도 클라우드 컴퓨터 환경의 도입 여부를 고려할 수 있다. 서버에 관련된 전체 비용에는 서버를 도입할 때의 비용뿐 아니라 일상의 운용비용도 포함되는데, 특히 대학정보화 업무의 사용자 대부분이 업무담당자로 한정되고 업무부하가 특정 시점에 집중되는 상황에서 서버를 과도하게 유지, 운용하면 낭비가 발생한다. 또한 새로운 서버를 구매할 때 최적용량 보다는 최대용량을 선택하는 경향이 있으므로, 이용률이 낮은 서버들을 클라우드로 통합하여 동일한 서비스 품질을 제공하면서도 총비용을 줄일 수 있는 클라우딩 전략이 중요해진다.

대학의 학사업무는 입시, 학적, 등록, 장학, 성적, 수강, 행정, 연구정보 등으로 구성되며, 업무에서 발생하는 트랜잭션을 처리하는 서버는 업무단위로 또는 몇몇 업무를 모은 그룹단위로 구성할 수 있다. 실제로 학사정보시스템을 구축할 때, 업무별 개별 서버이든 그룹 서버이든, 업무 트랜잭션의 발생빈도와 요구되는 응답시간을 면밀하게 분석하여 설계하기 보다는 여유 용량이 큰 고성능시스템을 채택함으로써 평균 이용률이 대체로 낮아 과투자에 따른 낭비가 수반된다. 학사업무를 효율적으로 처리하기 위해 클라우드 컴퓨터를 도입하고자 할 때는 학사업무의 실제 트래픽을 면밀하게 분석하고 이를 바탕으로 시

스템 용량을 정교하게 설계하여야한다. 즉 예상되는 트랜잭션 트래픽보다 훨씬 크게 설계하면 자원의 낭비가 있게 되며, 오히려 예상 트랜잭션 트래픽보다 적게 설계하면 응답시간 같은 서비스품질이 나빠지게 된다. 업무별로 예상되는 트랜잭션 트래픽을 정확하게 산정하는 것이 매우 중요하지만 캠퍼스 정보시스템을 실제 운용하면서 발생하는 트래픽 데이터의 수집과 분석을 근거로 한 적정 처리용량의 산정과 응용 사례는 찾기가 어렵다.

본 논문에서는 기존의 대학 학사정보시스템을 클라우드 컴퓨팅 환경으로 전환하고자 할 때 요구되는 적정 처리용량을 산정하는 기법을 제시한다. 먼저 기존의 학사업무를 통합하는 클라우드 컴퓨팅 서비스 모델과 통합 트랜잭션의 자원 요구 특성을 분석하기 위한 모델을 정립하고 클라우드 컴퓨터의 적정용량을 분석한다. 또한 사례연구로서 K 국립대학의 학사업무 운용 데이터로부터 입시, 장학 및 성적, 학적 및 등록, 수강신청, 연구정보 업무별 트랜잭션 트래픽의 발생 패턴과 자원요구 특성을 파악하고 적정용량 분석 모델을 적용하여 현실적인 값들을 유도한다. 제시된 서비스 모델과 실제 운용 데이터를 바탕으로 한 트랜잭션 트래픽과 적정용량의 분석 결과는 유사한 규모의 대학 정보화 업무에 충분히 응용될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 대학 학사업무의 서비스 모델을 제시하고 적정용량 산정을 위한 관계식을 유도한다. K 국립대학 학사정보시스템의 운용 데이터를 수집하여 세부 업무별 특성을 분석하고 사용자가 기대하는 응답시간을 만족하는 적정용량의 산출 기법은 4장에서 다룬다. 그리고 5장에서 결론을 기술한다.

## 2. 관련 연구

CloudGuide[1]는 사용자가 원하는 수준의 성능을 만족하면서 기존응용을 다양한 클라우드 공급자에서 실행할 때의 비용을 추정하고 요구되는 컴퓨팅 자원을 대기이론으로 예측하는 도구로서, 이를 이용하면 새로운 작업부하에 적합한 클라우드 구성방안도 찾을 수 있다. 그러나 요구

되는 자원의 타입과 수를 입력하여 추정비용을 산출해야 하고 응용이 요구하는 성능조건을 만족시키는데 필요한 클라우드 자원량을 사용자들이 추정해야 하는 어려움이 있다. [2]에서는 기존의 레거시 응용을 클라우드 환경으로 전환할 것인가에 대한 답을 제시하고자 하였다. British Telecom에서 운용하는 세 가지 응용들을 대상으로 클라우드로의 전환 방법과 실제로 작업을 할 때 발생하는 문제를 다룬다. Koch 등은 클라우드 자원을 교육기관에 제공할 때 더욱 정제된 수요예측 방법을 제안하고 그 효과를 평가하였다[3]. 응용프로그램의 특성을 바탕으로 서비스품질을 손상하지 않고도 비용에 최적화하는 동적 자원할당 기법들을 수치해석으로 분석하였다. [4]는 인도 정부의 야심찬 교육정보화 사업과 관련하여 교육기관들이 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축할 때 얻을 수 있는 잇점을 분석하였다. 이를 위해 외국 대학들의 클라우드 컴퓨팅 사례를 많이 조사하고 Total Cost of Ownership(TCO)와 Cost per User per Month 모델을 비교하였다.

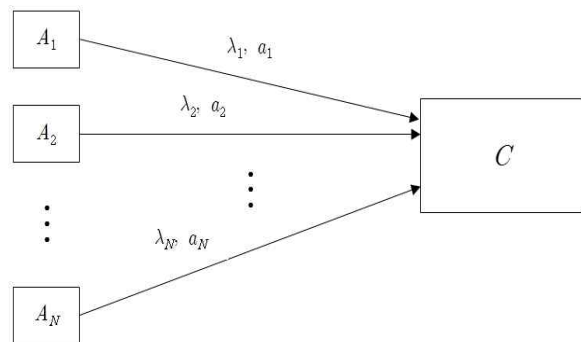
국내에서는 대학에 클라우드 환경을 도입하는 방안에 대한 논의와 캠퍼스 업무를 부분적으로 가상화하는 사례들이 있어왔다. 정부가 주도하여 대학에 클라우드 환경을 도입하는 클라우드 캠퍼스 추진전략을 논의한 적이 있다. 클라우드 환경을 도입하여 IT자원의 TCO를 줄이고 IT자원을 위한 공간과 인력, 운영비를 지속적으로 감소시켜 대학 정보화 영역에 대한 ROI를 높이고 대학은 본연의 기능에 더 집중할 것으로 분석하였다. 그리고 모바일 클라우드 캠퍼스 구축 계획에는 대학내 PC를 Desktop-as-a-Service로 전환하여 1인당 1클라우드 PC를 시범 서비스하는 내용도 들어있다. 나아가 대학별로 소유해온 IT 자원들을 “고등교육용 클라우드 데이터 센터”로 집약하여 IT자원에 투자하던 대학별 재정, 인력, 공간을 절약하고, 대학간 IT자원의 중복 투자 방식에 따른 국가적 낭비를 방지할 것으로 보았다. 한편 [5]에서는 오픈소스 기반의 클라우드 컴퓨팅 플랫폼과 하이퍼바이저를 이용하여 데스크탑 가상화 시스템을 구축하고, 가상화 서비스 제공 시간을 개선하는 방법을 제안하였다. 이를 실제 PC 30대를 운영하는 실습실에 적용하여 구축비용, 라이선스 비용 절감을 등을 비교하였다. 그

리나 클라우드 캠퍼스 구축을 위한 정책과 전략에 대한 논의, 대학의 VDI 구축 사례, 데스크탑 가상화 시스템 구축에 대한 연구는 있었으나, 대학 정보화의 핵심인 학사정보시스템에 대한 실제 운용데이터를 바탕으로 한 시스템 설계와 구현 이슈를 다룬 연구문헌은 찾아보기 어려운 실정이다.

### 3. 대학 학사업무 서비스 모델

대학의 학사업무(academic affairs)는 입시, 학적, 등록, 장학, 성적, 수강, 행정, 연구정보 등으로 구성되며, 업무에서 발생하는 트랜잭션은 단위업무로 또는 몇몇 업무를 모아 그룹단위로 처리한다. 실제로 학사정보시스템을 도입할 때, 업무별 개별 서버이든 그룹 서버이든, 업무 트랜잭션의 발생빈도와 응답시간을 면밀하게 분석하여 설계하기 보다는 여유 용량이 큰 고성능 시스템을 도입한다. 이로써 서버의 평균 가동률이 10%~20%에 머물러 과투자에 따른 낭비가 발생한다. 특히 클라우드 컴퓨터를 도입하여 학사업무를 효율적으로 처리하고자할 때는 실제 학사업무의 트래픽 분석을 기반으로 시스템용량을 정교하게 설계하여야한다. 여기서는 여러 학사업무를 클라우드 컴퓨터로 통합할 때의 서비스 모델을 제시하고 적정용량을 분석한다.

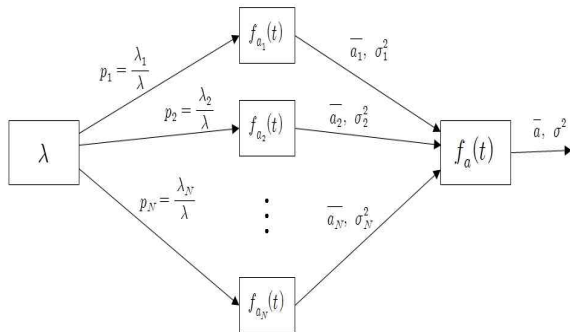
(그림 1) 클라우드 컴퓨터를 이용한 학사 업무 통합 시스템 모델 ( $N$ 개의 학사 업무 네트워크  $A_i$  ( $i=1 \sim N$ ) 및 클라우드 컴퓨터 ( $C$ )로 구성)



(Figure 1) Integrated academic affairs information system using cloud computer

(그림 1)은 캠퍼스내의 여러 학사업무를 클라우드 컴퓨터로 통합하였을 때의 시스템 모델을 나타낸다. 여러 학사업무를  $A_i$  ( $i=1 \sim N$ )로 표시하며, 통합된 학사 클라우드 컴퓨터를  $C$ 로 나타낸다. 학사업무  $A_i$ 로부터의 트랜잭션 도착률은  $\lambda_i$ 로, 모든 학사업무의 도착률의 합을  $\lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i$ 로, 그리고 트랜잭션당 요구되는 컴퓨팅 자원은 r.v.  $a_i$  (단위 : instructions)로 표시한다.  $a_i$ 의 분포에 대한 pdf는  $f_{a_i}(t)$ 로 나타내고, 평균 및 분산은 각각  $\bar{a}_i$  및  $\sigma_i^2$ 으로 가정한다. 여기서  $t$ 는 전통적인 시간을 나타내는 변수가 아닌 처리에 필요한 명령어(instruction)의 수를 나타내는 변수이다. 또한 명령어의 수는 기본적으로 이산(discrete) 값을 갖게 되나,  $t$ 의 범위가 0 instruction으로부터 수 giga instruction까지 넓게 분포되므로 이를 계산상 무리없이 연속(continuous) 변수로 취급하였다. (그림 2)는 여러 학사업무 네트워크로부터의 통합 트랜잭션에 대한 컴퓨팅 자원의 요구 특성을 분석하기 위한 모델이다.

(그림 2) 통합 트랜잭션의 컴퓨팅 자원 요구 특성 분석 모델



(Figure 2) Analytical model for integrated transactions' demand characteristics of computing resources

(그림 2)에서 클라우드 컴퓨터에 도착한 통합 트랜잭션은  $p_i = \frac{\lambda_i}{\lambda}$ 의 확률로서 r.v.  $a_i$ 의 특성을 갖는다고 할 수 있으며, 이 때 평균 및 분산은

$\bar{a}_i, \sigma_i^2$  이 된다. 이러한 개별 트랜잭션은 통합되어 컴퓨팅 자원 요구 특성 r.v.  $a$ 를 갖는 것으로 가정하며, pdf 및 평균 분산은 각각  $f_a(t), \bar{a}, \sigma^2$ 으로 표시한다.

클라우드 컴퓨터의 최적용량을 구하기 위하여, 통합 컴퓨팅 자원 요구 변수  $a$ 의 특성을 구한다. 먼저 평균 및 분산의 정의로부터,  $a_i$ 에 대하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{a}_i = \int_0^{\infty} t f_{a_i}(t) dt, \quad \sigma_i^2 = \int_0^{\infty} t^2 f_{a_i}(t) dt - (\bar{a}_i)^2 \quad (1)$$

또한 통합 컴퓨팅 자원 요구 변수의 pdf는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$f_a(t) = \sum_{i=1}^N p_i f_{a_i}(t) \quad (2)$$

마찬가지로  $a$ 의 평균은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\bar{a} = \int_0^{\infty} t f_a(t) dt = \sum_{i=1}^N \int_0^{\infty} p_i t f_{a_i}(t) dt = \sum_{i=1}^N p_i \bar{a}_i \quad (3)$$

$a$ 의 분산을 구하는 과정은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \int_0^{\infty} t^2 f_a(t) dt - (\bar{a})^2 = \sum_{i=1}^N p_i \int_0^{\infty} t^2 f_{a_i}(t) dt - (\bar{a})^2 \\ &= \sum_{i=1}^N p_i \left[ \int_0^{\infty} t^2 f_{a_i}(t) dt - (\bar{a}_i)^2 + (\bar{a}_i)^2 \right] - (\bar{a})^2 \\ &= \sum_{i=1}^N p_i \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^N p_i (\bar{a}_i)^2 - (\bar{a})^2 \end{aligned} \quad (4)$$

학사시스템을 설계할 때 사용자 트랜잭션에 대한 응답시간을 가장 중요하게 고려해야 하며, 일반적으로 응답시간은 사용자 트랜잭션에 따라 다르게 나타나며, 아주 간단한 처리를 요구하는 트랜잭션, 또는 멀티미디어 데이터 등 대량 데이터의 처리 및 하드디스크 접속시간 차이, 데이터 베이스 접속에 따른 검색시간 차이, 생성되는 쓰레드 개수에 따른 처리시간의 변동 등에 따라

랜덤한 분포를 갖게 된다. 본 논문에서는 학사시스템의 성능을 서버의 평균 응답시간  $T$ 로 정의하고,  $T$ 를 기준으로 학사시스템을 통합하는 클라우드 컴퓨터의 컴퓨팅 용량을 산정한다.

본 연구에서는 학사업무  $A_i$ 에서의 학사 트랜잭션의 도착 분포를 포아송 분포로 가정한다. 포아송 분포는 네트워크의 트래픽을 분석할 때 가장 널리 사용되는 분포로서 많은 사용자들이 서로 간에 독립적으로 트래픽을 생성할 때 적합한 모델이다. 또한 통합 학사 트랜잭션의 도착 분포도 역시 포아송 분포로 나타낼 수 있다. 이는 여러 개의 포아송 분포의 합은 역시 포아송으로 나타낼 수 있다는 포아송 분포의 메모리리스 특성에 기인한다. 이와 같은 가정으로부터 우리는 통합 학사 트랜잭션을 처리하는 클라우드 컴퓨터의 서비스들을 M/G/1 큐잉시스템으로 모델링할 수 있다. 클라우드 컴퓨터의 컴퓨팅 자원 즉 클라우드 컴퓨터의 처리용량을  $\mu$ (단위:instructions/sec)라고 가정하면, 통합 학사 트랜잭션의 처리 시간을 나타내는 r.v.  $a_\mu$ 는  $a$ 와 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$a_\mu = \frac{a}{\mu} \tag{5}$$

통합 학사 트랜잭션의 컴퓨팅 자원 요구 특성에 대한 coefficient of variation을  $C = \frac{\sigma}{a}$  라고 할 때 평균 응답시간  $T$ 에 대하여 M/G/1 대기 이론 모델에서의 결과를 적용시키면 다음과 같은 관계를 구할 수 있다[6].

$$T = \frac{1}{a_\mu} + \frac{\rho \bar{a}_\mu (1 + C^2)}{2(1 - \rho)}, \tag{6}$$

단 여기서  $\rho = \lambda \bar{a}_\mu$ 의 관계를 가지며,  $\bar{a}_\mu$ 는  $a_\mu$ 의 평균값을 표시한다.

위의 식을 풀어 정리하면 다음과 같다.

$$2T(1 - \lambda \bar{a}_\mu) = 2\bar{a}_\mu(1 - \lambda \bar{a}_\mu) + \lambda(\bar{a}_\mu)^2(1 + C^2) \tag{7}$$

정리하면,

$$\lambda(C^2 - 1)(\bar{a}_\mu)^2 + 2(1 + \lambda T)\bar{a}_\mu - 2T = 0. \tag{8}$$

윗 식에서  $\bar{a}_\mu$ 를 구하는 과정은 다음과 같다.

$C=1$ 일 때 (coefficient of variation이 1인 경우로 지수분포의 처리시간이 한 예가 됨)는 1차식이 되므로 간단히 구할 수 있다.

$$\bar{a}_\mu = \frac{T}{1 + \lambda T} \tag{9}$$

$C \neq 1$ 일 때는 다음과 같이 구하여 진다.

$$\bar{a}_\mu = \frac{-(1 + \lambda T) \pm \sqrt{\lambda^2 T^2 + 2C^2 \lambda T + 1}}{\lambda(C^2 - 1)} \tag{10}$$

$C > 1$  일 때 (coefficient of variation이 1보다 큰 경우로 hyperexponential 분포의 처리시간이 한 예가 될 수 있음),  $\bar{a}_\mu$ 는 양수이어야 하므로 위의 두 근중에서 다음의 하나의 근만 가지게 된다.

$$\bar{a}_\mu = \frac{-(1 + \lambda T) + \sqrt{\lambda^2 T^2 + 2C^2 \lambda T + 1}}{\lambda(C^2 - 1)} \tag{11}$$

또한  $C < 1$  일 때 (coefficient of variation이 1보다 작은 경우로 Erlangian 분포 또는 상수분포 처리시간이 예가 될 수 있음)는,  $0 < 1 - C^2 < 1$ ,  $1 + \lambda T > 1$ ,  $1 < \sqrt{\lambda^2 T^2 + 2C^2 \lambda T + 1} < 1 + \lambda T$  인 상태에서,  $\rho = \lambda \bar{a}_\mu$ 는 1보다 작아야 하므로 (1보다 크면 시스템 발산함), 물리적으로 의미 있는 답은 다음과 같다.

$$\bar{a}_\mu = \frac{-(1 + \lambda T) + \sqrt{\lambda^2 T^2 + 2C^2 \lambda T + 1}}{\lambda(C^2 - 1)} \tag{12}$$

그러므로 위의 식들로부터  $\bar{a}_\mu$ 는 다음과 같이 정리될 수 있다.

$$\bar{a}_\mu = \begin{cases} \frac{T}{1+\lambda T} & \text{for } C=1 \\ \frac{-(1+\lambda T) + \sqrt{\lambda^2 T^2 + 2C^2 \lambda T + 1}}{\lambda(C^2 - 1)} & \text{for } C \neq 1 \end{cases} \quad (13)$$

즉 클라우드 컴퓨터 C의 처리용량은  $\mu = \frac{\bar{a}}{a_\mu}$

이므로 다음과 같이 구할 수 있다

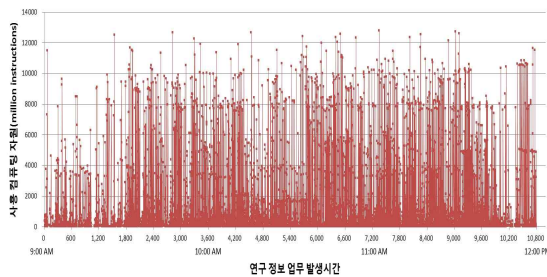
$$\mu = \frac{\bar{a}}{a_\mu} = \begin{cases} \frac{\bar{a}(1+\lambda T)}{T} & \text{for } C=1 \\ \frac{\bar{a}\lambda(C^2 - 1)}{-(1+\lambda T) + \sqrt{\lambda^2 T^2 + 2C^2 \lambda T + 1}} & \text{for } C \neq 1 \end{cases} \quad (14)$$

### 4. 사례연구 : K 국립대학교

#### 4.1 학사 업무 트래픽 분석

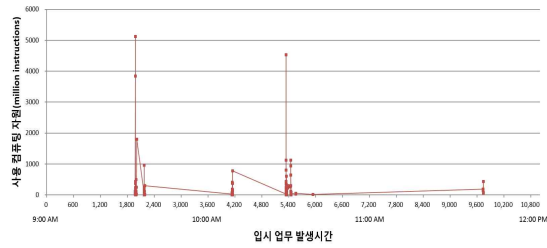
3장에 보인 모델링 결과를 K 국립대학교의 학사시스템에 적용, 분석한다. (그림 3~7)은 K 국립대학교의 통상적인 학사업무 트래픽의 발생 패턴 그리고 처리에 요구되는 컴퓨팅 자원(단위 : million instructions per second(MIPS))을 나타낸다. K국립대학교의 학사업무는, 타 국립대학과 유사하게, 입시, 학적 및 등록, 장학 및 성적, 행정업무, 연구정보, 그리고 수강 등으로 구성된다. 학사 업무 중 수강신청 업무는 2월말, 8월 말의 수강신청시기에 1시간 정도 집중적으로 트래픽이 발생하고 그 외에는 별다른 트래픽이 발생하지 않아 평상시에 꾸준히 트랜잭션을 발생시키는 타 업무와는 다른 특성을 보인다. 이에 대한 예외적인 관리가 필요하며, 4.3절에서 별도로 다룬다.

(그림 3) 연구정보 업무 발생 패턴



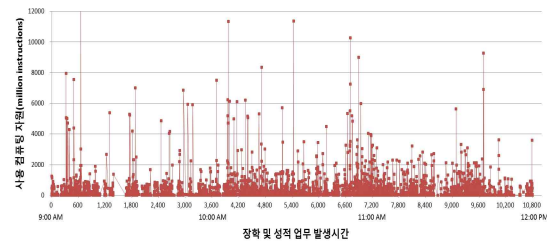
(Figure 3) Generation pattern of research business transactions

(그림 4) 입시 업무 발생 패턴



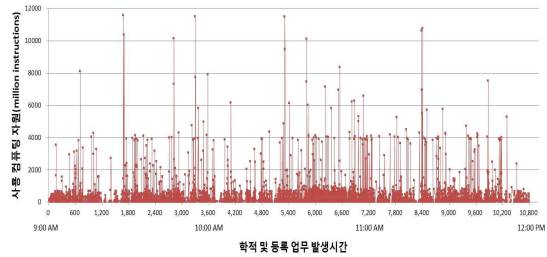
(Figure 4) Generation pattern of entrance business transactions

(그림 5) 장학 및 성적 발생 패턴



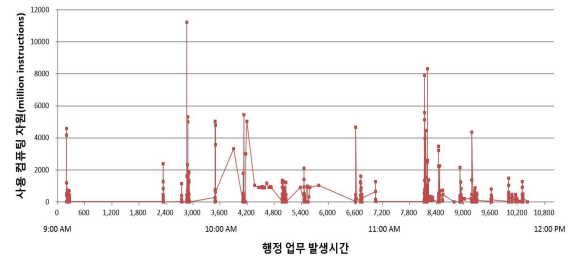
(Figure 5) Generation pattern of scholarship and grade business transactions

(그림 6) 학적 및 등록 업무 발생 패턴



(Figure 6) Generation pattern of registration and enrollment business transactions

(그림 7) 행정 업무 발생 패턴



(Figure 7) Generation pattern of administration business transactions

위의 그래프들은 오전 9시부터 12시까지의 학사 업무 서비스 요청 패턴을 나타낸다. 클라우드 컴퓨터의 용량을 산정할 때, 업무 트랜잭션 발생이 많이 발생하는 피크 타임을 기준으로 해야 하므로, 학사업무의 피크 타임인 평일 오전 시간대를 선택하였다. 그래프의 x축은 오전 9시를 시작으로 12시까지 초단위의 시간을 나타낸다. 위의 그래프로부터 측정된 각 업무의 통계치를 정리하면 다음 표와 같다.

<표 1> 학사 업무 종류에 따른 트랜잭션 및 사용 컴퓨팅 자원의 통계 특성

Type code	Type of business	Average arrival rate (per sec)	Average processing resource (million instructions)	Standard deviation of processing resource (million instructions)
A <sub>1</sub>	Research	λ <sub>1</sub> =1.524	$\bar{a}_1=862$	σ <sub>1</sub> =2015
A <sub>2</sub>	Entrance	λ <sub>2</sub> =0.016	$\bar{a}_2=209$	σ <sub>2</sub> =615
A <sub>3</sub>	Scholarship and Grade	λ <sub>3</sub> =1.158	$\bar{a}_3=158$	σ <sub>3</sub> =516
A <sub>4</sub>	Registration and Enrollment	λ <sub>4</sub> =2.264	$\bar{a}_4=156$	σ <sub>4</sub> =441
A <sub>5</sub>	Administration	λ <sub>5</sub> =0.085	$\bar{a}_5=313$	σ <sub>5</sub> =879

<Table 1> Statistical characteristics of transactions according to academic affair types

위의 표로부터 가장 빈도수가 높은 트랜잭션은 학적 및 등록 업무임을 알 수 있다. 연구정보의 트랜잭션도 꾸준히 요구되는 컴퓨팅 자원의 양도 다른 업무보다 월등히 많은 것을 알 수 있다. 입시 업무는 상식적으로는 입시철에만 있는 것으로 생각할 수 있으나, 현실에서는 수시 입시(사정관계 및 비사정관계 입시 포함) 및 정시 입시 업무가 장기간에 걸쳐 골고루 분포되어 있다. 이와 더불어 사정관계 입학학생 및 비사정관계 입학학생 및 수시 및 정시 입학 학생들에 대한 4년 동안의 평가, 관찰 결과 등의 업무가 있어, 빈도수는 상대적으로 낮은 편이나, 역시 다른 업무와 마찬가지로 연중 꾸준한 트랜잭션이 발생되고 있다.

#### 4.2 클라우드 컴퓨팅의 최적용량 분석

4장의 모델링 결과를 본 사례에 적용시킨다.

<표 1>로부터,  $\lambda = \sum_{i=1}^5 \lambda_i = 5.047$ 으로 계산되며,

$$p_1 = \frac{\lambda_1}{\lambda} = 0.302, \quad p_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda} = 0.00317, \quad p_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda} = 0.229, \quad p_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda} = 0.449, \quad p_5 = \frac{\lambda_5}{\lambda} = 0.0168$$

을 구할 수 있다. 또한  $\bar{a} = \sum_{i=1}^N p_i \bar{a}_i = 372.5$ 을 구할 수 있

으며,  $\sigma^2 = \sum_{i=1}^N p_i \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^N p_i (\bar{a}_i)^2 - (\bar{a})^2 = 1492644$

으로부터  $\sigma = 1221.7$ 을 구할 수 있다. 그리고 coefficient of variation  $C = \frac{\sigma}{\bar{a}} = 3.28$ 가 계산된

다.

지금까지 구한 여러 파라미터들을 이용하여 클라우드 컴퓨터의 처리용량  $\mu$ 를 구할 수 있다. 클라우드 컴퓨터의 처리용량은 학사업무의 평균 응답시간  $T$ 에 따라 달라질 수 있다. 평균 응답 시간을 빠르게 하면 서비스 품질은 높아지나 클라우드 컴퓨터의 용량이 커지게 되며, 클라우드 컴퓨터의 처리용량을 작게 하려면, 평균 응답 시간을 길게 해야 한다. 이에 적당한 응답시간과 클라우드 컴퓨터의 처리용량 사이에 트레이드오프가 필요하게 된다. 다음 식은 지금까지 구한 여러 파라미터들과 클라우드 컴퓨터의 처리용량 사이에서의 관계를 평균 응답시간을 변수로 하여 나타낸 식이다.  $C \neq 1$  이므로

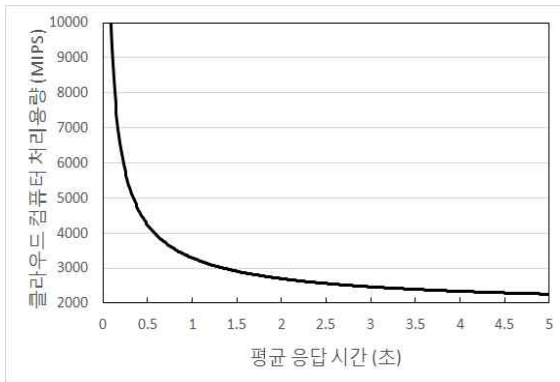
$$\begin{aligned} \mu &= \frac{\bar{a}\lambda(C^2-1)}{-(1+\lambda T) + \sqrt{\lambda^2 T^2 + 2C^2\lambda T + 1}} \\ &= \frac{372.5 \times 5.047 \times (3.28^2 - 1)}{-(1 + 5.047T) + \sqrt{5.047^2 T^2 + 2 \times 3.28^2 \times 5.047T + 1}} \\ &= \frac{18345.9}{-(1 + 5.047T) + \sqrt{25.47T^2 + 108.6T + 1}} \end{aligned} \tag{15}$$

(MIPS : million instructions per second)

다음 그림에 평균 응답시간과 요구되는 클라우드 컴퓨터의 처리용량의 관계를 나타내었다.



(그림 8) 평균 응답시간과 클라우드 컴퓨터의 처리용량의 관계



(Figure 8) Relation between average response time and processing capacity of cloud computer

위의 그래프로부터, 우리는 K 국립대학의 학사시스템을 클라우드 컴퓨터로 설계할 때, 평균 응답시간에 따라 요구되는 컴퓨팅 용량을 구할 수 있다. 지극히 비현실적이기는 하지만 평균 응답시간을 0.01초로 하는 경우, 46,481MIPS(약 46.5GMIPS)의 처리용량이 필요함을 알 수 있으며, 이는 현실적인 값인 평균 응답시간 1초인 경우의 컴퓨팅 용량인 3,290MIPS보다 14배 정도임을 알 수 있다. 평균 응답시간을 다소 늦은 2초로 잡으면, 필요한 컴퓨팅 용량이 2,699MIPS로 되어, 평균 응답시간 1초일 때 보다 약 20%가 줄어든다.

학사 클라우드를 설계할 때, 클라우드의 처리 용량을 설정하는 것이 매우 중요하다. 예상 트랜잭션 트래픽보다 훨씬 크게 설계하면 자원의 낭비가 있게 되며, 오히려 예상 트랜잭션 트래픽보다 적게 설계하면 서비스의 질(응답시간)이 나빠지게 된다. 그러므로 예상 트랜잭션 트래픽의 정확한 산정이 중요하며, 실제 트래픽 데이터를 바탕으로 분석, 제시한 K 국립대학교의 본 사례의 의미는 매우 크다. 캠퍼스 학사 클라우드를 신규로 설치하거나 기존의 학사 시스템을 클라우드로 전환할 때, 먼저 예상 트랜잭션 트래픽을 정확하게 산정한 후에 평균 서비스 응답시간을 얼마로 할 것인지를 설계하고, 본 연구의 분석 결과를 이용하여 클라우드 컴퓨터의 처리 용량을 결정할 수 있게 된다.

### 4.3 수강신청 업무의 처리

모든 대학의 수강신청 서비스는 일시적인 부하 집중현상을 나타내는 예외적인 특성을 갖는 업무로서 캠퍼스 클라우드를 설계할 때 특별히 고려해야 할 사항 중의 하나이다. K 국립대학 수강신청 기간 동안의 부하 특성은 <표 2>와 같으며, 매학기 2~3일의 수강신청 기간을 제외하고는 부하가 전무함을 알 수 있다. 수강신청 기간 중의 1일 평균 트랜잭션 도착률은 4.220으로서, <표 1>에 나타난 일반 학사행정 업무의 가장 큰 값인 학적등록 업무의 2.264 보다 2배 정도이다. 또한 수강신청 기간 중에서도 수강신청 시작 1시간 전부터 수강신청 개시 10분정도 까지에 부하가 특히 집중되어, <표 2>와 (그림 9)에서 보면 수강신청 시작시간(오전 9시)의 1시간 전인 오전 8시부터 단 1분간의 트랜잭션 평균 도착률은 363.715를 나타낸다. 이는 수강신청 기간 1일 평균 도착률 보다 90배 정도 큰 값으로서, 모든 학사행정 업무 부하의 합(5.047)보다도 72배 정도 크게 집중되는 현상을 보인다.

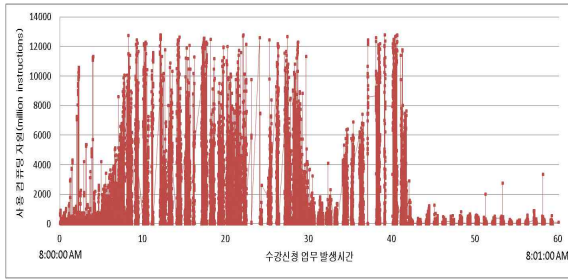
<표 2> 수강신청 업무의 기간별 트랜잭션 및 사용 컴퓨팅 자원의 통계 특성

	Period	Average arrival rate (per sec)	Average processing resource (million instructions)	Standard deviation of processing resource (million instructions)
Non signing-up period	One day	$\lambda_1=0.000$	$\bar{a}_1 = 0$	$\sigma_1 = 0$
Signing-up period	One day	$\lambda_2=4.220$	$\bar{a}_2=179$	$\sigma_2=714$
Signing-up period	8:00~8:01 AM (one minute)	$\lambda_3=363.517$	$\bar{a}_3=1362$	$\sigma_3=2396$

<Table 2> Statistical characteristics of course signing up business transactions



(그림 9) 수강신청 업무 발생 패턴



(Figure 9) Generation pattern of course signing up business information

한편, 수강신청 업무는 대량의 데이터베이스를 빈번하게 검색 또는 업데이트하기 때문에 <표 2>와 (그림 9)에 나타난 바와 같이 사용하는 컴퓨팅 자원의 량도 매우 많다. 따라서 수강신청 업무에 요구되는 컴퓨팅 자원량을 기준으로 캠퍼스 클라우드 시스템을 설계하면, 즉 피크 타임을 기준으로 하면 1년 중 대부분의 기간 동안은 자원 낭비가 심하게 발생하므로, 수강신청 업무를 일반 학사 업무와는 별도로 특별히 다루어야 한다. 클라우드 컴퓨팅 시스템의 서버는 가상 컴퓨터 기술을 활용하여 주어진 컴퓨팅 자원 하에서 가상 서버의 용량과 개수를 동적으로 설정하는 것이 가능하다. 그러므로 수강신청 기간 동안 일반 학사행정 업무를 위한 서버의 용량을 최소화하고, 여기에서 회수한 컴퓨팅 자원과 여분의 용량을 통합하여 수강신청 업무로 전용하여 활용하면 별도의 시스템을 구축하지 않고도 일정 기간 동안 필요한 용량을 확보할 수 있다. 이렇게 캠퍼스 클라우드를 구축하면 자원 낭비를 최소화하면서 학사행정과 수강신청 업무를 하나의 시스템으로 통합할 수 있게 한다.

### 5. 결론

대학의 학사정보시스템을 클라우드 컴퓨팅 환경으로 설계할 때 클라우드 컴퓨터의 처리용량을 적정하게 설계하는 것은 매우 중요한 일이다. 예상 트랜잭션 트래픽보다 훨씬 크게 설계하면 자원의 낭비를 초래하고, 예상 트랜잭션 트래픽보다 작게 설계하면 서비스품질이 나빠지게 된다. 사용자가 요구하는 서비스 품질을 만족시키는

클라우드 컴퓨터의 처리용량은 사용자 트랜잭션의 발생 패턴과 자원요구 특성에 근거하여 정확하게 예측해야 한다.

본 논문에서는 학사업무에서 발생하는 트래픽을 정확하게 산정하고, 평균 응답시간을 얼마로 할 것인지를 설계하여 이를 만족시키는 클라우드 컴퓨터의 처리용량을 결정하는 기법을 제시하였다. K 국립대학교 학사정보시스템의 실제 운용데이터를 수집, 분석하여 트래픽과 자원요구 특성을 파악하였다. 예상했듯이 수강신청 업무는 2월 말, 8월 말의 수강신청시기에 1시간 정도 집중적으로 트래픽이 발생하고 그 외에는 별다른 트래픽이 발생하지 않았다. 입시철에만 집중될 것으로 예상했던 입시 업무는 수시와 정시 기간에 골고루 분포될 뿐 아니라 다양한 전형유형별 입학생들의 평가, 관찰 등의 업무가 있어 다른 학사업무와 마찬가지로 트랜잭션이 연중 꾸준히 발생하였다. K 국립대학의 학사업무 사례에서도 출한 여러 파라미터들로부터 평균 응답시간  $T$ 를 만족시키는데 필요한 클라우드 컴퓨터의 처리용량을 구하였다. 서비스품질 척도인 학사업무의 응답시간과 클라우드 컴퓨터의 처리 용량 사이에 존재하는 트레이드오프도 분석하였다. 제시된 학사정보시스템의 클라우드 서비스 모델과 적정용량 분석 결과는 서비스 환경과 업무 특성이 비슷한 대학들에게 쉽게 적용할 수 있다. 다양한 업무특성에 따른 가상기계의 할당, 인프라와 플랫폼 자원의 유연한 관리와 서비스 기법 등은 향후 과제로 남긴다.

### References

- [1] Siew Huei Liew and Ya-Yunn Su, "CloudGuide: Helping Users Estimate Cloud Deployment Cost and Performance for Legacy Web Applications," 2012 IEEE 4th International Conference on Cloud Computing Technology and Science, 2012.
- [2] Quang Hieu Vu and Rasool Asal, "Legacy Application Migration to the Cloud: Practicability and Methodology," 2012 IEEE Eighth World Congress on Services.
- [3] Fernando Koch, Marcos D. Assundo, Marco A. S.

Netto, "A cost analysis of cloud computing for education," GECON'12 Proceedings of the 9th international conference on Economics of Grids, Clouds, Systems, and Services, pp.182-196, ACM, Nov. 2012.

[4] Deka Ganesh Chandra and Malaya Dutta Borah, "Cost benefit analysis of cloud computing in education," 2012 International Conference on Computing, Communication and Applications (ICCCA), Feb. 2012.

[5] Wan-Hee Lee and Bong-Hwan Lee, "Service Delivery Time Improvement using HDFS in Desktop Virtualization," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, v.16, n.5, pp. 913-921, May 2012.

[6] L. Kleinrock, Queueing Systems, Vol. 1: Theory (Wiley, 1975).

[7] Massimiliano Rak, Antonio Cuomo, and Umberto Villano, "Cost/Performance Evaluation for Cloud Applications Using Simulation," 2013 Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, IEEE, 2013.

**이 구 연**



1986년 : 서울대학교 전자공학과 (학사)  
 1988년 : KAIST 전기및전자공학과 (석사)  
 1993년 : KAIST 전기및전자공학과 (박사)

1993-96 : 디지콤 정보 통신 연구소  
 1996-97 : 삼성 전자  
 1997-현재 : 강원대학교 컴퓨터학부 컴퓨터정보통신 공학전공 교수  
 2004.7-2005.2 : 미국 Cornell 대학교 Visiting Professor  
 2010.1-2011.1 : 미국 Cornell 대학교 Visiting Professor

관심분야 : 데이터통신, 컴퓨터네트워크, 네트워크 보안, 차세대 인터넷, 이동통신, QOS, PKI, 네트워크 성능분석, ad-hoc routing, 3D-routing, ad-hoc network 보안, wireless mesh network, network coding, 이레이저 코딩

**최 황 규**



1984년 : 경북대학교 전자공학과 (학사)  
 1986년 : KAIST 전기및전자공학과 (공학석사)  
 1989년 : KAIST 전기및전자공학과 (공학박사)

1990년~ 현재 : 강원대학교 IT대학 컴퓨터정보통신 공학전공 교수  
 관심분야 : 데이터베이스시스템, 멀티미디어시스템, 클라우드컴퓨팅

**최 창 열**



1979년 : 경북대학교 전자공학과 (학사)  
 1981년 : 경북대학교 전자공학과 (석사)  
 1995년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 (박사)

1984년~1996년 : ETRI 컴퓨터연구단 책임연구원/연구실장  
 1996년~현재 : 강원대학교 컴퓨터학부 교수  
 관심분야 : 컴퓨터시스템아키텍처, 임베디드시스템, 클라우드컴퓨팅

**장 민**



1993년 : POSTECH 컴퓨터공학과 (학사)  
 1995년 : POSTECH 컴퓨공학과 (석사)  
 2000년 : POSTECH 컴퓨터공학과 (박사)

2000 - 2003 : LG전자 IMT2000 선임연구원  
 2003 - 2006 : 신지소프트 연구소장  
 2006 - 2010 : 비원플러스 연구 본부장  
 2010 - 현재 : 더존비즈온 기획실 이사  
 관심분야 : Data mining, Big data, Cloud Computing, Mobile Computing



## 윤재구

2009년 : 한국방송통신대학교 컴퓨터공학과(학사)

1993년~2000년 : 인텍소프트

2000년~2000년 : CJ시스템즈

2000년~2002년 : 성은정보

2002년~현재 : 디존비즈온 이사

관심분야 : 빅데이터 컴퓨팅, 데이터마이닝, 데이터베이스