

## 공용 컴퓨팅 자원의 전력 자원 절약을 위한 제어 시스템에 관한 연구

박재승\*, 박종배\*  
건국대\*

### A Control System for Electric Energy Saving of Public Computing Resources

Jae-Seung Park\*, Jong-Bae Park\*  
KonKuk University\*

**Abstract** - 공용 컴퓨팅 자원은 전력 자원 소모가 지속적으로 발생하는 컴퓨팅 자원 중 하나이다. 하지만, 공용 컴퓨팅 자원은 그 활용 특성상 소유 의식 및 비용 문제로부터 사용자의 책임성이 떨어지므로 전력 자원의 지속적 낭비가 이루어지는 대표적인 전력 소모처이다. 따라서 본 연구에서는 공용 컴퓨팅 시설에서 운용되는 컴퓨터 시스템에 대한 다양한 상태에서의 전력 사용량을 측정·분석하였으며, 이를 통해 시스템 차원에서 제공하는 전력 절약 기능에서도 유휴 상태와 유사한 전력 소모가 있음을 밝히고 있다. 이에 본 논문에서는 공용 컴퓨팅 자원 (컴퓨터 시스템) 및 사용자의 활용성 측정에 기반을 둔 공용 컴퓨팅 자원 제어 시스템을 제안한다.

#### 1. 서 론

그린 컴퓨팅(Green Computing)은 녹색 환경정책의 일환으로, 컴퓨터 자체에서 소비되는 에너지 뿐만 아니라 컴퓨터의 냉각과 구동 및 주변 기기들을 작동시키는 데 소모되는 전력자원을 줄이기 위해서 CPU나 GPU 등 각종 프로세서들의 세제계, 대체 에너지 등을 활용하는 등 탄소 배출을 최소화시키는 등의 환경을 보호하는 개념의 컴퓨팅이다. 기존의 그린 컴퓨팅을 달성하기 위한 연구로는 단일 컴퓨터의 대기전력 저감기술[1][2], 주파수 특성을 이용한 전력감소 기술에 대한 연구[3]가 진행되었으나 본 논문의 공용컴퓨팅 자원의 전력 자원 절약에 관한 연구는 미미한 상태이다.

특히 컴퓨터의 생산력과 활용성이 극대화되고 교육기관과 공공기관의 컴퓨터의 보급이 확대되면서 컴퓨터실, 전산실, 실험실과 같은 공용컴퓨팅 자원이 많이 존재하고 있다. 일반적인 공용컴퓨팅 자원의 컴퓨터는 불특정 다수의 임의의 사용자가 한정된 시간동안 사용한다. 이러한 컴퓨팅 자원은 자기 소유에 대한 인식이 많이 부족하고 전기요금을 개인이 지불하지 않기 때문에 전원관리가 효과적으로 잘 이루어지지 않았다. 이러한 이유로 공용컴퓨터실의 컴퓨터는 사용하지도 않으면서 전원이 켜져 있으므로 인해서 불필요하게 전력이 낭비되는 경우가 많음을 알 수 있었다.

본 연구에서는 공용 컴퓨팅 자원의 비효율적인 관리로 인해 발생하는 전력 자원 손실에 대한 실증적인 측정 자료를 제공하며, 이러한 낭비적인 전력 자원 손실을 예방할 수 있는 복합 이벤트 처리 메커니즘을 기반으로 한 공용 컴퓨팅 자원 관리 시스템을 제안하고 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성이 된다. 2장에서는 공용 컴퓨팅 자원의 전력 소모량을 측정 한 후, 전력 소모 패턴을 분석하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 공용 컴퓨팅 자원의 활용 감시를 기반으로 한 공용 컴퓨팅 자원 제어 시스템에 관해 설명하며, 4장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 제공하고 있다.

#### 2. 공용 컴퓨팅 시스템의 전력 소모 패턴

##### 2.1 측정 모델 선정

본 연구에서는 건국대학교에서 운영하는 공용 컴퓨팅 자원 중 일부 시스템을 임의로 선정하여 각 컴퓨터의 소비되는 전력을 측정하였다. 표 1은 공용컴퓨팅 자원 모델에 대한 기본적인 환경을 나타낸다.

**<표 1> 각 Model별 측정 환경**

| Model | 시스템 규모 | CPU (GHz) | Memory (GB) | VGA            | Power Supply (W) |
|-------|--------|-----------|-------------|----------------|------------------|
| A     | 21     | Duel 2.2  | 2.0         | ×              | 250              |
| B     | 43     | 2.8       | 1.0         | Matrox G550    | 300              |
| C     | 13     | Duel 2.2  | 2.0         | Geforce 9500GT | 300              |
| D     | 61     | Duel 2.4  | 2.0         | Geforce 8500GT | 300              |

##### 2.2 PC 전력 소모 측정

각각의 공용 컴퓨팅 시스템 전력을 측정하기 위한 장비로써 YOKOGAWA사의 WT3000이 사용되었다. 전력 사용 패턴의 유형은 다음과 같이 총 5개의 유형으로 구분하였다.

1. Power Off : 전원 종료 상태. (단, 전력선은 연결)
2. Ideal : 작업을 하지 않는 상태.
3. Light Load : 일반적인 문서작업, 인터넷을 하는 상태.
4. Screen Load : 시스템 이용율이 100%인 상태.
5. Screen Saver Mode : 화면 보호기 모드 상태.

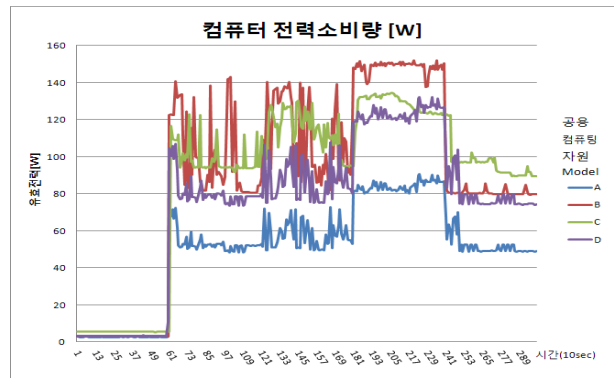
문제 제기했던 공용컴퓨팅 자원에 사용자가 없음에도 불구하고 컴퓨터의 50~60% 컴퓨터가 켜져 있었고 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 연구에서는 공용컴퓨팅 자원의 소비전력을 측정하였다. Full Load 시를 측정하기 위해서 ocbase.com사[4]의 시스템에 부하를 인가해서 시스템의 안정화 상태를 체크할 수 있는 프로그램 OCCT 4.0.0.0 버전을 사용해서 Full Load 상황 상태에서 전력을 측정하였다. 마지막으로 본 논문에서는 일반적으로 소비전력을 저감할 수 있고 컴퓨터 수명을 높이는 효과를 가지고 있다고 널리 알려진 화면보호기 모드에 대한 전력 소모를 측정하였다.

각 사례별로 10분간 10초 간격으로 소비되는 소비전력량을 기록하도록 셋팅을 하였고 다음 동작으로 넘어가는 시점에서 오차가 발생하였기 때문에 넘어가는 시간대의 측정데이터는 무시한다고 가정한다.

##### 2.3 PC 전력 소모 측정결과 분석

**<표 2> Case별 평균 전력소비량[W]**

| Case \ Model      | A     | B      | C      | D      |
|-------------------|-------|--------|--------|--------|
| Power Off         | 2.64  | 3.14   | 5.58   | 3.26   |
| Ideal             | 52.45 | 100.89 | 97.94  | 79.25  |
| Light Load        | 57.70 | 111.01 | 116.14 | 86.68  |
| Full Load         | 84.15 | 148.55 | 129.46 | 123.48 |
| Screen Saver mode | 51.48 | 80.70  | 94.85  | 78.06  |



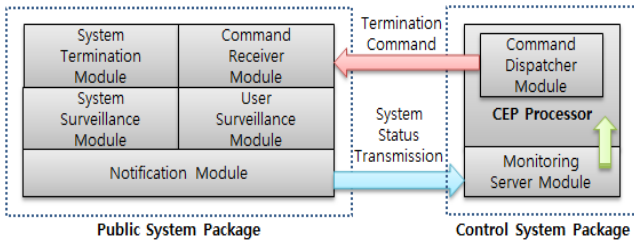
**<그림 1> 각 Model별 전력 소비량 추이**

각 사례별로 분석해보면 A Model의 경우는 다른 Model과는 다르게 모든 Case에서 소비되는 전력이 모든 상태에서 작게 측정

되었다. 이는 A전산실의 컴퓨터는 그래픽 카드가 따로 설치되어 있지 않은 통합메인보드를 사용하였기 때문에 소비전력이 작게 측정된 것으로 판단할 수 있다. 결론적으로 컴퓨터 소비전력량은 CPU와 그래픽 카드가 많은 영향을 주는 것으로 판단된다.

먼저 표 2에서는 전원이 꺼져있는 상태에서는 2.5~5.5 [W]의 대기전력이 소비되고 있었고 Ideal 시의 전력 소비 상태는 Light Load 시와 비교하였을 때 소비전력이 5~20[W]의 소비전력 차이가 있으며, 그림 1에서는 컴퓨터 프로그램을 실행하는 순간에 전력 소비량이 증가하는 것을 보여 주고, Full Load시에 유효전력 소비가 공용 컴퓨팅 자원의 최대 전력소비량이 사용되고 있는 것을 보여주고 있다. 화면보호기 모드에서는 일반적인 인식 (전력 소모량의 최저 수준으로의 감소)과는 다르게 소비되는 전력은 Ideal 상태보다는 전력소비가 약간 작았지만 별다른 차이는 없음을 확인할 수 있다. 이는 컴퓨터 시스템이 절전 모드로 진입을 하더라도 저 부하 또는 Ideal 상태와 크게 다르지 않음을 알 수 있다. 그 결과 공용 컴퓨팅 시설에서 컴퓨터 시스템을 특정 사용자가 활용하지 않고 켜져 있는 상태라면 전력자원은 모두 낭비 상태에 이르게 될을 유추할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 낭비되는 전력자원의 손실을 최소화하기 위한 사용자 및 시스템 활용성 감시 시스템과 복합 이벤트 처리 시스템에 기반을 둔 공용 컴퓨팅 자원 제어 시스템을 제안한다.

### 3. 공용 컴퓨팅 자원 제어 시스템 설계



〈그림 2〉 공용 시스템 패키지 및 제어 시스템 패키지

#### 3.1 설계 이슈

본 논문에서는 앞에서 설명한 소규모 집단 컴퓨팅 자원에서 소모하는 전력자원의 절약을 달성하기 위한 공용 컴퓨팅 자원 제어 시스템을 제안하고 있으며, 보다 효율적이고 경제적인 분산된 공용 컴퓨팅 자원의 모니터링 및 제어는 목표로 하고 있다.

컴퓨터 시스템의 제어는 목적에 따라 세분화 되어 다양해질 수 있다. 하지만, 본 논문에서 추구하는 목표는 낭비되는 컴퓨팅 자원의 제거를 통해 전력자원의 절약을 추구하므로 다양한 전력 자원 절약을 위한 방법 및 기법 중 소규모 전력량이라도 낭비적으로 소모되는 상황 (시스템의 유휴상태)를 제거 (시스템 종료)를 제어의 방법으로 채택하고 있다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 최소 전력 사용을 목표로 하는 대기 상태 (Waiting State)의 경우라도 전력자원은 사용자에게 즉각적인 컴퓨팅 자원 제공을 달성하기 위해 시스템에 필요한 최소한의 전력이라도 소모하게 되므로 일반적으로 일정한 규모를 가진 공용 시스템에서는 이러한 유휴 상태 (Idle State)로 인한 빠른 서비스 제공은 불필요한 상황이 될 수 있다.

공용 컴퓨팅 자원의 대표적인 특징 중 하나는 중·소규모의 컴퓨팅 자원 풀 (Pool)을 형성하고 있으며, 지역적으로 밀집된 특성이 있다. 또한 상기 지역적으로 밀집된 컴퓨팅 자원은 편의성 및 건물 구조적 한계 등의 여러 가지 이유로 인하여 복수개 이상의 층 등으로 분산되어 있는 분산된 클러스터 (Cluster)의 형태를 지니게 된다. 하지만 컴퓨터 시스템들이 분산된 클러스터의 형태를 지닌다 할지라도 개별적으로 독립된 컴퓨팅 자원을 개별 사용자에게 제공하므로 결국 독립된 컴퓨팅 자원의 개별적 관리가 이루어져야 한다. 더욱이 앞서 언급한 바와 같이 지역적으로 분산된 클러스터의 형태를 지니게 될 경우, 중앙 집중화된 모니터링 및 제어 시스템의 측면에서는 중·소규모의 컴퓨팅 자원은 하나의 일정 규모 이상의 비교적 규모화된 컴퓨팅 자원으로 간주된다. 따라서 이러한 규모화된 컴퓨팅 자원으로부터 전송되는 각종 모니터링 정보를 빠르게 처리하기 위해 본 논문에서 제시하는 컴퓨팅 자원 제어 시스템에서는 CEP (Complex Event Processing) 기술을 기반으로 다수의 공용 컴퓨팅 자원으로부터 전송된 다양한 모니터링 메시지를 처리하고 있다.

#### 3.2 설계

그림 3은 본 논문에서 제안하는 공용 컴퓨팅 자원 제어 시스템의 각 구성 요소를 도식화한 모듈 구성도이다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 크게 2개의 패키지(공용 시스템 패키지-Public System Package, 공용 시스템 패키지-Control System Package)로 구성이 되며, 공용 시스템

패키지는 공용 컴퓨팅 자원 개별로 설치되어 동작되는 모듈들로 구성되어 있다. 또한 제어 시스템 패키지는 중앙 모니터링 및 제어 시스템에 동작되는 모듈들로 구성이 되어 있다.

#### 3.2.1 공용 시스템 패키지 (Public System Package)

공용 시스템 패키지는 6개의 세부 모듈들로 구성이 된다. System Surveillance 모듈은 시스템의 활용 정도 (System Utilization)를 측정하는 모듈이며, User Surveillance 모듈은 사용자의 마우스 및 키보드와 같은 행동 등의 발생 유무를 모니터링 한다. 앞서 설명한 두 개의 모듈에 의해서 측정된 정보는 Notification Module에 의해 중앙의 제어 시스템에 전송되며, 본 정보 전송 시 빠르고 효율적인 데이터 전송을 위해 UDP 통신 프로토콜을 기반으로 주기적인 전송을 하게 된다. UDP 통신 프로토콜은 신뢰성이 기존의 TCP 통신 프로토콜에 비해 낮게 평가되지만, 주기적으로 발송되는 데이터의 전송에 있어서 일부 유실되는 측정 정보에 대해서는 작은 시간의 차이를 두고 주기적으로 측정되는 데이터를 전송하게 되므로 본 연구에서는 유실 데이터에 대해 비교적 높은 가치를 부여하지 않는다. Command Receiver 모듈은 중앙 제어 시스템으로부터 전송되는 제어 정보를 수신하는 서버 모듈로써, 제어 정보라는 주기적으로 발생하는 데이터보다 높은 가치를 내재하고 있는 정보에 대한 신뢰성 높은 수신을 위해 TCP 프로토콜 기반의 통신 방식을 도입하고 있다. System Termination Module은 시스템의 종료 작업을 수행하며, Command Receiver Module에 의해서 시스템 종료가 결정되는 시점에서부터 주기적으로 시스템의 안전한 종료를 위한 처리를 수행한다.

#### 3.2.2 제어 시스템 패키지 (Control System Package)

본 패키지는 중앙 제어 시스템에서 구동되는 모듈 및 처리기로 구성이 되며, 크게 다수의 공용 컴퓨팅 자원으로부터 모니터링 정보를 수신하기 위한 Monitoring Server 모듈과 수신된 시스템 자원의 활용 정보를 기반으로 유휴 상태를 판별 조건 및 각종 공용 컴퓨팅 사용 정책 등의 복합적인 처리 조건을 기반으로 특정한 공용 컴퓨팅 자원의 종료 명령 전송 여부를 분석하는 CEP 처리기로 구성이 된다. 이 중 CEP 처리기는 앞서 언급한 다양한 조건 및 정책을 기반으로 특정한 상황 (혹은 조건)에 도달하게 될 경우 이벤트를 발생하며, 본 이벤트는 특정한 처리 및 기능을 수행할 수 있다. 따라서 Command Dispatcher 모듈에서는 CEP 처리기에 의해 특정한 조건 부합 시 수행하는 일련의 종료 기능 명령 전달을 수행한다.

### 4. 결 론

한정된 전력자원에 대한 중요성과 관심도는 최근 그린 컴퓨팅 이슈와 함께 더욱더 높아지고 있다. 그 중에서도 공용 컴퓨팅 자원은 활용 특성상 전력 공급 차단 등의 전력 자원 낭비 상황에 대한 조치를 가장 유동적으로 수행할 수 있음에도 불구하고 관리자에 의한 수동 제어 혹은 시스템 설정에 따른 대기 모드 진입등의 기초적 자동 제어가 이루어지고 있음에 따라 전력 자원의 낭비는 지속적으로 발생될 수 있는 구조를 형성하고 있다. 따라서 본 연구에서는 공용 컴퓨팅 자원으로 분류 될 수 있는 교육 기관의 전산 시스템에 대한 전력 사용량을 측정·분석 하였다. 그 결과 유휴 상태의 시스템에서 활용되는 전력량과 대기 모드 시에서의 전력 사용량은 유사하였다. 따라서 시스템 차원에서 기본적으로 제공하는 전력 자원 저감을 위한 조치 사항 역시 근본적인 전력 자원 절약의 해결이 될 수 없다. 이에 본 연구에서는 공용 컴퓨팅 자원의 전력 자원의 절약을 위해 복합 이벤트 처리 기술을 기반으로 한 공용 컴퓨팅 제어 시스템을 제안하고 있다. 본 논문에서 제안하는 공용 컴퓨팅 제어 시스템은 공용 컴퓨팅 시스템에서 운용되는 공용 시스템 패키지와 중앙 제어 시스템에서 운용되는 제어 시스템 패키지를 기반으로 공용 컴퓨팅 시설의 사용자의 활용 정도 및 시스템 차원에서의 활용성 (Utilization) 감시를 통해 미사용 시 관리 정책에 의해 공용 컴퓨팅 자원을 종료 (Termination) 함으로써 전력 소모를 극대화 하고자 한다.

#### 감사의 글

본 연구는 U-city 전문가 프로그램 지원에 의해 수행되었으며, 관계부처에 감사드립니다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 최성욱, 유병우, 이종달, 오동성, “노트북 컴퓨터 AC/DC 어댑터의 대기전력 저감기법”, 전력전자 학술대회 논문집, 273-274, 2010.7
- [2] 라인식, 배기태, “컴퓨터 주변기기의 대기전력 차단 방법”, 대한전자 공학회 2010년 하계종합학술대회 논문집, 1419-1420, 2010.6
- [3] 박진권, 윤희웅, “주파수 스케일링에 의한 전력감소 컴퓨터 시스템 설계 및 구현”, 한국 컴퓨터 종합학술대회 논문집(A), 388-390, 2006.6
- [4] [http://www.ocbase.com/perestroika\\_en/index.php](http://www.ocbase.com/perestroika_en/index.php)