

# 클라우드 환경의 에너지 효율적 메타휴리스틱 접근 방식을 통한 로드 밸런싱 기술 동향 조사

홍성훈, 이동현, 오준석, 송치현, 허동현, 백정엽, \*임유진, 조성래

중앙대학교, \*숙명여자대학교

{shhong, dhlee, jsch, chsong, dhur}@uclab.re.kr, jpaek@cau.ac.kr, \*yujin91@sm.ac.kr, srch@cau.ac.kr

## Investigation of Load Balancing Technology Trends Using Energy-Efficient Metaheuristic Approach in Cloud Environment

Seonghun Hong, Donghyun Lee, Junsuk Oh, Chihyun Song,

Donghyeon Hur, Jeongyeup Paek, \*Yujin Lim, and Sungrae Cho

Chung-Ang Univ., \*Sookmyung Women's University.

### 요약

확장되고 있는 클라우드 컴퓨팅 환경의 대규모 에너지 소비로 인한 현재 클라우드의 가용성, 신뢰성 및 환경문제를 야기시킬 수 있다. 이에 에너지 효율적인 클라우드 컴퓨팅의 로드 밸런싱의 필요성이 증가하고 있다. 로드 밸런싱 기법은 효율적인 에너지 소비와 최적의 자원 활용을 고려해서 설계되어야 하며 이는 클라우드에서 중요한 관심분야이다. 따라서, 본 논문에서는 높은 안정성, 분산 컴퓨팅에 유리한 메타휴리스틱 접근방식의 에너지 효율적 로드 밸런싱 기법에 대한 최근 연구 동향을 조사하였다.

### I. 서론

클라우드 컴퓨팅의 급속한 확장으로 인해 클라우드 데이터 센터가 대규모 가상 머신에 의해 수용됨에 따라 엄청난 에너지 사용과 이산화탄소 배출이 발생하였다. 이러한 많은 에너지 사용은 클라우드 서비스 공급체의 전력 소비로 인한 전력 가격을 기하급수적으로 증가시키고 탄소 배출 및 환경악화에 굉장한 영향을 끼칠 수 있다. 또한 클라우드 서비스 가용성에 문제를 야기시킬 수 있어 차세대 클라우드 개발 가속화에 제한이 되고 있다.[1] 클라우드 컴퓨팅에서는 작업이 가상머신 간 부하에 따라 불균등하게 분산되는 방식으로 컴퓨팅 리소스를 활용하여 애플리케이션이 불규칙적으로 수행된다. 이러한 상황은 클라우드 환경의 가상 머신 간의 로드 불균형 문제로 이어진다. 이 문제를 해결하기 위해 리소스 활용도를 향상시키기 위한 중요한 솔루션인 로드 밸런싱이 등장하였다.[3] 또한 전통적인 최적화 기법으로 다루기 힘든 NP-hard 문제에 근사해를 제공할 수 있는 메타휴리스틱 접근 방식을 활용한 로드 밸런싱 기법이 등장하였다. 따라서, 본 논문에서는 에너지 효율을 증가시켜 전력 소모 및 이산화탄소 배출을 줄이기 위한 메타휴리스틱 접근 방식의 로드 밸런싱 기법에 대해 조사한다.

### II. 본론

로드 밸런싱은 에너지 효율성뿐만 아니라 사용자 요구 사항이나 필요에 따라 동적으로 서버 수를 줄이거나 추가 할 수 있고 또한 성능을 향상시키며, 충돌이나 오류들로부터 보호할 수 있다. 클라우드 컴퓨팅 로드 밸런싱은 클라우드 노드의 공간적 분포, 저장/복제, 알고리즘 복잡성, 이기종 노드, 단일 실패 지점, 로드 밸런서 확장성 등 해결해야할 과제들이 있다.[3] 이러한 문제를 해결하기 위해 먼저, 자원 활용도와 총 실행 시간을 향상

시키고 에너지 소비를 줄이기 위한 효율적인 EEALB(Energy-Aware Load Balancing) 방법을 [5]에서 제시하였다. 제안된 방법은 주로 시간과 에너지 인식에 중점을 두었다. 클라우드 스토리지 시스템이 소비자의 요청을 수집하면 올바른 리소스 관리 및 계약에 언급된 소프트웨어 범주에 따라 요청을 호스팅하기 위해 가상 머신이 배치된다. 이후 배치 접근 방식에 따라 사용 가능한 서버 중 하나에 가상 머신이 할당되는데 이때 사용되는 에너지를 줄이는 데에 초점을 맞춰서 적절한 서버에 할당하게 된다. 다음으로 에너지 소비에 대한 예측 모델을 통해 모니터링하고 이후 개미 군체(Ant Colony)를 활용한 로드 밸런싱을 수행한다. Cloud-sim 시뮬레이션에서 2개의 데이터 센터, 10개의 호스트, 50개의 가상 머신, 100~500개의 워크로드 설정에서 해당 알고리즘의 시뮬레이션 결과는 FCFS, RR, MIN-MIN에 비해 12% 적은 에너지 소모를 보여주었다.

[6]에서는 심층 강화 학습과 Parallel PSO를 활용한 로드 밸런싱 알고리즘을 제안한다. PPSO(Parallel Particle Swarm Optimization)는 병렬처리로 PSO보다 더 짧은 처리 시간으로 최적화 문제를 해결 할 수 있다. 제안된 알고리즘에서는 서버의 각 가상 머신이 입자로 표현되며 다중 진화단계, 단일 진화단계를 거친다. PPSO는 DRL과 결합하여 매개변수를 최적화한다. 강화학습과 결합된 DRLPPSO는 주요 군집이 여러 개의 하위 군집으로 나뉘어 하위 군집들이 단일 PSO방식으로 작동하여 각 입자는 하위 군집 또는 전체 군집에서의 최고 상태(현재 로드 상태, CPU 사용률 등)을 고려하여 갱신된다. Python환경과 TensorFlow를 갖춘 Google Colab에서 진행된 해당 알고리즘의 시뮬레이션 결과 MPSO, A3C, DQN 스케줄링 알고리즘에 비해 PPSO 스케줄링의 에너지 사용이 각각 85%, 95%, 92% 수준으로 더 낮은 에너지 소모를 보여주었다. 이 알고리즘에서 보여지듯이 단일 메타휴리스틱 알고리즘뿐만 아니라 강화학습 같은 기계

학습과도 결합하여 성능 개선을 할 수 있음을 보여주고 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 클라우드 컴퓨팅에서 효과적인 메타휴리스틱 접근 방식을 사용하여 에너지 소모 및 이산화탄소 배출을 줄일 수 있는 로드밸런싱 알고리즘에 대해 조사하였다. 각 알고리즘들은 기존 다른 로드밸런싱 기법에 비해 유의미한 에너지 사용률 감소를 보여주었다. 향후 [6]과 같은 기계학습을 결합한 하이브리드 알고리즘들에 대한 기법을 조사하고자 한다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2024-RS-2022-00156353, IITP-2024-RS-2023-00258639)

### 참고 문헌

- [1] S. M. Irfan, H. Rathore, H. Bisen, D. Kumar, S. Kumar and K. Sharma, "Comparative Analysis of Various Load Balancing Techniques in Cloud Environment," 2022 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COM-IT-CON), Faridabad, India, 2022, pp. 859-866.
- [2] U. Tyagi, V. Bansal, S. Singhal and T. Gupta, "Challenges and issues in energy efficient load balancing in the cloud computing environment," 2022 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COM-IT-CON), Faridabad, India, 2022, pp. 634-638.
- [3] D. Girsu, D. Chauhan and D. Sharma, "Optimised Load Balancing for Green Cloud Computing," 2023 13th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence), Noida, India, 2023, pp. 171-175.
- [4] A. Yadav, S. J. Goyal, R. S. Jadon and R. Goyal, "Energy Efficient Load Balancing Algorithm through MetaHeuristics Approaches for Cloud-Computing-Environment," 2022 International Mobile and Embedded Technology Conference (MECON), Noida, India, 2022, pp. 130-135.
- [5] U. K. Lilhore, S. Simaiya, A. Garg, J. Verma and N. B. Garg, "An Efficient Energy-Aware Load Balancing Method for Cloud Computing," 2022 4th International Conference on Artificial Intelligence and Speech Technology (AIST), Delhi, India, 2022, pp. 1-5.
- [6] Zhang Miao, Peng Yong, Yang Mei, Yin Qunjun, Xie Xu, A discrete PSO-based static load balancing algorithm for distributed simulations in a cloud environment, Future Generation Computer Systems, Volume 115, 2021, Pages 497-516.
- [7] A. Pradhan, S. K. Bisoy, S. Kautish, M. B. Jasser and A. W. Mohamed, "Intelligent Decision-Making of Load Balancing Using Deep Reinforcement Learning and Parallel PSO in Cloud Environment," in IEEE Access, vol. 10, pp. 76939-76952, 2022.