

회랑감시를 위한 컴퓨팅 기법의 성능 비교와 최적 선택 연구

Performance Comparison and Optimal Selection of Computing Techniques for Corridor Surveillance

조경래¹ · 홍석민² · 최원혁^{3*}

¹한서대학교 항공시스템공학과

²한서대학교 무인항공기학과

³캐스트유한회사

Gyeong-rae Jo¹ · Seok-min Hong^{2*} · Won-hyuck Choi³

¹Department of Aeronautical Systems Engineering, Hanseo University, Seosan, 31962, Korea

²Department of Unmanned Aeronautics, Hanseo University, Seosan, 31962, Korea

³Caest Limited Company, Seosan, Korea, 31962, Korea

[요 약]

최근 디지털 데이터 양의 기하급수적 증가는 데이터 처리 시스템의 중요성을 부각시켰다. 이 연구는 클라우드 컴퓨팅 (CC; cloud computing), 엣지 컴퓨팅 (EC; edge computing), 그리고 UAV (unmanned aerial vehicle) 기반 지능형 에지 컴퓨팅 (UEC; unmanned aerial vehicle-based intelligent edge computing) 간의 성능을 비교하였으며, 특히 회랑감시와 같은 실시간 대용량 데이터 처리 상황에 초점을 맞추었습니다. UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅은 이동성과 특수 환경에서의 대규모 데이터 처리 및 분석에 높은 효과성을 보인다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 각 상황에 맞게 최적화된 시스템 선택 방법론을 제안한다.

[Abstract]

Recently, as the amount of digital data increases exponentially, the importance of data processing systems is being emphasized. In this situation, the selection and construction of data processing systems are becoming more important. In this study, the performance of cloud computing (CC), edge computing (EC), and UAV-based intelligent edge computing (UEC) was compared as a way to solve this problem. The characteristics, strengths, and weaknesses of each method were analyzed. In particular, this study focused on real-time large-capacity data processing situations such as corridor monitoring. When conducting the experiment, a specific scenario was assumed and a penalty was given to the infrastructure. In this way, it was possible to evaluate performance in real situations more accurately. In addition, the effectiveness and limitations of each computing method were more clearly understood, and through this, the help was provided to enable more effective system selection.

Key word : Corridor surveillance, Cloud computing, Edge computing, Uav-based intelligent edge computing, Unmanned aerial vehicles.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2023.27.6.770>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 3 November 2023; Revised 5 December 2023
Accepted (Publication) 13 December 2023 (29 December 2023)

*Corresponding Author; Won-Hyuck Choi

Tel: *** - **** - ****

E-mail: choiwh@hanseo.ac.kr

1. 서론

최근 디지털 데이터의 양이 기하급수적으로 증가함에 따라 데이터 처리와 관리는 더 중요해지고 있다. 이러한 배경 속에서 무인 항공기(UAV) 기반 통신 네트워크는 무선 통신 시스템에서 매우 유망한 해결책으로 부상하였다[1],[2]. 새로운 기술들이 끊임없이 개발되고 있지만, 이제 클라우드 컴퓨팅, 에지 컴퓨팅, 그리고 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅으로 구축된 데이터 처리 시스템은 기본적인 요구 사항이 되었다. 그중에서도 클라우드 컴퓨팅, 에지 컴퓨팅, 그리고 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅은 선두주자로 꼽힌다. 클라우드 컴퓨팅은 기업의 업무 처리, 온라인 서비스 제공과 같이 대규모 데이터 처리와 효율적인 자원 관리가 필요한 환경에서 널리 사용되고 있다. 최근에는 AI 기술을 클라우드 컴퓨팅과 결합하여, 더 빠르고 정확한 데이터 처리가 가능한 '클라우드 AI'가 등장하면서 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이러한 클라우드 AI를 활용하면 기업은 보다 정확하고 빠른 의사결정이 가능하다는 장점을 갖게 된다. 에지 컴퓨팅은 대규모 데이터를 클라우드로 옮기지 않고 로컬에서 처리하여 클라우드 컴퓨팅과 연결되는 네트워크 트래픽을 감소시키는 장점이 있으며, IoT 디바이스에서 발생한 대규모 데이터를 연산하고 분석하여 빠른 의사 결정이 가능하다. UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅은 드론에 탑재된 카메라와 같은 기기를 사용하여 에지 측에서 실시간 데이터 처리와 분석이 가능한 기술이다. UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅은 데이터를 즉각적으로 처리하고 분석할 수 있어서 실시간 응답이 필요한 상황에서 매우 유용하며, 이러한 기술은 다양한 분야에서 활용되며 지리적, 급박한 의료 및 안전 처리 등에 적용될 수 있다.

본 논문은 이 세 가지 기술의 모델링 알고리즘 및 하드웨어 사용의 차이를 분석하여 성능 비교를 위한 실험 환경을 구성하며, 회량감시와 같은 실시간 대용량 데이터 처리 상황에 초점을 맞추었다. 이를 통해 어떤 상황에서 어떠한 기술을 사용하는 것이 가장 효율적인지를 제시하고, 각각의 기술에 대한 이해도를 높이며, 이를 적절하게 적용할 수 있는 기술인지를 분석한다. 이러한 기술들의 성과와 한계점을 종합적으로 분석하여 기술들의 이해와 장단점을 파악하고, 어떤 상황에서 어떤 기술을 사용하는 것이 가장 효율적인지를 제시할 예정이다.

II. 컴퓨팅 데이터 처리 및 지연시간 알고리즘

2-1 클라우드 컴퓨팅

클라우드 컴퓨팅(CC)은 네트워크 에지 장치보다 더 큰 처리 용량을 제공하기 때문에 모든 컴퓨팅 활동을 클라우드로 이동하는 것은 데이터를 처리하는 효과적인 메커니즘으로 입증되었다[3]. 클라우드 컴퓨팅의 중앙집중식 아키텍처는 데이터 처

리 용량과 확장성 면에서 우수하며, 이러한 특징은 회량 감시와 같은 대용량 데이터를 실시간으로 처리해야 하는 상황에서 큰 이점을 제공한다. 본 논문에서 다른 데이터 처리에서는 대용량 데이터를 더 빠르고 효과적으로 처리할 수 있으며, 기업에서 IT 자원 관리와 관련된 많은 부분을 개선시킬 수 있다. 클라우드 컴퓨팅은 데이터 처리 및 저장 목적 이외에도 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 지속적인 기능 개발과 시장 수요 선도력으로 인해 유망한 기술이라 할 수 있다. 새로운 기술 발견과 함께 항상 발전해 나가는 클라우드 컴퓨팅의 역할은 기업 및 개인의 IT 인프라를 대대적으로 변경할 수 있는 가능성을 보여준다. 클라우드 컴퓨팅은 중앙집중식 아키텍처를 기반으로 하므로 데이터 처리 용량과 확장성 면에서 우수하다. 그러나 클라우드 컴퓨팅은 병목 현상이 발생할 수 있으며, 전체 서비스가 지연되거나 중단될 수 있는 문제점이 있다[4]. 따라서 UAV와 같은 IoT 장치들과 함께 사용될 때는 해당 장치들로부터 생성된 대량의 데이터 전송과 처리에 있어서 충분한 대역폭, 안정성 및 보안이 필요하다.

2-2 에지 컴퓨팅

에지 컴퓨팅(EC)은 IoT 환경에서 발생하는 방대한 양의 데이터를 네트워크 에지에서 처리하고 활용하여 전체 데이터 분석 속도를 향상시키고 사용자에게 더욱 빠르게 서비스를 제공하는 기술이다. 이러한 에지 컴퓨팅의 개념은 회량감시와 같은 실시간 대용량 데이터 처리 상황에서 특히 중요하다. 회량감시는 실시간으로 대량의 정보를 수집하고 분석해야 하는 작업으로서, 에지 컴퓨팅이 효과적으로 활용될 수 있는 사례입니다. 에지 컴퓨팅을 이용하면, 회량감시 장치가 수집한 데이터는 현장 가까이에서 즉각적으로 처리되어, 실시간 의사결정에 필요한 정보를 빠르게 제공할 수 있다. 중앙 서버가 모든 데이터를 처리해서 데이터 처리 시간에 지연이 생기는 클라우드 컴퓨팅과는 다르게 각 IoT 기기에서 분석할 수 있는 데이터는 현장에서 바로 처리하는 개념이다. 또, 단말 액세스 근처의 에지 클라우드에서 IoT 데이터를 1차적으로 수집하고 분석하여 필요한 데이터만 중앙의 클라우드로 전송함으로써 IoT 서비스에 대한 지연 시간을 최소화하고 중앙의 데이터 센터 자원을 절약할 수 있다[5].

에지 컴퓨팅의 구성 요소에는 에지 노드와 클라우드 서비스가 있다. 에지 노드는 IoT 디바이스와 같은 하드웨어로서, 데이터를 수집하고 처리하는 중요한 부분이다. 클라우드 서비스는 에지 노드에서 수집한 데이터를 다른 디바이스 혹은 서버와 공유하고, 이를 다양한 서비스를 제공하기 위해 처리한다. 본 논문에서는 클라우드 컴퓨팅과 비교하여 에지 컴퓨팅의 효율성을 검증하기 위해 실험을 진행하였습니다. 결과적으로, 에지 컴퓨팅은 데이터 처리 속도 측면에서 우수함을 입증하였으며, 이러한 결과는 IoT 분야와 회량감시와 같은 실시간 대규모 데이터 처리 상황에서 특별히 중요하며 에지 컴퓨팅의 아키텍처는 그림 1.과 같다.

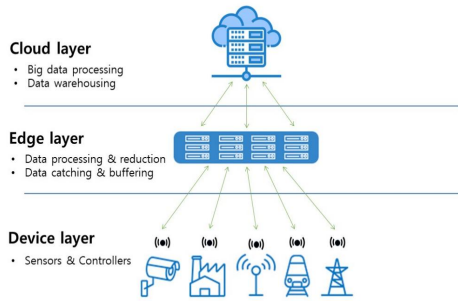


그림 1. 에지 컴퓨팅 아키텍처
 Fig. 1. Edge computing architecture

2-3 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅

UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅 (UEC)은 무인 항공기를 이용하여 데이터 처리, 분석, 전송하는 기술로 빠른 응답성과 대규모 데이터 처리 능력을 갖추고 있다. 이는 회랑감시와 같은 실시간 대용량 데이터 처리 상황에서 큰 장점을 제공한다[6]. 회랑감시는 해양 조건을 실시간으로 모니터링하고 예측하는 것이 필요한 작업으로서, UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅이 효과

적으로 활용될 수 있는 사례이다. 드론은 빠른 이동성을 제공하며, 해양에서 발생하는 대규모의 데이터와 다양한 종류의 데이터를 수집하고 처리할 수 있다. 로컬 서버는 지역적인 처리와 분석 작업을 처리하고, 데이터 중심적인 분석과 관리를 수행한다. 데이터 센터는 로컬 서버에서 처리할 수 없는 처리 작업과 스토리지 작업을 처리하며, 클라우드드는 다양한 데이터 처리 및 분석 서비스를 제공한다. 가상화 기술과 인공지능 기술의 활용은 드론에서 수집한 방대한 양의 원본데이터를 실시간으로 가치있는 정보로 변환하는데 크게 기여한다. 특히 인공지능 알고리즘이 적용된 경우, 복잡하거나 예상치 못한 패턴의 회랑 현상도 정확하게 감지할 수 있다. 따라서 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅은 회랑감시 작업의 효율성과 정확도를 크게 향상시킬 수 있으며, 이동성과 지역성 등을 활용하여 재난 상황 등 긴급 상황에도 신속하게 대응할 수 있는 가능성을 제시한다. 따라서, 본 연구에서는 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅의 기술과 성능을 분석함으로써, 데이터 처리 및 분석 제공을 위한 클라우드 컴퓨팅과 에지 컴퓨팅의 한계를 극복할 수 있는 스마트 드론 시스템의 발전 가능성을 제시하며, 회랑감시에 사용될 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅 아키텍처는 그림 2와 같다.

2-4 알고리즘

클라우드 컴퓨팅의 데이터 크기는 R , 대역폭은 B_c , GPU 성능은 G_c 라 하자. 클라우드 컴퓨팅의 데이터 처리 시간(t_c), 지연 시간(l_c), 에지 컴퓨팅의 데이터 처리 시간(t_e), 지연 시간(l_e)는

각각 다음과 같이 표현될 수 있다.

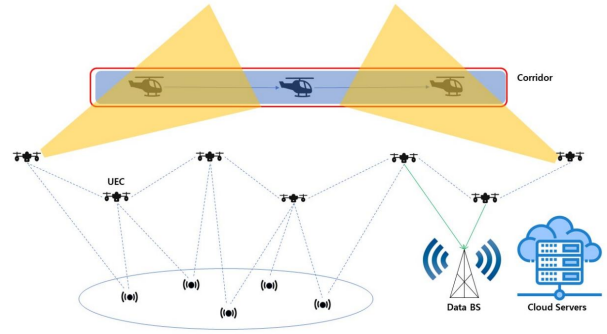


그림 2. 회랑감시용 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅 아키텍처
 Fig. 2. UAV-based intelligent edge computing architecture for corridor surveillance

$$t_c = \frac{R}{B_c} + \frac{R}{G_c} + \frac{R}{C_c} + \frac{R}{F_c} \tag{1}$$

$$l_c = d_c + t_c \tag{2}$$

$$t_e = \frac{R}{B_e} + \frac{R}{G_e} + \frac{R}{C_e} + \frac{R}{F_e} \tag{3}$$

$$l_e = d_e + t_e \tag{4}$$

각 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅의 데이터 처리 시간(t_u), 지연 시간(l_u)는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$t_u = t_q + t_a + t_c + t_l \tag{5}$$

$$l_u = d_u + t_u \tag{6}$$

위 식에서 t_q 는 UAV기반 지능형 에지 컴퓨팅의 데이터 전송 시간, t_a 는 데이터 분석시간이며, 데이터 수집 시간(t_c), 데이터 로딩 시간(t_l)은 다음과 같이 가정하며 각각 아래와 같이 표현된다.

$$t_q = \frac{R}{B_u} \tag{7}$$

$$t_a = \frac{R}{G_u} + \frac{R}{C_u} + \frac{R}{F_u} \tag{8}$$

$$t_c = 0.1 \tag{9}$$

$$t_l = 0.1 \tag{10}$$

III. 실험

본 연구에서는 클라우드 컴퓨팅, 에지 컴퓨팅 및 UAV기반 지능형 에지 컴퓨팅의 구현을 위한 여러 환경을 설정하고 비교하였다. 표 1에는 각기 다른 컴퓨팅 모델 간에 공정한 비교를 할 수 있도록 파라미터값을 설정했다. 이런 방식으로 각각의 컴퓨팅 모델이 서로 다른 환경과 요구사항에서 얼마나 효과적으로 작동하는지 확인할 수 있다.

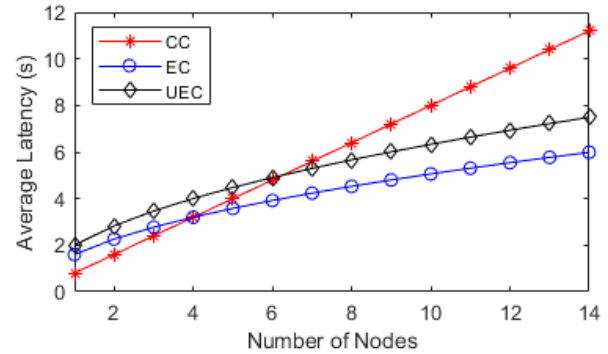
표 1. 파라미터
Table. 1. parameter

Parameters	Setting
Data Size, R	10000 MB
Bandwidth Cloud, B_c	1000 Mbps
Bandwidth Edge, B_e	100 Mbps
Bandwidth UAV, B_u	50 Mbps
GPU Cloud, G_c	10000 GFLOPS
GPU Edge,UAV, G_e, G_u	500 GFLOPS
CPU Cloud, C_c	1500 GFLOPS
CPU Edge,UAV, C_e, C_u	100 GFLOPS
RAM Cloud, F_c	256GB
RAM Edge,UAV, F_e, F_u	16GB
Distance Factor Cloud, d_c	0.08
Distance Factor Edge, d_e	0.016
Distance Factor UAV, d_u	0.01
Infra penalty	0, 100, 200

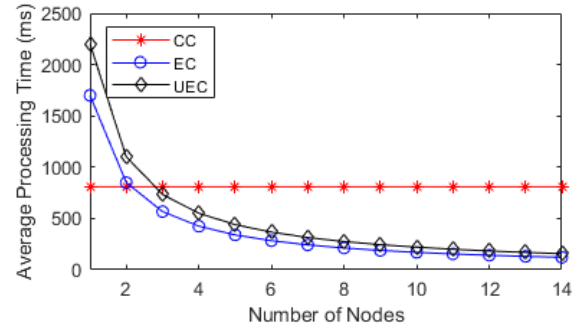
평균 지연 시간에 대한 결과값은 그림 3(a)과 같이 나타났으며, 클라우드 컴퓨팅, 에지 컴퓨팅, 그리고 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅 간의 성능 차이를 명확하게 보여준다. 클라우드 컴퓨팅의 경우, 노드 수가 증가함에 따라 평균 지연 시간도 선형적으로 증가하는 경향을 보인다. 이는 클라우드 컴퓨팅의 중앙집중식 아키텍처가 네트워크 병목 현상을 초래하며, 이로 인해 노드 수가 증가할수록 지연 시간이 증가하는 것으로 해석할 수 있다. 반면에, 에지 컴퓨팅과 UAV기반 에지 컴퓨팅은 노드 수가 증가함에 따라 평균 지연 시간이 증가하지만 그 증가폭은 점차 줄어드는 것을 보여준다. 에지 컴퓨팅의 분산 처리 방식이 네트워크 병목 현상을 완화하며, 데이터가 생성된 가장 가까운 위치에서 처리되기 때문에 지연 시간이 줄어드는 것으로 해석할 수 있다. UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅은 UAV가 이동성을 통해 데이터 처리 위치를 최적화하므로, 노드 수가 증가하더라도 그에 따른 지연 시간 증가폭이 클라우드 컴퓨팅보다는 상대적으로 낮은 것으로 해석할 수 있다.

평균 처리시간에 대한 결과값은 그림 3(b)과 같이 나타나며, 클라우드 컴퓨팅의 경우, 처리시간이 상대적으로 일정함을 알

수 있다. 이는 클라우드 컴퓨팅이 중앙집중식 구조를 가지며, 모든 데이터 처리 작업이 클라우드 서버에서 일괄적으로 처리되기 때문이다. 이러한 구조는 강력한 처리 능력을 가진 클라우드 서버를 활용하므로 개별 작업의 처리시간은 크게 변동하지 않는다. 반면에, 에지 컴퓨팅과 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅은 분산 처리 방식을 사용한다. 이들은 데이터를 생성하는



(a) 노드수에 따른 평균 지연시간



(b) 노드수에 따른 평균 처리시간

그림 3. 성능 비교

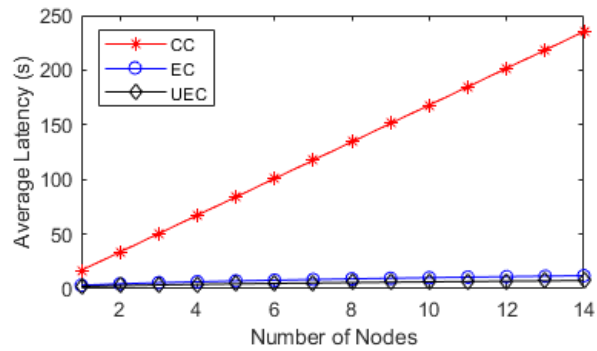
Fig. 3. Performance Comparison

가장 가까운 위치, 즉 에지 노드에서 데이터를 처리하므로 노드 수가 증가함에 따라 처리 능력이 증가하고 평균 처리시간이 줄어든다. 이는 에지 컴퓨팅과 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅이 네트워크 병목 현상을 완화하고, 대규모 데이터 처리에 효과적이라는 점을 잘 보여준다.

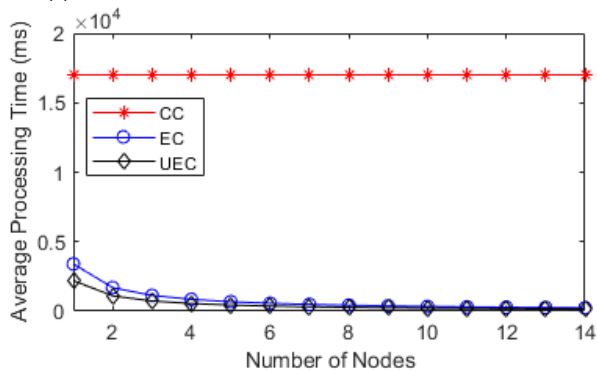
다음으로는 회랑감시와 같은 상황에서는 종종 네트워크 연결이 적절하지 않거나 제한된 지역에서 작업을 수행해야 할 경우가 많다. 이러한 문제를 해결하기 위해 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅의 장점을 활용할 수 있다. UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅은 네트워크 연결이 제한적인 상황에서도 컴퓨팅 자원을 제공할 수 있으므로, 이는 클라우드 컴퓨팅과 일반적인 에지 컴퓨팅에 비해 큰 장점으로 작용한다. 따라서 본 연구에서는 회랑감시에 대한 가상 환경 설정에 있어서 클라우드 컴퓨팅 및 에지 컴퓨팅의 인프라 페널티 값을 고려한다.

그림 4(a)는 인프라 부족으로 인한 페널티가 반영된 후의 평균 지연 시간 결과를 보여준다. 클라우드 컴퓨팅의 경우, 그림 3(a)과 같이 노드 수에 따라 지연 시간이 증가하는 경향을 보인

다. 그러나 인프라 부족으로 인한 추가적인 패널티가 부여되면서 그 증가 폭이 더욱 확대되었습니다. 이는 클라우드 컴퓨팅이 중앙집중식 구조로 인해 특정 시점에서 인프라 자원이 부족하게 되면 전체적인 성능에 크게 영향을 미치는 한계점을 보여준다. 반면에, 에지 컴퓨팅은 클라우드 컴퓨팅에 비해 상대적으로 적은 인프라 패널티를 부여하였다. 에지 컴퓨팅은 데이터를 가장 가까운 에지 노드에서 처리하기 때문에, 각 노드는 개별적으로 작업을 처리하므로 인프라 부족으로 인한 패널티가



(a) 노드수에 따른 평균 지연 시간



(b) 노드수에 따른 평균 처리시간

그림 4. 인프라 패널티를 추가한 성능 비교

Fig. 4. Performance comparison with infrastructure penalty added

상대적으로 적다. UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅 역시 에지 컴퓨팅과 유사한 원리로 인해 상대적으로 낮은 지연 시간을 보여준다. 더욱이, UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅은 UAV를 활용하여 더욱 더 가까운 위치에서 데이터 처리를 수행함으로써 네트워크 지연 시간을 더욱 줄일 수 있다.

그림 4(a)는 인프라 부족으로 인한 패널티가 반영된 후의 평균 처리 시간을 보여준다. 클라우드 컴퓨팅의 경우, 인프라 부족으로 인한 패널티가 부여되면서 평균 처리 시간이 상대적으로 높아진 것을 확인할 수 있다. 이는 클라우드 컴퓨팅의 중앙 집중식 구조 때문에 발생하는 문제로, 특정 시점에서 인프라 자원이 부족해지면 전체 시스템 성능에 영향을 줄 수 있다. 반면에, 에지 컴퓨팅은 각 노드에서 데이터를 독립적으로 처리하는 분산 처리 방식을 사용하기 때문에, 인프라 부족으로 인한 패널티가 상대적으로 적게 부과되었다. 더욱이, UAV 기반 지

능형 에지 컴퓨팅의 경우, UAV를 활용하여 데이터 처리를 수행하는 가장 가까운 위치에서 처리하기 때문에, 노드 수가 증가하더라도 평균 처리시간이 가장 낮게 나타났다.

IV. 결 론

실험 결과를 종합해 보면, 클라우드 컴퓨팅, 에지 컴퓨팅, 그리고 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅은 각각의 특성과 장단점이 있으며, 다양한 상황과 요구사항에 따라 적절하게 활용될 수 있다. 클라우드 컴퓨팅은 대규모 데이터 처리와 배치 처리에 이상적인 선택이지만, 높은 비용과 안정적인 네트워크 연결이 필요한 한계가 있다. 반면, 에지 컴퓨팅은 실시간 데이터 처리와 IoT 분야에서 빛을 발하며, 네트워크 지연 시간이 중요한 상황에서 효과적이다. 그러나 안정적인 연결과 강력한 보안성이 요구되는 상황에서는 주의가 필요하다. 더욱이, UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅은 이동성이 뛰어나고 실시간 데이터 처리가 가능하여, 응급 상황 대응과 같은 특수한 상황에서 큰 장점을 보인다. 그러나 이는 통신장애, 소음, 그리고 경비 문제 등 다양한 외부 요인에 취약할 수 있다. 또한 이 실험에서는 특정 가정값을 사용하여 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅 알고리즘을 구현하였는데, 이 가정값의 변화에 따라 결과값은 달라질 수 있다. 따라서, 이들 기술은 상황에 따라 적절하게 선택되고 활용되어야 한다. 특정 상황에 가장 적합한 컴퓨팅 방식을 선택함으로써, 효율적인 데이터 처리와 최적의 성능을 달성할 수 있다. 이러한 선택은 사용자의 요구사항, 기술적 한계, 그리고 비용 등 다양한 요인을 종합적으로 고려하여 이루어져야 한다. 또한, 이들 기술의 성능과 효율을 더욱 향상시키기 위해서는 지속적인 연구와 개발이 필요하다. 하드웨어의 발전, 새로운 알고리즘의 개발, 그리고 보안 기술의 강화 등을 통해 클라우드 컴퓨팅, 에지 컴퓨팅, 그리고 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅의 장점을 최대화하고, 한계를 극복해 나가는 것이 중요하다. 그러나 실험 결과에 따르면, 특정 상황에서는 UAV 기반 지능형 에지 컴퓨팅이 다소 뛰어난 성능을 보일 수 있다. 이는 이동성과 실시간 처리 능력이 특정 상황, 특히 응급 상황 대응 등에서 큰 장점으로 작용하기 때문이다. 이를 통해 우리는 더욱 발전된 데이터 처리 방식을 구현하고, 다양한 상황에 대응할 수 있는 유연성을 갖출 수 있을 것이다.

Acknowledgments

본 연구는 2023년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임[202201410002].

References

[1] Y. Mao et al., "A Survey on Mobile Edge Computing: The Communication Perspective," *IEEE Commun. Surveys Tuts*, Vol. 19, no. 4, pp. 2322-2358, Apr. 2017.

[2] Y. Zeng, R. Zhang, and T. J. Lim, "Wireless Communications with Unmanned Aerial Vehicles: Opportunities and Challenges," *IEEE Commun. Mag*, Vol. 54, no. 5, pp. 36-42, May 2016.

[3] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, Vol. 29, No. 7, pp.1645-1660, Sept. 2013.

[4] L. D. Xu, W. He, and S. Li, "Internet of Things in Industries: A Survey," *IEEE Trans. on Industrial Informatics*, Vol. 10, No. 4, pp. 2233-2243. No. 2014.

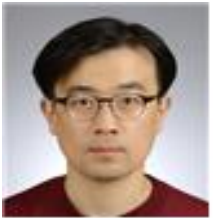
[5] Nasir Abbas et al "Mobile Edge Computing: A Survey" *IEEE internet of Things Journal*, Vol. 5, No. 1, pp. 450-465, Sep 2017.

[6] C. Zhan, H. Hu, X. Sui, Z. Liu, and D. Niyato, "Completion Time and Energy Optimization in the UAV-Enabled Mobile-Edge Computing System," *IEEE internet of Things Journal*, Vol. 7, No. 8, pp. 7808-7822, Aug. 2020.



조 경 래 (Gyeong-Rae Jo)

2023년 2월 : 한서대학교 항공전자공학과 (공학사)
2023년 3월 ~ 현재 : 항공시스템공학과 (석사과정)
※ 관심분야 : 항공 통신, 영상 처리



홍 석 민 (Seok-min Hong)

2014년 : 과학기술연합대학원대학교 공학박사
2014년 3월 ~ 2015년 12월 : 한국과학기술연구원 박사후과정
2016년 1월 ~ 2017년 3월 : 인체감응솔루션연구단 연구원
2017년 4월 ~ 현재 : 한서대학교 무인항공기학과 조교수
※ 관심분야 : 로봇자세제어, 휴머노이드 보행제어, 로봇동작제어



최 원 혁 (Won-Hyuck Choi)

2006년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학 박사
2014년 2월 ~ 현재 : 한서대학교 항공전자공학과 교수
2022년 3월 ~ 현재 : 캐스트유한회사 대표
※ 관심분야 : 임베디드 시스템, 사물인터넷, 무선통신