

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.3.83>  
JIIBC 2020-3-12

## 연결형 자동차로 구성된 클라우드 서버를 위한 동적 작업 크기 결정 기법

### A Decision Scheme of Dynamic Task Size for Cloud Server composed of Connected Cars

민홍\*, 정진만\*\*, 김태식\*\*\*

Hong Min\*, Jinman Jung\*\*, Taesik Kim\*\*\*

**요약** 최근 자동차는 관련 기술과 통신 환경의 발달로 차량과 도로 주변 인프라 구조와의 통신, 차량 간 통신이 가능해지고 있다. 자율주행차가 개발되면서 많은 센서와 고성능 연산장치가 탑재되고 있으며 이러한 자동차의 가용자원을 활용하여 클라우드 서비스를 제공하는 연구도 진행되고 있다. 본 논문에서는 연결형 자동차로 클라우드 서버를 구성하여 각 차량에 적합한 작업을 분배하는 과정에서 차량의 가용자원뿐만 아니라 기지국과의 통신 환경을 고려하여 동적으로 작업의 크기를 결정하는 기법을 제안하였다. 제안 기법의 모델을 기반으로 시뮬레이션한 결과 가용자원만을 고려하는 것보다는 통신 환경을 함께 고려해서 작업을 할당해야 마감 시간 내에 할당된 작업을 완료할 수 있다는 것을 확인하였다.

**Abstract** With developing vehicle and communication technologies, cars can communicate with road-side infrastructures and among other cars. As autonomous driving cars have been developed, the cars are equipped with many sensors and powerful processing units. There are many studies related to provide cloud services to users by using available resources of connected cars. In this paper, we proposed a dynamic task size decision scheme that considers communication environment between a vehicle and a base station as well as available resources while allocating a proper task to each vehicle. Simulation results based on the proposed model show that a vehicle can complete its allocated task when we considers available resources and communication environments.

**Key Words** : Connected cars, Cloud server, Task size, Dynamic scheme, Expected execution time

## 1. 서 론

최근 자동차는 이동 수단으로써의 역할을 수행할 뿐만 아니라 기술적 발전을 통해 다양한 센서, 통신 장치, 연산 처리장치를 갖춘 스마트 기기로 발전해가고 있다<sup>[1]</sup>. 스마

트 자동차는 주변의 환경 정보를 습득하여 분석하고 빠르고 정확한 의사결정을 통해 원하는 목적지까지 자율주행이 가능하다<sup>[2]</sup>. 아직 오동작이나 소프트웨어적인 결함으로 인한 문제가 발생하고 있지만 이를 해결하기 위한 기술들이 지속적으로 발전하고 있다<sup>[3]</sup>. 또한, 사물인터넷

\*충신회원, 호서대학교 컴퓨터정보공학부

\*\*정회원, 한남대학교 정보통신공학과

\*\*\*비회원, 홍익대학교 토목공학과

접수일자 2020년 3월 25일, 수정완료 2020년 5월 5일  
게재확정일자 2020년 6월 5일

Received: 25 March, 2020 / Revised: 5 May, 2020 /

Accepted: 5 June, 2020

\*Corresponding Author: taesik.kim@hongik.ac.kr

Dept. of Civil Engineering, Hongik University, Korea

(IoT, the Internet of Things) 기술이 발달하면서 도로 주변 인프라 구조와 소통하고, 차량 간 네트워크 구성을 통해서 (VANET, Vehicular Ad-hoc Network) 정보를 교환하면서 상호작용을 통해 운전자 및 보행자의 안전을 향상 시키고 있다<sup>[4]</sup>.

차량의 컴퓨팅 능력이 향상되고 저장 공간이 늘어나면서 차량의 네트워크를 통해서 클라우드 서비스를 제공하는 연구가 진행되고 있다<sup>[5, 6]</sup>. 주차 공간에 주차된 차량으로 네트워크를 형성하고 주차 공간에 머무는 시간을 예측하여 데이터 센터의 처리량을 평가한다. 평가된 가용 자원을 바탕으로 주어진 시간 내에 처리할 수 있는 작업을 수행해주는 서비스를 제공한다.

본 논문에서는 연결형 자동차로 구성된 클라우드 서버를 통해 작업을 위탁해서 처리할 때 차량의 이동성과 가용자원의 크기를 고려하여 각 차량에 적합한 크기의 작업을 할당하는 기법을 제안한다. 제안된 동적 작업 크기 할당 기법을 적용하면 정적 크기의 작업을 할당하는 방법에 비해 작업 분할과 배정에 대한 시간은 늘어나지만, 작업 완료의 성공률을 높여 전체 작업의 수행 완료 시간을 줄일 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련된 연구를 설명하며, 3장은 제안하고 있는 동적 작업 크기 결정 기법에 관해 설명한다. 4장에서는 실험 및 성능 평가 결과를 설명하며 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 1. 기존 클라우드에서 작업 분할 기법

작업 분할 기법은 클라우드 내의 자원을 효율적으로 사용하기 위해 중요한 기술로 다양한 기준에 따라 작업을 처리할 수 있다. 먼저 Bossche는 사설 클라우드(private cloud)와 공공 클라우드(public cloud)가 혼재하는 상황에서 비용을 최소화하는 작업 분할 기법을 제안하였다<sup>[7]</sup>. 제한된 시간 내에 사설 클라우드 내에서 처리할 수 있는 작업을 처리하고 제한 시간을 초과하는 부분은 공공 클라우드에게 위탁하여 비용을 줄인다.

Chen은 네트워크 지연시간을 고려하여 병목 현상을 최소화하는 방법으로 작업을 분할하여 처리한다<sup>[8]</sup>. 해당 기법에서는 작업 처리에 필요한 데이터의 이동이 클라우드 내부 네트워크의 트래픽 증가를 유발하기 때문에 지역성(locality)을 활용하여 동일 데이터를 처리하는 작업은 동일 노드에 배정함으로써 데이터의 이동을 최소화하

고 이를 통해 네트워크 트래픽을 줄인다.

일반적으로 클라우드 사용자와 서비스 제공자는 SLA (Service Level Agreement)와 같은 서비스 수준에 대한 계약을 체결하며 해당 수준에 따라 사용자에게 QoS (Quality of Service)를 만족시켜야 한다. Emeakaroha는 여러 사용자의 SLA를 고려하여 분할된 작업에 자원을 할당하는 기법을 제안하였다<sup>[9]</sup>. 제안된 기법에서 특정 노드가 주어진 시간 내에 작업 수행을 완료하지 못하면 새로운 노드를 추가하여 해당 작업의 수행을 완료한다.

모바일 환경에서 에너지 소모를 최소화하는 것은 중요한 이슈이기 때문에 Ma는 이기종 클라우드 환경에서 에너지 소모를 최소화하는 작업 분할 기법을 제안하였다<sup>[10]</sup>. 제안 기법에서는 태스크 수행 비용을 에너지 소모량과 연관시키고 가능한 최저의 비용으로 태스크 수행을 완료하는 알고리즘을 설계하였다.

### 2. 차량 클라우드에서 작업 분할 기법

차량 클라우드에서 다수로 작업을 분리하면 각 작업의 수행 완료 시간은 줄어들지만, 차량의 이동성으로 인해 모든 작업의 처리 결과를 수집하여 병합하는 시간이 늘어나게 된다.

Li는 각 차량의 가용자원을 측정하기 위해서 매니저가 쿼리 패킷(Query packet)을 전송하고 차량이 쿼리 패킷을 수신하면 차량의 속도, 이동 방향, 가용 저장 장치의 크기, 컴퓨팅 파워 등을 매니저에게 전송한다<sup>[11]</sup>. 응답한 정보를 바탕으로 각 차량에 적합한 작업을 할당할 수 있다.

Cheng은 유전 알고리즘 기반으로 MapReduce 환경에서 작업을 분할하는 기법을 제안하였다<sup>[12]</sup>. MapReduce 환경에서 각 노드의 환경을 설정된 값에 따라 변경할 수 있다는 가정하에 클러스터의 개수, CPU, I/O, 네트워크 자원들을 파라미터화하여 필요에 따라 이를 조절하고 작업 수행 완료를 지원하지 못하는 설정은 버리고 작업 수행 완료를 지원하는 설정을 개선하면서 최적의 자원할당을 유도한다.

제안 기법에서는 기존의 기법들이 가용자원에 대한 평가만을 통해 작업을 할당하고 있지만, 네트워크 통신에 대한 연결성을 고려하지 않고 있어 이를 고려한 동적 작업 크기 결정 기법을 제안한다. 제안된 기법을 통해 클라우드를 구성하는 차량이 기지국과의 통신 가능성과 성능에 따라 적합한 작업을 할당받아 작업 완료에 대한 성공률을 높일 수 있다.

### III. 동적 작업 크기 결정 기법

#### 1. 제안 기법의 개요

그림 1은 연결형 차량으로 구성된 클라우드 서버의 개념을 보여주고 있다.

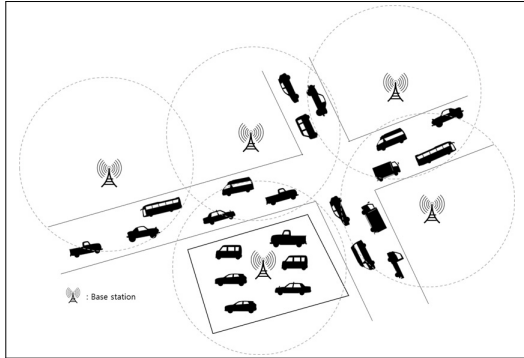


그림 1. 연결형 차량으로 구성된 클라우드 서버  
 Fig. 1. Cloud server composed of connected cars

차량은 도로를 따라 이동하거나 주차되어 있으며 차량 간의 통신 네트워크와 기지국(Base station)과의 통신이 가능한 형태로 구성되어 있다. 기지국과 인접한 차량은 직접 통신이 가능하며 원거리에 있는 차량은 차량 간 네트워크(VANET)를 통해 데이터를 수신하거나 전송할 수 있다.

그림 2는 제안 기법의 동작 과정을 보여준다. 먼저, 차량 간 네트워크에 포함된 각 차량의 가용자원과 기지국과의 통신 거리에 대한 프로파일을 생성한다. 해당 프로파일 정보를 바탕으로 제한 시간 내에 수행 가능한 작업 크기를 결정하고 결정된 작업 크기에 따라 작업을 분배하고 실행된 결과를 재결합한다.

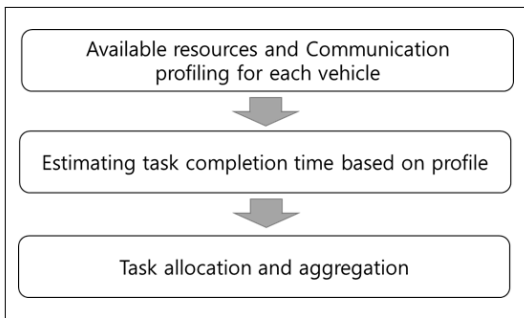


그림 2. 제안 기법의 동작 과정  
 Fig. 2. Operation steps of the proposed scheme

#### 2. 동적 작업 크기 결정 기법

제안된 동적 작업 크기 결정 기법에서는 태스크 전송 및 결과 수집에 필요한 네트워크 통신 시간과 차량의 가용자원에 따른 작업 처리 시간을 모두 고려하여 수식 (1)과 같이 작업 크기를 결정한다. 각 작업에 대한 마감 시간( $T_{deadline}$ ), 작업에 필요한 데이터의 크기 ( $T_{send}$ , 단위: Byte), 작업 완료 후 반환되는 결과의 크기 ( $T_{return}$ , 단위: Byte)가 주어지고 각 차량의 작업 처리량 ( $A_{resource}^i$ , 단위: Hz)과 통신 데이터 전송률 ( $C_{datarate}^i$ , 단위: bps)에 따라 작업 크기( $T_{size}^i$ , the number of commands)가 결정된다.

$$T_{deadline} = \left( \frac{T_{send} + T_{return}}{C_{datarate}^i} \right) + \left( \frac{T_{size}^i}{A_{resource}^i} \right) \quad (1)$$

$$T_{size}^i = \left( T_{deadline} - \left( \frac{T_{send} + T_{return}}{C_{datarate}^i} \right) \right) \times A_{resource}^i$$

각 차량에서 기지국과의 통신 데이터 전송률은 Mäkelä가 제안한 데이터 전송률과 수신 강도(Received power) 사이의 관계를 통해 수식 (2)와 같은 스텝 함수로 정의할 수 있다<sup>[13]</sup>. 수식 (2)에서  $P_i$ 는 수신 강도별 데이터 전송률이 변화하는 역치값(Threshold)들을 의미하며  $p$ 는 수신 강도(단위: dBm)를 의미한다.

$$C_{datarate}^p = \begin{cases} C_1, & p < P_1 \\ C_i, & P_{(i-1)} \leq p < P_i \end{cases} \quad (2)$$

기지국과의 거리에 따른 수신 강도를 측정하기 위해서 Gozvez가 제안한 통신 채널 모델을 사용하였다<sup>[14]</sup>. 수식 (3)에서와 같이 수신 강도( $p$ )는 초기 통신 강도( $p_t$ )에서 경로 손실(PL, Path loss), 음영 효과(SH, Shadowing), 다중 경로 페이딩(MP, Multipath fading) 등의 신호 감쇄를 적용한 후의 값으로 결정된다.

신호의 감쇄를 유발하는 모든 요소에서 기지국과의 거리( $d$ )가 반영되며 기준 거리( $d_0$ )에서 측정된 평균 데이터에 대한 표준 편차( $\sigma_0$ )와 Rician 확률밀도함수 (Probability Density Function)에 의해 감쇄 현상의 크기가 계산된다.

$$p = p_t - PL - SH - MP,$$

where  $PL(d) = PL(d_0) + 20\text{Log}_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right)$ ,

$$SH(d) = \sigma_0^2 \times \exp\left(-\frac{|d|}{d_0}\right),$$

$$MP(r) = \frac{r}{\sigma_0^2} \times \exp\left(-\frac{r^2 + 6\sigma_0^2 + 0.0284d}{2\sigma_0^2}\right) \times \left(\frac{3r + 0.0142d}{2}\right)$$

(3)

#### IV. 실험 및 결과

표 1은 시뮬레이션을 위해 사용된 파라미터들과 값의 범위를 보여준다. 실험을 통해서 마감 시간이 커지면 통신 환경이 좋지 않거나 가용자원이 부족한 경우에도 큰 크기의 작업을 할당할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

표 1. 실험 파라미터  
Table 1. Simulation Parameters

Parameter	Value
$T_{deadline}$	25 sec
$T_{send} + T_{return}$	[50, 50000] KBytes
$C_{data\ rate}$	[10, 10000] Kbps
$A_{resource}$	[500, 2400] MHz

가용자원과 관련된 실험에서도 마감 시간이 충분할 때는 가용자원과 비례해서 작업 크기가 커지지만, 네트워크 환경이 좋지 않을 때는 가용자원이 있더라도 작업을 할당하지 못하는 경우가 발생한다.

그림 3은 통신 데이터 크기에 따른 작업의 크기 변화를 보여주고 있다. 해당 실험에서 데이터 전송률은 1 Mbps, 가용자원은 1.2 GHz로 설정하였다. 작업 처리를 위해 차량으로 전송되어야 하는 데이터 크기가 커짐에 따라서 데이터 전송에 필요한 지연시간이 늘어나고 실제 작업 수행에 부여되는 시간이 줄어들어 작업 크기가 작아지는 것을 확인할 수 있다. 또한, 차량으로 전송되어야 하는 데이터 크기가 일정 수준을 넘으면 마감 시간을 만족할 수 없어 작업을 할당할 수 없다.

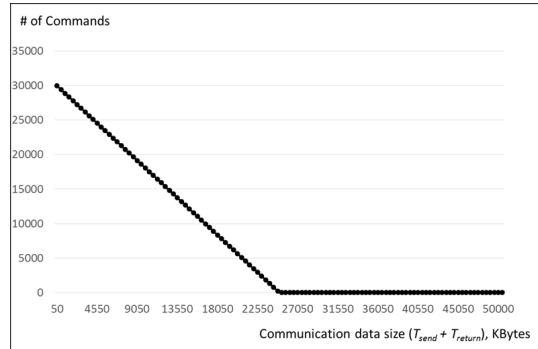


그림 3. 통신 데이터 크기에 따른 작업 크기  
Fig. 3. Task size as communication data size

그림 4는 데이터 전송률에 따른 작업의 크기 변화를 보여주고 있다. 해당 실험에서 통신 데이터의 크기는 1 MByte, 가용자원은 1.2 GHz로 설정하였다. 데이터 전송률이 높아짐에 따라서 데이터 전송에 필요한 지연시간이 줄어들어 실제 작업 수행에 부여되는 시간이 늘어나 작업 크기가 커지는 것을 확인할 수 있다. 또한, 데이터 전송 속도가 일정 수준 이상이 되면 작업 크기를 늘리는 효과가 감소한다는 것도 확인할 수 있다.

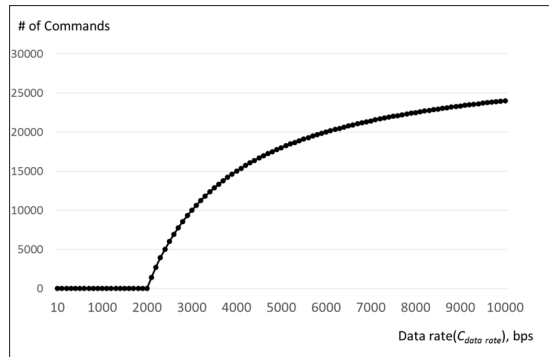


그림 4. 데이터 전송률에 따른 작업 크기  
Fig. 4. Task size as data rate

#### V. 결론

차량 및 통신 관련 기술이 발달하면서 차량은 이동 수단으로써의 역할을 수행할 뿐만 아니라 자신이 가진 가용자원을 활용하여 작업 수행을 대신해주는 클라우드 서버로써의 역할도 수행할 수 있다. 본 논문에서는 연결형 자동차로 구성된 네트워크에서 클라우드 서비스를 제공

할 때 차량의 가용자원만을 평가하여 작업을 분배할 경우 마감 시간 내에 작업을 수행할 수 없다는 것을 확인하고 기지국과의 거리에 기반을 둔 데이터 전송률을 활용하여 네트워크 지연시간을 고려한 동적 작업 할당 기법을 제안하였다. 또한, 시뮬레이션을 통해 마감 시간과 가용자원이 작업 크기에 미치는 영향을 확인하였고 차량으로 전송되는 통신 데이터의 크기와 데이터의 전송률에 따라 작업의 크기가 동적으로 변화한다는 것을 검증하였다.

## References

- [1] R. Coppola and M. Morisio, "Connected Car: Technologies, Issues, Future Trends," ACM Computing Surveys, Vol. 49, No. 3, pp. 1-36, Oct. 2016.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2971482>
- [2] R. Hussain and S. Zeadally, "Autonomous Cars: Research Results, Issues, and Future Challenges," IEEE Communications Surveys and Tutorials, Vol. 21, No. 2, Apr. 2019.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/COMST.2018.2869360>
- [3] E. Jang and J. Kim, "Proposal of New Information Processing Model for Implementation of Autonomous Mobile System," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 19, No. 2, pp.237-242, Apr. 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.2.237>
- [4] N. Kolbe et al., "Towards Semantic Interoperability in an Open IoT Ecosystem for Connected Vehicle Services," in Proc of Global Internet of Things Summit (GloTS), pp. 1-5, Jun. 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/GIOTS.2017.8016229>
- [5] S. Kim, J. Jung, T. Kim, and H. Min, "A Resource Allocation Strategy for Cloud Computing in Vehicular Datacenter," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 18, No. 4, pp.183-189, Aug. 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2018.18.4.183>
- [6] S. Arif, S. Olariu, J. Wang, G. Yan, W. Yang, and I. Khalil, "Datacenter at the Airport: Reasoning about Time-Dependent Parking Lot Occupancy," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol. 23, No. 11, pp. 2067-2080, Nov. 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/TPDS.2012.47>
- [7] R. Bossche, K. Vanmechelen, and J. Broeckhove, "Online cost-efficient scheduling of deadline-constrained workloads on hybrid clouds," Future Gener. Comput. Syst., vol. 29, no. 4, pp. 973-985, Jun. 2013.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2012.12.012>
- [8] T. Chen, H. Wei, M. Wei, Y. Chen, T. Hsu, and W. Shih, "LaSA: A locality-aware scheduling algorithm for Hadoop-MapReduce resource assignment," in Proc. of CTS, San Diego, CA, USA, 2013.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/CTS.2013.6567252>
- [9] V. C. Emeakaroha, I. Brandic, M. Maurer, and I. Breskovic, "SLA-Aware Application Deployment and Resource Allocation in Clouds," in Proc. COMPSACW, Munich, Germany, 2011.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/COMPSACW.2011.97>
- [10] Y. Ma, B. Gong, R. Sugihara, and R. Gupta, "Energy efficient deadline scheduling for heterogeneous systems," J. Parallel. Distrib. Comput., vol. 72, no. 12, pp. 1725-1740, Dec. 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2012.07.006>
- [11] Y. Li, M. Chen, W. Dai, and M. Qiu, "Energy Optimization with Dynamic Task Scheduling Mobile Cloud Computing," IEEE Syst. J., vol. 11, no. 1, pp. 96-105, Mar. 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/JSYST.2015.2442994>
- [12] D. Cheng, J. Rao, Y. Guo, C. Jiang, and X. Zhou, "Improving Performance of Heterogeneous MapReduce Clusters with Adaptive Task Tuning," IEEE Trans. Parallel. Distrib. Syst., vol. 28, no. 3, pp. 774-786, Mar. 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/TPDS.2016.2594765>
- [13] J. Mäkelä, T. Timo Bräysy, and K. Pahlavan, "Analysis of Mobility in Adaptive Data Rate Wireless Networks," in Proc. of IEEE Military Communications conference, Oct. 2006.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/MILCOM.2006.302035>
- [14] J. Gozalvez, M. Sepulcre, and R. Bauza, "Impact of the radio channel modelling on the performance of VANET communication protocols," Telecommunication Systems, Vol. 50, No. 3, pp. 149-167, Jul. 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11235-010-9396-x>

## 저 자 소 개

### 민 흥(정회원)



- 2004년 : 한동대학교 전산과학 졸업 (학사)
- 2011년 : 서울대학교 컴퓨터공학부 졸업(박사)
- 2013년 ~ 현재 : 호서대학교 컴퓨터 정보공학부 부교수

• 주관심분야 : 운영체제, 무선 센서 네트워크, 스마트폰 센싱, 임베디드 시스템, 결합형용 시스템, IoT

정 진 만(정회원)



- 2008년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
- 2014년 서울대학교 전기컴퓨터공학과 졸업(박사)
- 2014년 ~ 현재 : 한남대학교 정보통신공학과 조교수
- 주관심분야 : 운영체제, 임베디드 시스템, IoT, 시스템 보안

김 태 식(비회원)



- 2000년 : 서울대학교 지구환경시스템공학부 졸업 (학사).
- 2002년 : 서울대학교 지구환경시스템공학부 졸업 (석사).
- 2011년 : Northwestern University. 졸업(박사).
- 2013년 ~ 현재 : 홍익대학교 토목공학과 부교수
- 주관심분야 : 도심지 굴착, 무선 센서 네트워크, IoT

※ 이 논문은 2019년도 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임(20190409).