

# 연속적 데이터 전송을 위한 정보의 최신성 연구

함동호, 곽정호

대구경북과학기술원

dhham97@dgist.ac.kr, jeongho.kwak@dgist.ac.kr

## A Survey on the Age of Information for Continuous Transmitting System

Dongho Ham, Jeongho Kwak

DGIST

### 요약

5G 네트워크 확대로 무선 통신 수요 상승과 함께 IoT 기기는 다양한 분야에서 데이터 교환과 센서를 통한 정보 수집에 활용되고 있다. 그러나 에너지 부족으로 인한 저전력 소모는 IoT 기반 센서의 주요 고려 요소이며, 어려운 환경에서의 지속적인 센싱은 배터리 교체 어려움과 에너지 제한 문제를 야기할 수 있다. 이를 해결하기 위해 센싱 주기와 통신 여부를 신중히 결정하여 에너지 소모 최적화 및 정보의 최신성을 고려하여 IoT 센서의 정책을 조절함으로써 에너지-효율적인 시스템 운영이 이루어져야 한다. 기존의 정보의 최신성 연구들은 주로 하나의 패킷 업데이트를 가정하여 이루어져왔지만, 실제 IoT 환경에서는 여러 패킷 전송을 고려한 연구가 필요하다. 이 논문에서 우리는 통신 환경의 동적 변화와 무선 채널 조건에 따른 데이터 양 변화가 정보의 최신성에 직접적인 영향을 미칠 수 있음을 제안한다.

### I. 서론

최근 5G 네트워크 시스템의 확대로 무선 통신 수요가 높아지면서, 다양한 분야에서 사용되는 인터넷에 연결된 IoT 기기들이 데이터 교환 및 센서를 통한 정보 수집을 위해 활발하게 활용되고 있다. 우선, IoT 기반 센서들은 에너지 부족으로 인해 저전력 소모가 중요한 고려 요소이다. 특히, 사람들이 쉽게 접근하기 어려운 장소에 센서를 설치하는 경우 지속적인 센싱이 요구되지만, 배터리 교체가 어려우며 에너지 공급이 제한되어 있는 상황이 발생할 수 있다. IoT 센서들의 가장 주된 에너지 소모는 센싱과 무선 통신 접근이다[1]. 그러므로 파워 소모를 신중히 고려하여 센싱 주기(샘플링 주기) 및 통신 여부를 결정해야 하는데, 너무 많은 센싱 혹은 통신 연결을 수행하면 센서의 에너지 소모가 급증할 수 있기 때문에, 이를 위한 신중한 에너지 조절 계획이 필요하다.

추가적으로, IoT 기반 데이터를 활용할 때, 정보의 최신성을 파악하는 것도 중요한 측면 중에 하나이다. 정보의 최신성은 IoT 기기로부터 전송되는 상태 업데이트의 시점 관점에서의 적시성을 의미한다. 정보의 최신성에 대한 이해를 간단한 예시를 통해 설명하면 다음과 같다. 만약 스마트 홈에서 방의 온도를 기반으로 에어컨을 제어한다고 가정할 때, 정확한 제어를 위해서는 온도 정보가 최신 상태여야 한다. 다시 말해, 온도는 시간에 따라 변화하므로, 에어컨을 제어하기 위해 5 분

전의 온도를 사용하는 것보다는 최근 1 분 이내의 온도를 기반으로 하는 것이 훨씬 정확한 제어를 가능케 한다. 이렇게 정보의 최신성을 고려하여 IoT 센서들의 센싱 및 통신 정책을 결정하면 시스템의 목적에 맞는 시의적절한 정보를 활용함과 더불어 불필요한 센싱 및 무선 통신 접근을 통한 센서의 에너지 소모를 방지하여, 보다 에너지-효율적인 시스템 운영을 가능하게 할 수 있다. 이 논문에서 우리는 연속적인 데이터 전송 시스템에서 정보의 최신성을 분석한다.

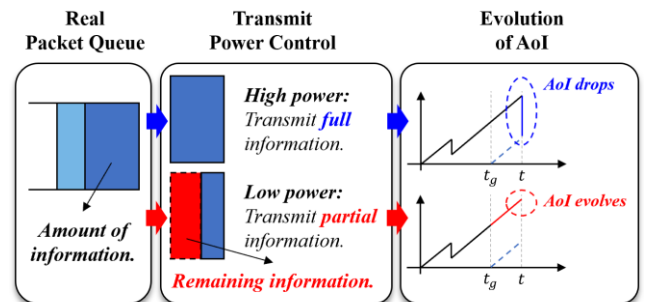


그림 1. 정보의 최신성을 고려한 연속 데이터 전송 예시  
Fig. 1. An example of continuous transmitting system of AoI

## II. 본론

정보의 최신성은 다양한 통신 시스템에서 연구되어 왔다. 그 중 대부분의 정보의 최신성 연구들은 상태의 업데이트가 하나의 패킷으로 결정되어, 하나의 전송 슬롯 안에서 가능함을 가정하여 진행되었다. 이는 일반적으로 해당 논문들에서 정보의 상태를 업데이트 할 때, 패킷의 데이터 양이 여러 전송 슬롯을 사용할 정도로 크지 않다고 가정하기 때문이다. 그러나, 실제 환경에서 인공지능 작업과 같은 IoT 기반 프로세스가 한 전송 슬롯 안에 종료되지 않을 수 있기 때문에, 정보의 최신성을 다룬 연구 중 복수의 패킷 전송을 고려한 연구 또한 제안되었다[2].

앞서 언급한 논문들의 통신 시스템에서는 항상 하나의 패킷 혹은 정해진 양의 데이터를 한 타임 슬롯에 보낼 수 있음을 가정한다. 다시 말해, 하나의 패킷의 전송 성공 확률을 통한 무선 채널 모델링을 기반으로 한 시스템을 제안한다. 그러나 실제 통신 환경에서는 통신 환경이 동적으로 바뀌며, 무선 채널 환경에 따라 전송할 수 있는 데이터의 양 또한 달라진다. 이러한 사실은 특히 데이터의 양이 하나의 패킷에 그치지 않을 때, 다시 말해, 데이터가 복수의 패킷으로 구성되어 있을 때 면밀히 검토해야 하는 부분이다. 무선 채널 환경에 따른 데이터의 전송량의 차이는 목적지의 입장에서 모든 데이터가 최종적으로 도달하는 시기를 변경할 수 있고, 이는 곧바로 정보의 최신성에 직접적인 영향을 주기 때문이다.

## III. 결론

5G 네트워크의 확대로 무선 통신 수요가 늘어나면서 다양한 분야에서 사용되는 IoT 기기가 데이터 교환과 센서 기반 정보 수집에 활발히 활용되고 있다. IoT 기반 센서들은 에너지 부족으로 인한 저전력 소모가 주요 고려 사항이며, 특히 어려운 환경에서의 지속적인 센싱은 배터리 교체 어려움과 에너지 제한 문제를 유발할 수 있다. 이 논문에서 우리는 실제 IoT 환경에서는 다양한 데이터 전송 환경이 고려되어야 하며, 통신 환경의 동적인 변화에 따라 전송 데이터 양이 변동함에 따라 정보의 최신성이 직접적으로 영향을 받을 수 있음을 제안한다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00704, 초고속 이동체 지원을 위한 3D-NET 핵심 기술 개발).

## 참 고 문 헌

[1] Martinez, B., Monton, M., Vilajosana, I., & Prades, J. D. (2015). The power of models: Modeling power consumption for IoT devices. *IEEE Sensors Journal*, 15(10), 5777-5789.

[2] B. Zhou and W. Saad, "Minimum age of information in the Internet of Things with non-uniform status packet sizes," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 19, no. 3, pp. 1933- 1947, Mar. 2020