

# 산업 현장 환경에서 연합학습 기반의 작업자 안전관리 시스템 설계

김수진<sup>1</sup>, 딜노자<sup>1</sup>, 오정민<sup>2</sup>, 신용태<sup>2</sup>

<sup>1</sup>승실대학교 컴퓨터학과

<sup>2</sup>승실대학교 컴퓨터학부

soojk129@soongsil.ac.kr, [dkarabaeva2747@gmail.com](mailto:dkarabaeva2747@gmail.com), [jmin980317@naver.com](mailto:jmin980317@naver.com),

shin@ssu.ac.kr

## Design of worker safety management system based on federated learning in industrial field environment

Soo-Jin Kim<sup>1</sup>, Dilnoza Karabaeva<sup>1</sup>, Jung-Min Oh<sup>2</sup>, Young-Tea Shin<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Dept. of Computer Science, Soong-Sil University

<sup>2</sup>Dept. of Computer Science and Engineering, Soong-Sil University

### 요 약

최근 산업 현장에도 작업자들의 안전사고를 방지하기 위하여 인공지능 기법을 활용한 안전관리 시스템들이 도입되었다. 그러나 기존의 인공지능 기법을 활용한 방식은 데이터가 중앙 서버에 집중된 형태로 데이터 이동시 작업자의 민감 정보에 대한 보호가 어려울 뿐 아니라 대량의 데이터 발생 시 전체 시스템에 장애가 발생할 수 있어 이는 빠른 대응 프로세스가 필요한 산업 현장에 큰 영향을 줄 수 있다. 본 논문에서는 연합학습 기법을 적용하여 중앙 서버의 스트레스를 낮추어 작업자의 위험 상황에 빠른 대응이 가능하고, 작업자의 헬스케어 데이터 같은 작업자의 민감 정보도 보호할 수 있는 시스템 설계를 제안한다.

### 1. 서론

제4차 산업혁명의 발전으로 각 산업 현장에도 IoT 센서, 지능형 CCTV 설치 등 작업자의 안전관리를 위한 변화가 생겼다. 각 산업 현장에서는 작업자 헬스케어 데이터, 작업 환경 등의 데이터를 수집하고 수집한 데이터를 인공지능으로 활용하여 안전관리 시스템을 연구한다. 그러나 기존의 인공지능을 활용한 기법은 모든 데이터를 중앙 서버로 수집하여 학습하는 방식이다. 이러한 방식은 정보보안 대책이 적용되어 있더라도 데이터 통신 과정 자체가 보안에 취약하여 작업자의 민감 정보가 보호가 어렵다[1]. 또한 중앙 서버에 집중된 데이터로 인하여 통신에 장애가 발생할 수 있으며 이는 빠른 대응 프로세스가 필요한 산업 현장에 큰 영향을 줄 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 기존의 문제점을 보완하기 위하여 연합학습을 기반으로한 작업자 안전관리 시스템 설계를 제안한다. 연합학습 기반의 시스템은 작업자의 민감 정보 유출을 방지하고, 중앙 서버의 스트레스는 낮추고, 옛지 디바이스의 수가 많아질수록 글로벌 모델의 성능은 향상되어 작업자의 위험

상황에 보다 정확한 대응이 가능하다[2]. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련연구, 3장은 제안, 4장은 결론으로 구성된다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 기존 산업 현장에서의 안전관리 시스템 분석

기존 연구에 따르면 실시간으로 근로자의 생체 신호의 변화, 작업 동선, 작업 위치 등의 데이터를 수집하여 정상 범위 이상의 데이터 발생 시 경고를 발생시키거나, 인공지능을 활용하여 근로자의 상태 데이터 분석을 기반으로 한 위험 예측을 하여 사고를 방지하는 등의 시스템을 제안하였다[3].

#### 2.2 연합학습(Federated Learning)

연합학습(FL)은 기존의 중앙 집중되어있던 기존의 학습과는 다른 탈중앙화 방식의 학습 방법이다. 연합학습은 기존의 방식과는 다르게 다수의 디바이스로부터 로우 데이터를 전달받지 않고 해당 디바이스 내에서 학습을 진행한다. 각 디바이스에서 발생한 데이터로 학습한 모델은 가중치를 중앙 서버로 전송한다. 중앙 서버는 전달받은 가중치들을 글로벌 학

습 모델에 업데이트 시켜 정확도를 향상시킨다. 모든 모델을 결합한 글로벌 모델은 사용자 디바이스로 다시 보낸다[4]. 이는 사용자의 민감 정보 등을 중앙 서버로 옮기지 않고 로컬에서 학습시키기 때문에 데이터 프라이버시를 보존이 가능하다. 또한 모델 가중치만을 공유하여 모든 사용자의 데이터에 적용할 수 있는 분산 학습 기법이다[5].

### 2.2.1. FedSGD(Federated Stochastic Gradient Descent)

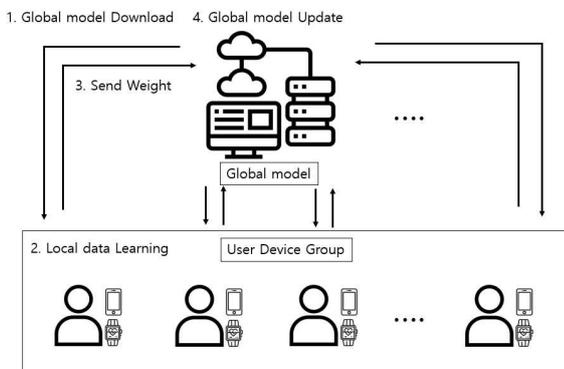
연합학습에서 FedSGD와 FedAVG은 대표적인 학습 방법이다. FedSGD 방법은 독립적으로 학습하지 않으므로 동일하게 분산된 데이터의 문제를 받지않고 사용자 디바이스에서 업데이트가 발생할 때마다 파라미터를 전송한다.

### 2.2.2. FedAVG(Federated Averaging)

FedAVG는 FedSGD와 달리 일정 수준까지 사용자 디바이스에서 학습한 모델의 파라미터를 전송한다. 이는 네트워크 통신 비용을 가장 적게 사용할 수 있고, 시간을 효율적으로 사용할 수 있어서 FedSGD보다 효율적이다.[6]

## 3. 제안

제안하는 모델의 기본 동작은 (그림 2)와 같다. 각각의 산업 현장에서 작업하는 작업자들의 디바이스에서 발생하는 생체정보 등의 데이터를 중앙 서버와 직접 교환하지 않고 자체 디바이스에서 학습한다. 글로벌 모델은 각 디바이스에서 가중치만을 넘겨 받아 학습한다. 지속적으로 학습한 글로벌 모델은 성능이 향상되어 작업자의 위험 상황에 신속한 대응 프로세스를 진행한다.



(그림 1) Federated Learning Architecture

1. 작업자 디바이스는 글로벌 모델을 다운로드한다.
2. 다운로드한 모델은 작업자의 헬스케어 데이터 및 작업자 환경 데이터 등을 학습하여 모델을 업데이트한다.
3. 업데이트로 생성된 가중치는 글로벌 모델에 보내진다.
4. 글로벌 모델은 각 디바이스로부터 받은 가중치를 바탕으로 학습하여 성능을 개선한다.
5. 1-4 과정을 반복한다.

## 4. 결론

본 논문에서는 산업 현장에서 사고 방지 및 작업자 민감정보 보호를 위하여 연합학습 기법을 적용한 안전관리 시스템 설계를 제안한다. 이 방식은 중앙 서버에 데이터를 직접 전송하지 않고 각 디바이스로부터 학습시킨 모델에서 가중치만 전송한다. 작업자의 실제 데이터는 전송하지 않으므로 민감 정보 유출을 방지한다. 또한 중앙 서버의 모델은 다수의 디바이스로부터 전달받은 파라미터만으로 모델을 업데이트하므로 중앙 서버의 스트레스를 낮추어 작업자의 위험 상황에 빠른 대응이 가능하다. 이는 디바이스가 많아질수록 중앙 서버 모델의 정확도를 향상시키는 구조이므로 기존보다 정확한 대응이 가능하다. 향후 연구 방향으로로는 중앙 모델에서 각 디바이스로부터 가중치만 받는 방법도 기존의 모든 데이터를 전송하는 방식보다는 훨씬 효율적이지만 디바이스의 수가 급격히 증가하면 통신 문제가 발생할 수 있다. 따라서 이를 해결할 수 있는 방안 연구를 진행할 예정이다.

### Acknowledgement

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음"(2018-0-00209)

### 참고문헌

[1] 김채미, 노웅기, 기업형 연합학습 프레임워크 분석, 데이터베이스연구, 36(2), 28-44, 2020

[2] Solmaz Niknam, Harpreet S. Dhillon, Jeffery H. Reed, Federated Learning for Wireless Communications: Motivation, Opportunities and Challenges, IEEE, 58(60), 46-51, 2020

[3] 엄정호, 작업장에서의 안전사고 예방을 위한 스마트 안전관리 시스템 설계, 한국디지털콘텐츠학회 논문지, 21(4), 817-823, 2020.

- [4] Y. J. Kim and C. S. Hong, Blockchain-based Node-aware Dynamic Weighting Methods for Improving Federated Learning Performance, 2019 20th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS), 1-4, 2019.
- [5] 곽윤석, 백한결, 유민재, 최민석, 김중현, 모바일 엣지 컴퓨팅 환경에서의 계층적 연합학습 모델 연구, 한국통신학회 학술대회논문집, 144-145, 2022.
- [6] Di Chai, Leye Wang, Kai Chen, Qiang Yang, FedEval: A Benchmark System with a Comprehensive Evaluation Model for Federated Learning, arXiv, 2020.