

# 적절한 노드 선택에 관한 연구 : 산업용 IoT시스템에서 빠른 복구를 위한 우선순위 알고리즘을 사용한 대리 노드 선택

노태균\*, 이수연\*\*, 정태명\*\*\*

\*성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과

\*\*성균관대학교 소프트웨어 플랫폼학과

\*\*\*성균관대학교 소프트웨어학과

\*tkroh@imtl.skku.ac.kr

\*\*sylee@imtl.skku.ac.kr

\*\*\*tmchung@skku.edu

## A Study on Selecting Proper Nodes : Selecting the Surrogate Nodes Using Priority Algorithm for Fast Recovery in Industrial IoT System

Tae-Kyun Roh\*, Soo-Yeon Lee\*\*, Tai-Myung Chung\*\*\*

\*Dept of Electrical and Computer Engineering, SungKyunKwan University

\*\*Dept of Software Platform, SungKyunKwan University

\*\*\*Dept of Software Engineering, SungKyunKwan University

### 요 약

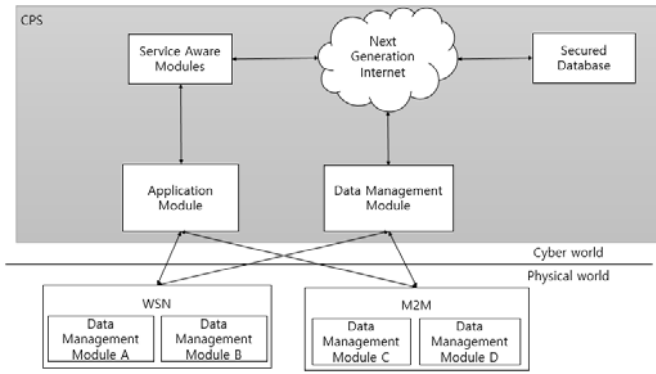
본 논문은 다양한 센서들과 디바이스들이 실시간으로 정보를 주고 산업 IoT 환경에서 실시간 분산 제어 역할을 하는 마스터 노드(Master Node)인 CPS시스템이 시스템장애 또는 내, 외부적인 요인으로 인해 정상적인 수행을 하지 못할 때 일시적으로 마스터 노드의 기능을 수행할 수 있는 싱크노드(Sink Node)를 선정하여 대리 마스터 노드를 결정하는 방안을 제시한다. 산업 IoT환경에서 마스터 노드의 역할로써 중요한 파라미터들을 선정한다. 이 후 상황에 따라 파라미터들의 가중치를 변경하여 우선순위 알고리즘을 통해 지속적으로 싱크 노드들의 우선순위에 대한 정보를 마스터 노드와 싱크노드들 간 공유하게 된다. 마스터 노드의 결함이 발생 시 우선순위가 높은 싱크노드가 마스터 노드의 역할을 대신 수행하여 예기치 못한 상황에도 데이터를 유지할 수 있도록 한다.

### 1. 서론

Industry 4.0의 시작으로 IoT 기기들은 여러 산업 환경에서 물리적 세계와 가상 세계를 연결하는 매개체로서의 역할을 하고 있다. IIoT(Industrial Internet of Things)에서는 여러 ICT(Information & Communication Technology)기술들과 무선센서 네트워크 및 통신 기술들이 상호 연결되어 작동하고 있다. 이러한 환경에서는 막대한 양의 데이터가 생성되고 소비되며, 이 데이터들은 CPS(Cyber Physical System) 라는 포괄적인 매커니즘 아래에서 관리 제어, 분석된다. 서비스 장애 시 장애복구 시간에 비례한 데이터적 손실이 야기 될 수 있는 본 환경을 고려하여 CPS에서 장애가 발생하였을 때, 이 역할을 대신 할 싱크노드를 가변적 우선순위 알고리즘을 통해 능동적으로 대리 마스터 노드를 찾아 서비스하는 것을 목표로 한다. CPS서비스의 일시적 결함에도 기본적인 데이터의 손실을 방지하는 방안에 대해 고찰하고, 우선순위를 결정하는 매커니즘에 대해 제안한다.

### 2. 관련연구

IIoT환경은 WSN(Wireless Sensor Network)와 CPS(Cyber Physical System), 그리고 M2M(Machine to Machine)의 복합체로 구성이 되어있다. M2M은 사물과 사물, 인간과 사물간의 소통을 의미하며 기계 중심으로 연결된 환경을 의미한다. WSN은 무선센서들이 연결된 네트워크로써 모든 센서들을 하나로 통합하여 실시간으로 관리하고 장소에 상관없이 컴퓨팅 환경에 접속가능하게 한 임베디드 무선 네트워크 기술이며 WSN에서 추출된 데이터들을 CPS에 전달한다. CPS는 물리적 요소에서 추출된 데이터를 수집, 분석, 제어하여 인간의 개입 없이 사물을 직접 인터넷에 연결하고 센서와 사물간의 긴밀한 결합과 조정을 특징으로 하는 실시간 분산제어 시스템이다. (그림 1)은 IIoT를 구성하는 CPS와 M2M, WSN과의 통신을 시각적으로 나타낸다[1].



(그림 1) IIoT의 데이터 흐름구조

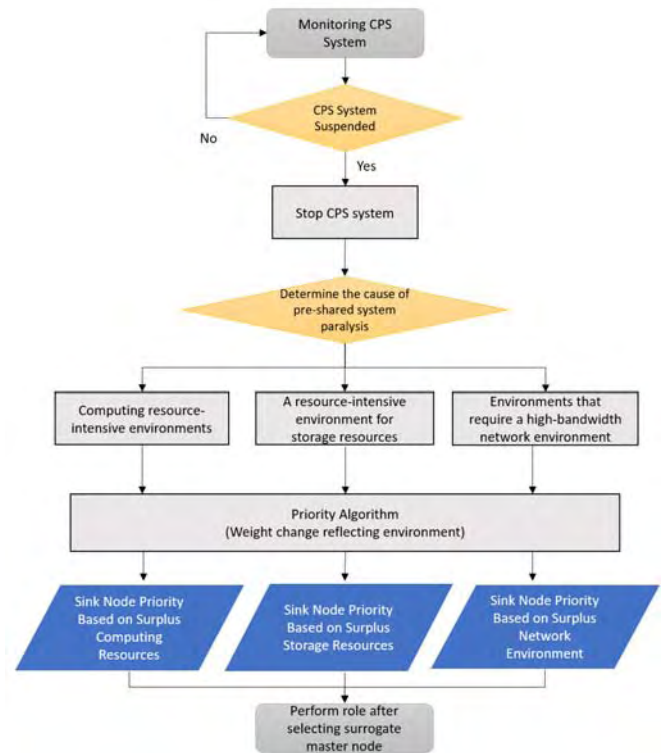
### 3. 본론

IIoT환경에서는 (그림 1)에서 제시한 것과 같이 WSN과 M2M에서의 데이터들은 CPS에서 중앙 관리되어 결과 값을 도출한다. CPS시스템을 마스터 노드로 WSN과 M2M의 데이터관리 모듈을 싱크노드로 가정한다. 이러한 중앙 집중형 데이터 관리 시스템은 물리, 가상적으로 데이터를 통합하여 운용하는 관점에서는 유용하지만 시스템이 예기치 못한 상황에 의하여 마비되었을 때 전체적인 서비스가 중지되고 서비스 중지시간에 비례한 데이터 손실이 발생한다. 따라서 서비스 중지가 일어난 원인에 따라 우선 순위 알고리즘을 통하여 CPS의 역할을 대체할 수 있는 대리 마스터 노드를 선정한다. 선정된 대리 마스터 노드는 CPS에 장애가 일어난 순간부터 CPS의 기능이 복구될 때까지 CPS의 데이터 수집의 기능을 부분적으로 대신하게 된다 만일 대리 마스터 노드가 잘못 선정되었을 경우 데이터 손실의 우려가 있으므로 대리 마스터 노드를 상황에 맞게 선정하여야 한다. 따라서 가변성을 두어 지속적으로 우선순위를 변화시키고 우선순위 정보를 마스터 노드와 싱크노드들 간에 공유해야한다.

대리 마스터노드를 선출하기 위하여 장애가 발생하기 이전의 시점에서 주기적으로 싱크노드와 마스터노드 간에 정보를 공유하는 과정이 선행되어야한다. 공유된 상황에 따른 상태 데이터로는 가용 스토리지 자원, 가용 컴퓨팅 자원, 가용 네트워크 자원을 선정한다. 가변적 상황에 따라 파라미터의 가중치를 바탕으로 우선순위를 산출한다.[2]

CPS시스템이 중지되기 전까지 공유된 정보를 기반으로 분기가 일어나 시스템이 중지된 원인을 파악하여 상태 데이터의 우선순위를 정한다. 시스템이 중지하는 상황을 컴퓨팅 자원의 소모가 많은 환경, 스토리지 자원의 소모가 많은 환경, 고 대역폭의 네트워크 환경이 필요한 환경으로 한정하였다. 상황별 환경에 따라 상태 데이터의 가중치를 다르게 부여하여 변화된 가중치에 맞게 우선순위 알고리즘을 통해 싱크노드의 우선순위를 도출한다. 우선순위가 높게 선정된 싱크노드는 CPS시스템 중지가 발생 시 대리

마스터 노드로써의 역할을 수행하게 된다. (그림 2)에서는 우선순위 알고리즘을 통하여 대리 마스터 노드가 선정되는 플로우를 보여주고 있다.



(그림 2) 가변적 상황에 따른 우선순위 알고리즘

#### A. 컴퓨팅 자원의 소모가 많은 환경

IIoT환경에서 CPS시스템의 처리해야 할 데이터가 급격하게 증가하여 컴퓨팅 자원의 소모량이 많을 경우 가용한 컴퓨팅 자원이 부족해진다. 따라서 시스템은 최소 컴퓨팅 속도의 저하에서 최대 시스템 중지가 발생할 수 있다. 위 상황은 데이터의 손실을 야기하기 때문에 데이터의 손실을 막기 위해 가용한 컴퓨팅 자원이 많은 노드를 기준으로 우선순위 알고리즘에 따라 싱크노드의 우선순위를 정한다. 우선순위가 높은 싱크노드를 대리 마스터 노드로서 마스터 노드의 컴퓨팅 능력이 복구될 때까지 대리 마스터 노드가 마스터 노드의 역할을 수행한다.

#### B. 스토리지 자원의 소모가 많은 환경

CPS시스템의 가용한 스토리지 공간의 한계로 인해 데이터가 저장되지 못할 때 데이터가 손실되는 상황이 발생한다. 스토리지 자원의 한계가 발생하면 가변적 우선순위 알고리즘을 통하여 대리 마스터 노드를 통해 스토리지 자원을 지원받는다. 이 상황에서 선정되는 파라미터는 가용 스토리지 자원의 양으로써 싱크노드중 잉여 자원이 가장 많은 노드가 선정이 된다. 대리 마스터 노드로 선정된 노드는 모든 데이터들을 CPS시스템의 가용 스토리지 자원이 생길 때까지 보관한다. 만일 대리 마스터 노드의 역할

을 수행중 가용 스토리지 자원이 고갈되었을 때, 다음 우선순위의 노드가 대리 마스터 노드의 역할을 수행한다. CPS시스템의 가용한 스토리지 공간이 복구되면 대리 마스터 노드는 보관하였던 데이터들을 다시 시스템에게 전송하여 데이터의 손실을 방지한다.

#### C. 고 대역폭의 네트워크 환경이 필요한 환경

CPS시스템이 네트워크 대역폭의 제한으로 인해 받을 수 트래픽의 양이 한정되어 있을 때 많은 네트워크 트래픽이 송신되면 패킷이 드롭되는 상황이 발생한다. 패킷의 드롭되는 상황을 막기 위해 가변적 우선순위 알고리즘을 통해 알맞은 싱크노드를 대리 마스터 노드로 결정한다. 가변적 우선순위 알고리즘은 싱크노드의 가용한 네트워크 자원을 측정하여 가장 적합한 대리 마스터 노드를 결정한다. 대리 마스터 노드는 CPS시스템이 받을 네트워크 트래픽을 받아서 보관한다. CPS시스템의 가용한 네트워크 대역폭이 현재 네트워크상태에 맞춰 가능하게 되었을 경우 대리 마스터 노드는 네트워크 트래픽을 다시 CPS시스템에서 보내게 된다.

#### IV. 결론 및 향후 연구

CPS의 장애로 각각 디바이스들끼리 통신이 중지되어 손실되는 데이터의 양은 시간에 비례하여 늘어난다. 따라서 시스템의 장애 시에도 빠른 회복을 통하여 서비스 지연에 따른 가치손실을 최소화하는 메커니즘에 대한 필요성이 제기되었다. 이에 본 논문에서는 IoT 시스템 환경을 반영한 가변적 우선순위 알고리즘을 통하여 현장에 배치되어 있는 전체 싱크노드 중에서 CPS의 역할을 일시적으로 대신 수행할 대리 마스터 노드를 선정함으로써 데이터의 손실을 최소화하기 위해 대체 시나리오를 제안하였다. 향후 CPS시스템에 우선순위 산출 알고리즘을 사용할 수 있는 모듈을 구축하여 가변적인 상황에 따른 효율성을 입증하고 데이터의 손실되는 자원을 최소화 할 수 있는 방안을 모색할 예정이다.

#### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보보호통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.B0184-15-1003, oneM2M Conformance 테스트 툴 및 QoS 기술 개발)

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 중점연구소지원사업으로 수행된 연구임 (2012-005861)

#### 참 고 문 헌

[1] Ahmed, Syed Hassan, Gwanghyeon Kim, and Dongkyun Kim. 2017, "Cyber Physical System: Architecture, Applications And Research

Challenges", In IEEE.

[2] 이수연, 정준권, 정태명 (2017). IoT 환경에서 우선순위 산출을 통한 네트워크 장애복구 연구". 한국통신학회, 한국통신학회 학술대회논문집, 194-195.

[3] Wu, Fang-Jing, Yu-Fen Kao, and Yu-Chee Tseng. "From wireless sensor networks towards cyber physical systems." *Pervasive and Mobile Computing* 7.4 (2011):397-413.