

RFID 물류 유통 모니터링 시스템을 위한 오류 감지 알고리즘

Faults Detection Algorithms for RFID Logistic Monitoring Systems

성 동 옥* 박 준 호** 유 재 수**
 *한국과학기술원 전산학과
 **충북대학교 정보통신공학과

Seong dong-ook*, Park jun-ho**, Yoo jae-soo**
 *Dept. Computer Science, Korea Advanced Institute of Science and Technology
 **Dept. Information & Communication Engineering, Chungbuk National Univ.

요약

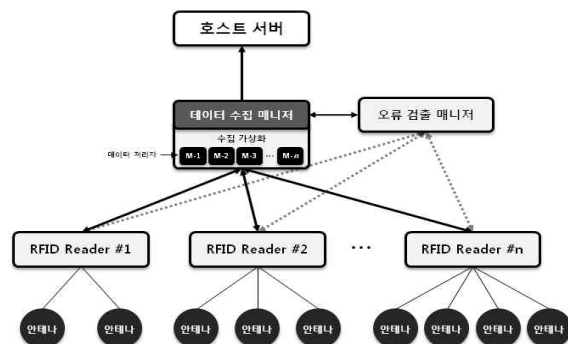
물류 산업이 크게 성장함에 따라 유통 및 관리되어야 할 물류량 또한 증가하게 되었다. RFID 시스템은 이에 대한 효율적인 관리 방법의 대안으로 떠올랐다. 하지만 RFID 시스템의 특성상 외부에 노출되어 운용되며, 이에 따라 다양한 외부 요소의 간섭으로 인해 RFID 태그 인지 오류를 야기할 수 있다. 뿐만 아니라 RFID 물류 유통 모니터링에 적용된 RFID 시스템은 실시간 모니터링을 위해 스트리밍 형태로 데이터가 발생하여 인지 오류의 감지가 어렵다. 본 논문에서는 RFID 시스템의 약점을 해결하기 위해 RFID 시스템에서 발생하는 스트리밍 데이터를 대상으로 실시간 오류 감지를 할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

I. 서론

오늘날 물류 산업이 크게 성장함에 따라 효율적인 유통 및 관리 시스템에 대한 요구가 증가하고 있다. 다수의 물류가 새롭게 생겨나고, 빈번하게 위치가 이동하는 환경에서 RFID 기술은 물류들을 실시간 모니터링을 하기 위한 효과적인 기술이다. 일반적으로 RFID 시스템은 RFID 태그와 태그를 인식할 수 있는 RFID 리더(RFID Reader) 그리고 RFID 리더에서 발생한 데이터를 수집하고, 관리하는 미들웨어를 가지는 호스트 서버(Host Server)로 구성된다. RFID 리더가 태그를 인지하는 방식은 먼저 RFID 리더에서 RF 신호 송출하면 해당 RF 신호를 수신한 태그는 그에 대해 자신의 정보를 실은 반송파를 송출하고, RFID 리더는 태그에서 송출된 반송파의 정보를 판단하여, 인근 태그들의 정보를 인식한다. RFID 미들웨어는 RFID 리더의 동작과 수집된 데이터의 처리 방법에 대해 명세하고 있으며, 정해진 루틴에 따라 최종 모니터링 정보를 산출한다[1].

RFID 시스템의 태그 인식은 무선 RF 신호를 이용하여 이루어지므로 외부 잡음의 간섭에 취약하다. 뿐만 아니라 단일 안테나를 통해 각 태그 정보들이 수집되는 것이 아니라 일정 모니터링 영역에 다수의 안테나가 배치되어 태그 정보들을 수집하므로 안테나의 오작동의 가능성이 증가한다. 이러한 RFID 시스템의 취약성으로 인해 수집되는 태그 인식 데이터의 정확성이 떨어질 수 있다. 또한 태그 인식 데이터가 스트리밍 형태로 발생하므로 관리자가 수작업으로 이에 대한 식별이 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 RFID 시스템의 미들웨어는 발생하는 스트리밍 데이터에 대한 실시간 오류 감지 기능을 포함해야 한다.

본 논문에서 기반으로 하는 RFID 시스템의 구조는 그림 1과 같다. 그림 1의 구조는 물류 환경을 통합하기 위해 표준을 주구하고 있는 EPCGlobal에서 명세한 인터페이스 구조를 기반으로 설계 되었다[2]. 그림의 호스트 서버는 최종 모니터링 정보를 이용하는 파트이며, 데이터 수집 매니저에서 수집된 RFID 태그 인식 데이터를 이용한다. 데이터 수집 매니저는 배치된 각 RFID 리더와 연결되어 리더들에게 수집 정책을 명령하고, 해당 명령에 따라 수집한 정보를 수집한다. 이 과정에서 데이터 수집 매니저는 각 RFID 리더에 연결된 안테나들을 묶어 가상화하고, 가상화된 단위로 명령을 내리고, 데이터를 수집한다. EPCGlobal에서는 이러한 가상화된 수집 단위를 ECSpec(Event Cycle Specification)으로 정의하고 있다. 각 RFID 리더에는 1~n개의 안테나가 연결되어 각 안테나마다 개별적으로 데이터를 수집한다. 본 논문에서 제안하는 오류 감지 알고리즘은 그림의 오류 검출 매니저 형태로 미들웨어에 포함되어 동작되며, 이에 대한 결과를 호스트 서버로 전송하여 오류 발생에 대한 적절한 대응을 할 수 있게 한다.

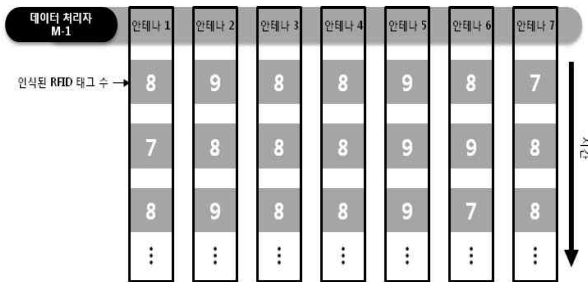


▶▶ 그림 1. EPCGlobal에서 정의한 RFID 시스템 구조

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업의 결과임.(No. 2009-0080279)

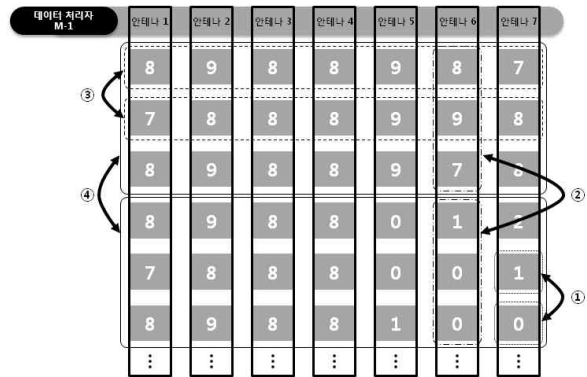
II. 제안하는 오류 감지 알고리즘

제안하는 오류 감지 알고리즘은 그림 1의 안테나 들을 가상화 하여 데이터를 수집하는 데이터 처리자인 M-1, M-2, ..., M-n을 대상으로 오류 검출을 수행한다. 따라서 오류 검출의 결과는 각 데이터 처리자마다 오류 데이터를 수집 유/무로 나타낸다. 그림 2는 하나의 데이터 처리자에서 수집되는 데이터 발생 형태를 나타낸다. 그림의 M-1 데이터 처리자는 7개의 안테나를 가상화하여 데이터를 수집한다. 각 안테나에서 수집되는 데이터는 해당 안테나에서 인식된 RFID 태그의 수이며, 이 정보는 시간이 흐름에 따라 지속적으로 발생한다.



▶▶ 그림 2. 데이터 처리자의 데이터 수집 형태

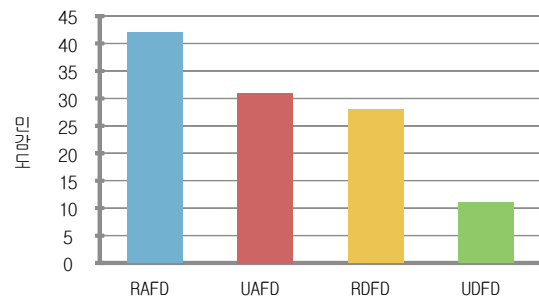
본 논문에서는 오류 감지 정책에 따라 오류 감지 방식을 실시간 안테나 오류 검출, 단위시간 안테나 오류 검출, 실시간 데이터 처리자 오류 검출, 단위시간 데이터 처리자 오류 검출로 총 4가지로 구분한다. 첫 번째 실시간 안테나 오류 검출 방식은 그림 3의 ①과 같이 개별 안테나에서 수집 데이터의 변화 추이를 감지하여 비정상적인 인지 수 감소/증가를 보일 때 이를 오류로 판단하는 방식이다. 두 번째 단위시간 안테나 오류 검출 방식은 그림 3의 ②과 같이 개별 안테나에서 수집 되는 데이터를 특정 시간 범위로 구분하고, 해당 범위의 데이터 합과 이전 시간 범위에 발생한 데이터의 합을 비교하여 비정상적인 인지 수 감소/증가를 보일 때 이를 오류로 판단하는 방식이다. 세 번째 실시간 데이터 처리자 오류 검출 방식은 그림 3의 ③과 같이 특정 수집 시간에 수집된 모든 안테나들의 데이터의 합과 바로 이전의 수집 시간에 수집된 모든 안테나들의 데이터 합을 비교하여 비정상적인 인지 수 감소/증가를 보일 때 이를 오류로 판단하는 방식이다. 마지막으로 단위시간 데이터 처리자 오류 검출 방식은 그림 3의 ④와 같이 전체 안테나를 대상으로 특정 시간 범위로 구분하고, 해당 범위의 데이터 합과 이전 시간 범위에 발생한 데이터의 합을 비교하여 비정상적인 인지 수 감소/증가를 보일 때 이를 오류로 판단하는 방식이다. 각 오류 판단 방식은 운용 환경에 따라 다르게 적용될 수 있다. 즉각적으로 오류 발생을 감지해야하는 상황에서는 실시간 오류 검출 방식을 적용할 수 있다. 하지만 이 방식은 빠른 응답 요구하지 않는 상황에서는 불필요한 통신 트래픽을 발생시킨다. 따라서 빠른 응답을 요구하지 않는 환경에서는 단위시간 오류 검출 방식을 적용하는 것이 적절하다. 또한 안테나 단위의 오류 검출 방식을 적용할 경우 오류가 발생한 안테나를 정확히 구별할 수 있는 장점이 있지만 데이터 처리자 단위의 오류 검출 방식에 비해 높은 트래픽을 요구한다.



▶▶ 그림 3. 제안하는 4 가지 오류 검출 비교 방식

III. 성능평가

본 장에서는 시뮬레이션을 통해 제안하는 4가지 오류 감지 방식인 실시간 안테나 오류 검출 방식(RAFD), 단위시간 안테나 오류 검출 방식(UAFD), 실시간 데이터 처리자 오류 검출 방식(RDFD), 단위시간 데이터 처리자 오류 검출 방식(UDFD)의 탐지 민감도의 특성을 보인다. 그림 3은 각 방식의 민감도 그래프이다. RAFD는 개별 안테나 단위로 수집되는 데이터 량을 실시간으로 비교 판단하여 가장 높은 민감도를 보이고, UDFD는 단위시간 내에 수집된 모든 안테나의 데이터를 합하여 비교 판단하므로 가장 낮은 민감도를 보인다. UAFD는 단위시간에 발생한 데이터의 합하여 비교판단 하므로 RAFD에 비해 낮은 민감도를 보이고, RDFD는 실시간으로 안테나들의 데이터 합을 통해 비교하므로 UDFD에 비해 높은 민감도를 보인다. 각 방식은 운용되는 환경 특성을 고려하여 적절히 선택되어 사용될 수 있다.



■ 참고 문헌 ■

- [1] Roy Want, "An Introduction to RFID Technology", IEEE Pervasive Computing, vol.5, no.1, pp.25-33, 2006.
- [2] EPCGlobal : <http://epcglobalinc.org>.