

우선순위를 고려한 RFID 미들웨어 시스템의 효율화에 관한 연구

송정환 · 김채수[†] · 박성미 · 최우용 · 김정자 · 이상완

동아대학교 산업경영공학과

A Study on Efficiency of RFID Middleware System with Priority

Jeong-Hwan Song · Chae-Soo Kim · Sung-Mee Park · Woo-Yong Choi · Jung-Ja Kim · Sang-Wan Lee

Dept. of Industrial and Management Systems Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

In the current RFID (Radio Frequency IDentification) middleware systems based on the EPCglobal standard, the tag data received by multiple readers are processed sequentially in FIFO (First In First Out) order. Considering the priority of RFID reader makes the RFID system more flexible and improve the data transaction throughput in the service environment where important tag data with high priority for a specific reader. In this study, we propose a new RFID middleware system architecture supporting priority service with the Buffer Management Component. Our proposals are compliant with the EPCglobal ALE (Application Level Events) standard interface for middleware systems and their clients. To verify the efficiency of this proposed system, simulation is used for evaluation.

Keywords: RFID Middleware, RFID Reader, Priority, Simulation

1. 서론

1950년대 처음 개발되어 1980년대에 실용화되기 시작한 RFID (Radio Frequency IDentification) 기술은 최근 유비쿼터스 (Ubiquitous) 환경의 진입을 위한 핵심기술로 부상하고 있으며, 정부 주도하의 IT839 정책의 3개 인프라 중의 하나로 그 중요성이 부각되고 있다. 또, 사회 각 분야에 걸쳐 유비쿼터스 환경으로 도약하기 위한 RFID의 적용 연구가 활발하게 진행되고 (Want, 2004) 있으며, 단순히 물체 인식의 단계를 넘어서 산업 전반의 관리시스템에 속속 적용이 되고 있다.

일반적으로 RFID 시스템은 기본적으로 사물에 부착되고 이를 유일하게 구분할 수 있는 정보를 담고 있는 RFID 태그(Tag), 태그에 담겨진 정보를 인식하는 RFID 리더기(Reader), 다수의 리더기로부터 인식된 RFID 태그정보를 수집하고 중복된 정보들을 제거하여 의미 있는 정보만을 응용프로그램에 전달해주는 일종의 RFID 미들웨어(Middleware)로 구성된다. RFID 미

들웨어는 리더기 등의 장비를 관리하거나, 이기종의 RFID 환경에서 발생하는 대량의 가공되지 않은 데이터를 수집, 필터링하여 의미 있는 정보로 변환하여 응용 소프트웨어 등에 필요한 정보를 제공하는 소프트웨어 플랫폼으로 정의 할 수 있다(Kim, 2005). 이러한 RFID 미들웨어는 단순한 태그 인식정보의 전달뿐만 아니라, 서로 다른 형태의 통신방식 및 프로토콜을 지원하는 리더기들을 일관된 형식으로 통합적으로 관리하고, 모니터링 할 수 있어야 한다(Song and Kim, 2006). 따라서 RFID 미들웨어는 RFID 기술의 핵심이라 할 수 있으며, 현재 다양한 분야에서 적용되고 있고 앞으로도 그 적용분야는 더 확대될 전망이다. 이는 RFID 미들웨어가 처리해야 할 데이터의 양도 늘어나고 있음을 의미하며, 그 데이터의 양은 수천 GB, 많게는 수천 TB급의 대용량 데이터가 될 것이다.

그러나 현재 우리나라 대다수의 기업에서 보유하고 있는 RFID 미들웨어는 설계 당시부터 확장성과 부하분산을 고려하지 않았고, 효율성 측면에서 많은 문제점을 가지고 있다. 또한

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단에서 시행한 지역혁신인력양성사업(PS-06-1-032)의 지원에 의해 연구되었음.

[†] 연락저자 : 김채수 교수, 604-714 부산시 사하구 하단2동 840번지 동아대학교 산업경영공학과, Fax : 051-200-7697,

E-mail : cskim@dau.ac.kr

2007년 10월 접수; 2007년 11월 수정본 접수; 2007년 11월 게재 확정.

하나의 미들웨어에서 처리 할 수 있는 데이터의 양은 초당 200 건 미만인 실정에 있다. 또 현재 개발되고 있는 RFID 미들웨어의 제품들이나 세계 RFID 기술의 표준을 제시하고 있는 단체인 EPCglobal의 미들웨어 표준인 ALE도 각각의 리더기들에 의해 수집된 태그 데이터들은 들어오는 시간 순서 즉, 먼저 들어온 것이 먼저 처리되는 FIFO(First In First Out)순에 의해 처리되고 있다(EPCGlobal Inc., 2005).

따라서 RFID 미들웨어의 능력을 초과하는 대용량의 데이터가 발생할 경우, 미들웨어에서 태그 데이터들의 대기(Queue)가 발생하게 되고, 우선적으로 처리되어야 할 긴급성을 가진 태그 데이터의 처리가 지연되는 문제가 발생하게 된다. 이는 RFID 미들웨어 적용 환경에 대한 유연성에 단일 환경만을 제공하게 되고, 이를 해결하기 위한 제어 메커니즘은 나와 있지 않은 실정이다.

RFID 기술을 사용하고 있는 ‘대형할인마트’ 라는 하나의 시스템을 가정해 보자. 하나의 시스템 내에 여러 개의 리더기가 존재하게 되고, 각 리더기들로부터 읽혀진 태그 데이터들은 하나의 RFID 미들웨어에 의해 처리된다. 이 때, 고객이 구매한 제품의 가격을 계산하기 위한 마트의 계산대에 위치한 리더기와 마트의 창고에 입고되는 상품 정보를 얻기 위해 창고에 위치한 리더기를 비교해 보자. 이 두 리더기에서 읽혀지는 태그 데이터는 서로 상이한 태그 정보이고, 고객 서비스 측면에서 볼 때 계산대에 위치한 리더기에서 읽혀진 태그 정보가 창고에 위치한 리더기에서 읽혀진 태그 정보보다 더 우선적으로 처리되어야 할 긴급성을 가진 데이터라 할 수 있을 것이다. 그런데 RFID 미들웨어의 능력을 초과하는 대용량의 데이터가 발생하여 대기가 생긴다면, 현재 RFID 미들웨어는 태그 정보를 FIFO순으로 처리하기 때문에 우선적으로 처리되어야 할 계산대 리더기에서 읽혀진 태그 정보의 처리가 지연되어 고객 서비스에 문제를 야기 할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템을 제시하고자 한다. 물론 제안된 모델은 EPCglobal의 RFID 미들웨어 표준인 ALE에 준하여 설계되어 질 것이다. 이를 통해 먼저 처리해야할 데이터의 대기 시간을 줄임으로써 최종 애플리케이션에 대한 서비스 수준을 향상 시킬 수 있을 것이다. 이러한 방법론을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 사용하였으며, 효율성을 측정하기 위한 수단으로써 최우선 순위를 가진 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기시간(Queuing time)을 사용하였다. 또, 발생된 태그 데이터의 양에 따라 제안된 RFID 미들웨어 시스템의 최적 성능을 가져오는 독립변수들의 최적 조합을 시뮬레이션을 통해 제시하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 본 연구의 연구대상인 RFID 미들웨어에 대해 소개하고, 제 3장에서는 EPCglobal에서 제시하는 기존의 RFID 미들웨어의 표준인 ALE에 대해서 설명한다. 제 4장에서는 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템의 아키텍처(Architecture)를 제시하고 각 컴포넌트(Component)의 세부적인 운영 동작을 제시한다. 제 5장

에서는 제시된 아키텍처를 바탕으로 시뮬레이션을 통해, 제안된 RFID 미들웨어 시스템의 모델과 FIFO 순으로 데이터가 처리되는 기존의 RFID 미들웨어 시스템의 모델의 성능을 비교한다. 또, 발생된 데이터의 양에 따라 제안된 RFID 미들웨어 시스템의 최적 성능을 가져오는 독립변수들의 최적 조합을 시뮬레이션을 통해 제시하고 마지막으로 결론 및 추후 연구방향에 대해서 기술한다.

2. 이론적 고찰

2.1 RFID 시스템

일반적으로 RFID 시스템은 <Figure 1>과 같이 사물에 부착되고 이를 유일하게 구분할 수 있는 정보를 담고 있는 RFID 태그와 태그 정보를 판독 및 해석하는 Reader, 무선 데이터 전송·수신 할 수 있는 Antenna 그리고 읽어 들인 데이터를 처리하는 Host Computer로 구성되어 있다(Finkenzeller, 2003).

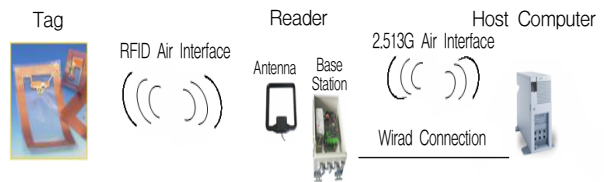


Figure 1. Composition of RFID system

2.2 RFID 미들웨어

RFID 미들웨어는 이기종의 RFID 환경에서 발생하는 대량의 태그 데이터를 수집, 필터링하여 의미 있는 정보로 요약하여 응용 시스템에 전달하는 시스템 소프트웨어이다(Department of Commerce, 2005).

초기의 RFID 기술 연구 및 시장형성은 주로 사물에 부착하기 위한 태그와 이를 무선을 통해 자동으로 인식하기 위한 칩, 리더기 등의 하드웨어를 중심으로 발전되어 왔다. 그러나 최근 들어 기존 시스템과 RFID 시스템 간의 통합을 지원하기 위해 태그 데이터의 수집, 정제 및 관리 등을 수행하는 RFID 미들웨어에 관심과 수요가 증가하고 있다.

일반적으로 RFID 기반의 시스템은 기존의 바코드 기반의 시스템이 주로 이용하는 사용자의 요구에 의해 이벤트가 발생하는 방식이 아니라 리더기에서 주기적으로 태그를 인식하여 이벤트를 시스템에 전달하는 방식으로 개발된다. 따라서 RFID 태그 데이터가 인식될 경우 RFID 리더기로부터 반복적으로 동일한 태그 데이터가 응용 프로그램에 전달되게 된다. 이처럼 리더기로부터 인식된 태그 데이터가 아무런 정제 작업 없이 직접 응용 프로그램에 전달되는 방식은 시스템에 불필요한 연산을 많이 수행하게 되어 성능 저하의 요인이 된다. 따라

서 리더기와 응용 프로그램 사이에 존재하는 미들웨어에서 이벤트의 규모를 축소하고, 불필요한 이벤트는 제거하는 등의 필터링 기능 및 요약 기능을 제공해야 한다. <Figure 2>는 RFID 미들웨어의 개념을 보여주고 있다.

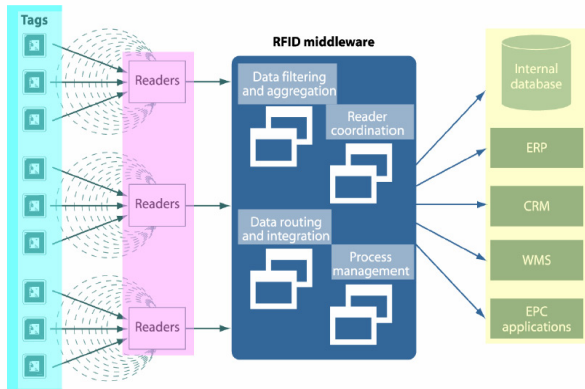


Figure 2. The concept of RFID middleware

리더기는 리더기의 인식공간에 존재하는 복수 개의 태그를 인지한다. 이렇게 인식된 태그데이터는 리더기 프로토콜을 통해 리더기로부터 RFID 미들웨어로 데이터가 전달되게 된다. RFID 미들웨어는 리더기로부터 전달된 복수 개의 중복된 태그 데이터를 필터링하는 역할을 수행하게 되고, 기존의 레거시(Legacy) 시스템으로 태그 정보를 전달하게 된다.

3. EPCglobal의 기존 RFID 미들웨어 구조

RFID 미들웨어 시스템은 다수의 RFID 리더기로부터 수집되는 대량의 태그 데이터를 정제, 요약하여 의미 있는 데이터를 생성하고 그룹화 하여 기존 응용시스템과의 연동 및 통합을 담당한다.

EPCglobal에서 제시하는 기존의 RFID 미들웨어 시스템의 구조는 <Figure 3>에서 보는 바와 같이 RIC(Reader Interface Component), ALE(Application Layer Event) 컴포넌트, EPCIS(EPC Information Service) 컴포넌트의 3가지 주요 컴포넌트로 구성되어 있다(EPCglobal Inc., 2005).

RIC는 다양한 형태의 리더기들을 통합하는 기능을 제공한다. 리더기는 리더기의 인식공간에 존재하는 복수 개의 태그를 인지한다. 이렇게 인식된 태그 데이터는 Reader Interface를 통해 리더기로부터 미들웨어로 데이터가 전달되게 된다. 미들웨어는 리더기로부터 전달된 복수 개의 중복된 태그 데이터를 필터링하는 역할을 수행하게 되고, ALE 인터페이스를 통해 통합/정제된 태그 데이터 목록이 미들웨어에서 EPCIS로 전달되고 EPCIS는 EPC와 관련된 정보를 획득하고, 관리하며 이를 공유하기 위한 외부 인터페이스를 정의한다(EPCglobal Inc., 2007).

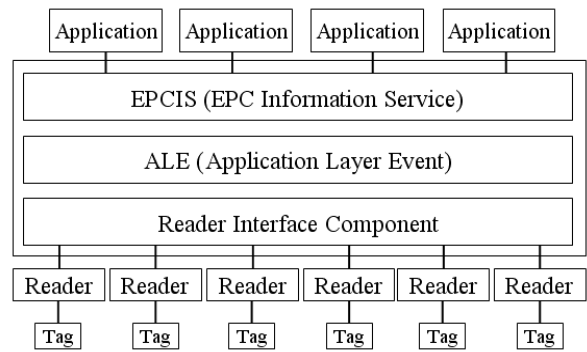


Figure 3. RFID middleware architecture of EPCglobal

이상과 같이 설명된 현재 존재하는 EPCglobal의 RFID 미들웨어 표준에는 우선순위 서비스와 같은 유연한 환경 제공에 대한 언급 없이 단지 RFID 미들웨어의 기본적인 기능과 역할만을 제시하고 있다. 또, 태그 데이터들은 FIFO(First In First Out)순에 의해 처리되고 있다. 따라서 특정 환경에서 각 리더기의 중요성이나 우선순위에 따른 처리를 위한 방법이 제시된다면 보다 다양한 환경에서 적용이 가능할 것이다. 즉 특정 리더기에서 수집된 태그 데이터를 빠르게 처리해야 될 경우에 미리 부여된 우선순위에 따라 데이터를 처리하는 RFID 미들웨어가 필요하게 된다. 이것은 RFID 미들웨어의 가용성(availability)을 높여 줄 것이다.

4. 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템

4.1 제안된 RFID 미들웨어의 구조

우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템은 제 3장에서 설명된 EPCglobal의 기존 RFID 미들웨어 시스템의 구조를 그대로 이용하면서 Buffer Management 컴포넌트를 추가한 구조이다.

즉, 다수의 리더기로부터 수집된 태그 정보들을 바로 미들웨어로 보내는 것이 아니라, 각 리더기에 할당된 Buffer를 하나씩 두어 각 리더기가 수집한 데이터를 각 Buffer로 먼저 보내 일시 저장한다. 그 이후에, Buffer에 일시 저장된 데이터들은 각 버퍼의 우선순위에 따라 미들웨어로 처리되어 지는 형태를 가지고 있다. 태그 데이터가 FIFO순으로 처리되는 기존의 방식과는 달리 대용량의 데이터가 발생했을 경우, 완충 역할을 할 수 있는 Buffer를 두어 부여된 우선순위에 따라 우선순위가 높은 데이터를 먼저 처리할 수 있게 하는 구조이다.

본 연구에서 제안한 Buffer Management 컴포넌트는 각 리더기들이 수집한 태그 데이터들을 일시 저장하는 Buffer들과, Buffer들에게 우선순위를 부여하고 부여된 우선순위에 따라 태그 데이터를 처리하는 역할을 하는 Buffer Manager로 구성된다. 또한 Buffer Manager는 Time Manager, Priority Manager,

Data Size Manager로 구성되며, 각각 Buffer의 시간 관리, 우선 순위 관리, 데이터의 크기 관리의 기능을 담당하게 된다. <Figure 4>는 본 연구에서 제안된 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템의 구조이다.

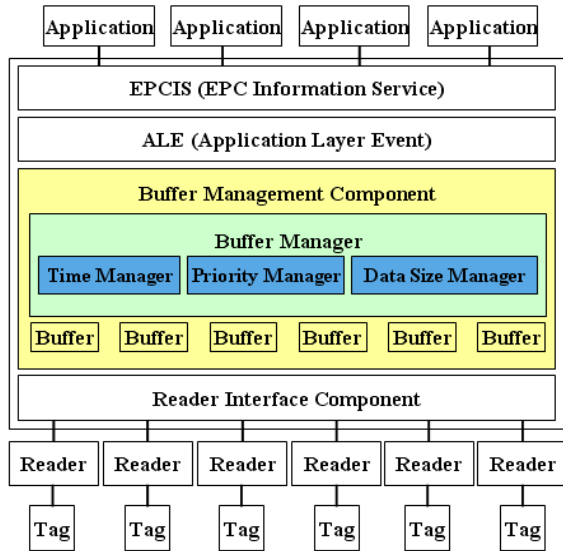


Figure 4. RFID middleware architecture supporting priority service

우선순위에 따라 태그 데이터를 처리하기 위해서 RFID 미들웨어에서 각 리더기들에게 우선순위를 부여해야 하는데, 이는 리더기 관리 부분에서 RFID 미들웨어 적용 기업의 업무 절차와 내용에 따라서 정해야 할 것으로 생각된다.

4.2 각 컴포넌트의 세부적인 운영동작

Buffer Management Component의 운영 동작은 다음과 같이 이루어진다.

4.2.1 Priority Manager

각 리더기들로부터 수집된 태그 데이터들은 RIC를 통과하여 각 Buffer에 일시 저장되어진다. 태그 데이터가 Buffer로 들어오면, Priority Manager는 해당 buffer의 우선순위를 체크하고, 이 Buffer의 우선순위가 다른 Buffer의 우선순위보다 높으면 이 Buffer로 들어온 태그 데이터를 ALE로 보내고, 이 Buffer의 우선순위가 대기 중인 Buffer의 우선순위보다 낮다면, 이 Buffer의 데이터는 대기시키고, 원래 대기 중이었던 Buffer의 우선순위를 최우선 순위로 바꾸어 태그 데이터를 ALE로 처리하게 된다. <Figure 5>는 Buffer가 3개 있을 경우의 Priority Manager의 동작(Operation)을 나타낸다.

4.2.2 Time Manager

부여된 우선순위에 따라 최우선 순위를 가진 Buffer의 데이

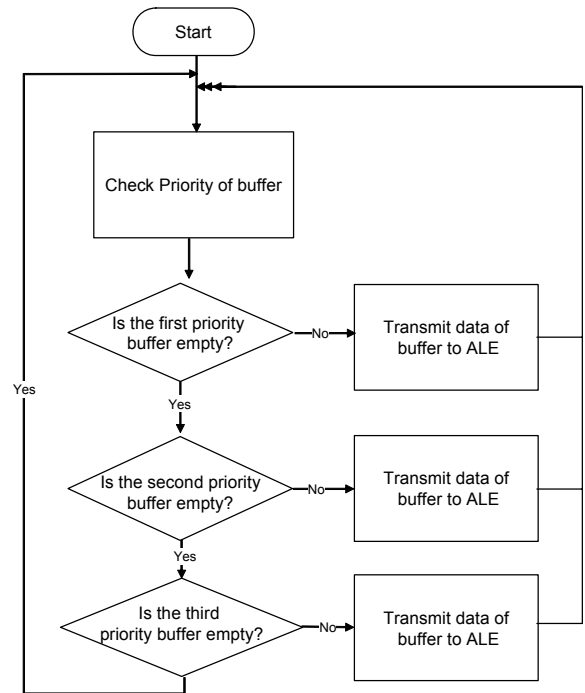


Figure 5. Operation of Priority Manager

터만 먼저 처리하다보면, 우선순위가 낮은 Buffer로 들어온 데이터들이 오랫동안 처리되지 못하고 계속 Buffer에 머물러 있는 상태가 지속될 수 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하고자, Time Manager와 Data Size Manager를 두어 우선순위가 낮은 Buffer로 들어온 데이터들의 지속적인 데이터 처리의 지연을 제거하고자 한다.

Time Manager는 태그 데이터가 Buffer에 들어와서 대기하는 시간을 체크하게 되고, 대기시간이 미리 부여된 일정시간을 초과하게 되면 해당 Buffer의 우선순위를 최우선 순위로 바꾸어서 이 Buffer의 태그 데이터들을 ALE로 처리하게 된다. <Figure 6>은 Time Manager의 동작을 설명한 Flow Chart이다.

4.2.3 Data Size Manager

Data Size Manager 또한 Time Manager와 마찬가지로 우선순위가 낮은 Buffer의 지속적인 데이터 처리의 지연을 제거하기 위한 컴포넌트이다. 즉, Time Manager에 의해 미리 부여된 일정시간이 되기 전에 많은 양의 데이터가 한꺼번에 우선순위가 낮은 Buffer로 들어와 Buffer의 용량을 초과해 버려 계속적으로 데이터 처리가 지연되는 문제를 해결하기 위한 컴포넌트이다. Data Size Manager는 태그 데이터가 Buffer에 들어와서 대기하는 시간과는 관계없이 현재 각각의 대기 중인 Buffer에 있는 태그 데이터들의 크기(Size)를 체크하여, Buffer의 용량(Capacity)을 초과하게 되면 해당 Buffer의 우선순위를 최우선 순위로 바꾸어서 이 Buffer의 태그 데이터들을 ALE로 처리하게 된다. <Figure 7>은 Data Size Manager의 동작을 설명한 Flow Chart이다.

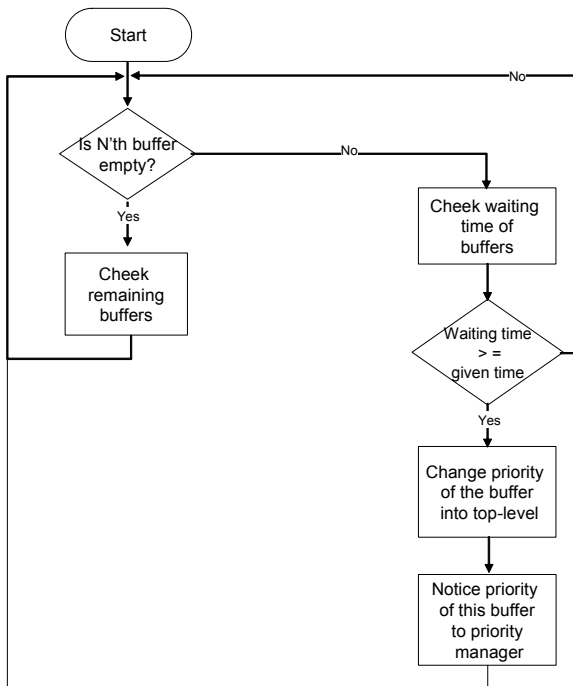


Figure 6. Operation of Time Manager

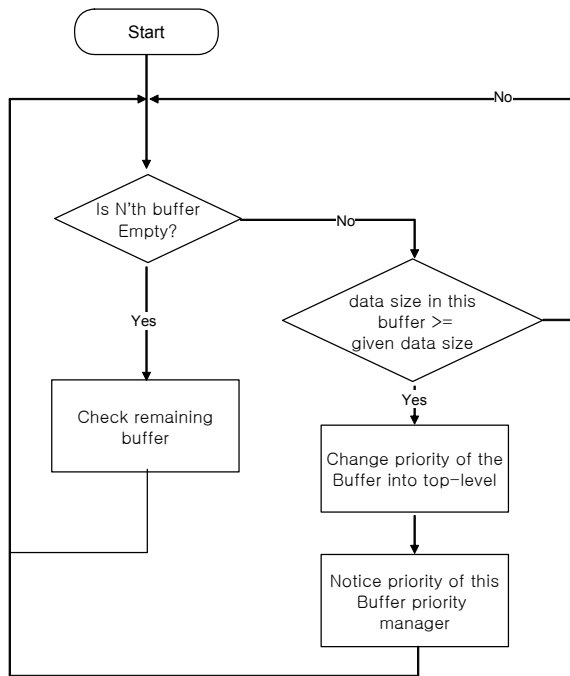


Figure 7. Operation of Data Size Manager

Time Manager나 Data Size Manager에 의해 우선순위가 낮은 Buffer의 우선순위를 최우선 순위로 바꾸어서 해당 Buffer의 태그 데이터들을 ALE로 먼저 처리하게 될 때, 미리 정해진 일정 양의 태그 데이터만 ALE로 보내게 된다. 이는 해당 Buffer에 일시 저장되어 있는 모든 태그 데이터들을 한꺼번에 ALE로 처리하게 되면, 한꺼번에 많은 태그 데이터의 전달로 인해

데이터를 원활히 처리하지 못해 ALE에 오랜 시간의 대기가 발생하여 데이터 처리가 지연되는 문제점을 해결하고자 함이다. 따라서 ALE로 태그 데이터들을 처리할 때, 정해진 일정 양의 태그 데이터만 ALE로 보내게 되고, 나머지 태그 데이터들은 그대로 Buffer에 남겨 두고 다음 동작을 실행한다.

이상과 같은 Priority Manager, Time Manager 그리고 Data Size Manager로 구성된 Buffer Manager가 복합적으로 동작하여 각 Buffer를 관리하게 되며, RFID 미들웨어에 우선순위 서비스를 지원할 수 있게 된다.

5. 시뮬레이션을 통한 분석

5.1 제안된 시스템의 효과

본 연구에서 제안된 RFID 미들웨어 시스템은 기존의 RFID 미들웨어 구조에는 없는 우선순위가 더 높은 리더기로부터 수집된 태그 데이터를 우선순위가 낮은 리더기로부터 수집된 태그 데이터보다 더 빨리 ALE로 보내는 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템이다. 제안된 시스템을 시뮬레이션을 통해 기존의 RFID 미들웨어 구조와 비교하고, 중요한 몇 가지의 결과를 분석하고자 한다. 본 연구의 시뮬레이션은 범용 시뮬레이션 소프트웨어인 ARENA(Version 10.0)를 사용하였다.

5.1.1 시뮬레이션 개요

시뮬레이션을 위하여 사용된 정보의 개괄적인 개요는 다음과 같으며, 기타 일반적인 시뮬레이션 가정이 적용되었다.

첫째, 현재 시중에 많은 종류의 리더기들이 제품으로 개발되어 있으며 리더기들의 종류에 따라 태그 데이터의 인식능력이 다르지만, 일반적으로 하나의 리더기가 한꺼번에 인식할 수 있는 태그 데이터의 수는 초당 최대 200건이 채 되지 않는다. 따라서 본 시뮬레이션에서도 하나의 리더기가 한꺼번에 인식할 수 있는 태그 데이터의 수를 초당 최대 200건 이라고 가정한다. 즉, 하나의 리더기에서 단위시간 1초당 발생하는 태그 데이터의 수는 단위시간당 발생하는 사건의 수에 대한 분포인 포아송 분포(Poisson Distribution)를 따른다고 가정하며, 1초당 Poisson(200)의 확률분포를 따라 발생한다고 가정한다. 총 5개의 리더기들이 시스템 내에 존재하며, 5개 모두 초당 발생하는 태그 데이터의 수에 대한 확률분포는 동일하다. 이는 5개의 리더기들 모두, 발생될 수 있는 최대의 부하(Load)를 발생시킴으로써 ALE의 태그 데이터 처리능력을 초과하여 태그 데이터가 발생되게 함은 물론 시스템 전체에 최악의 상황을 주어 본 연구에서 제안한 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템의 효율성을 분석하고자 함이다.

둘째, 시뮬레이션에서 각 리더기들로부터 수집된 태그 데이터를 처리하는 ALE 컴포넌트는 초당 200건 정도의 태그 데이터 처리능력을 가진다고 가정하고, 태그 데이터 처리시간인

서비스시간은 지수분포로 설정한다.

셋째, 총 시뮬레이션 시간은 5초로 하며, 100번의 반복실행을 수행한다. 물론 100번의 반복실행은 통계적으로 독립적이며 동일한 분포를 따르도록 해준다. 본 연구에서 제안한 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템 모델은 순간적으로(Instantaneously) 많은 양의 태그 데이터가 발생했을 때 시스템을 효율화할 수 있는 모델이다. 만약 지속적으로(Continuously) 많은 양의 태그 데이터가 발생한다면 시스템에 미들웨어를 여러 개 두는 것이 더 효율적이라 할 수 있을 것이다. 따라서 본 시뮬레이션에서는 순간적으로 많은 양의 태그 데이터가 발생하는 시간을 5초로 두고, 5초 동안 시스템에 최대의 부하를 주어 시뮬레이션을 수행하였다.

넷째, 각 리더기들에게 할당된 Buffer의 용량(Capacity)은 300건의 태그 데이터와 400건의 태그 데이터를 일시 저장할 수 있는 경우의 2가지로 나누어 시뮬레이션을 수행하였다.

다섯째, Time Manager가 해당 Buffer의 태그 데이터들을 ALE로 처리하게 되는 미리 부여된 일정시간은 3초로 둔다.

여섯째, Time Manager나 Data Size Manager에 의해 우선순위가 낮은 Buffer의 우선순위를 최우선 순위로 바꾸어서 해당 Buffer의 태그 데이터들을 ALE로 먼저 처리하게 될 때, 처리량인 Q 는 25, 50, 75건의 태그 데이터를 보내는 3가지 경우로 나누어 시뮬레이션을 수행하였다.

5.1.2 시뮬레이션 결과

제안된 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템 모델과 기존의 RFID 미들웨어 모델의 시뮬레이션을 통한 비교 변수는 가장 높은 우선순위를 가진 태그 데이터가 얼마나 지연되지 않고 빨리 처리되는지를 나타내는 최우선순위를 가진 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기 시간(waiting time)이다. 기존의 시스템과 제안된 시스템의 Buffer의 용량에 따른 시뮬레이션 비교 결과는 다음 <Table 1>과 <Table 2>와 같다.

Table 1. Waiting time in buffer capacity of 300

Model	Average waiting time (sec.)	Maximum waiting time (sec.)
Existing system	2.1219	3.9975
Proposed system	$Q = 25$	1.3427
	$Q = 50$	1.1638
	$Q = 75$	0.7648

Table 2. Waiting time in buffer capacity of 400

Model	Average waiting time (sec.)	Maximum waiting time (sec.)
Existing system	2.1219	3.9975
Proposed system	$Q = 25$	0.6846
	$Q = 50$	0.7848
	$Q = 75$	0.9009

상기 표와 같이 제안된 모델에서의 가장 높은 우선순위를 가진 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기 시간은 기존의 모델에서의 가장 높은 우선순위를 가진 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기 시간보다 더 짧게 나타남을 알 수 있다. 제안된 모델은 우선적으로 처리해야 할 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기시간을 줄여 빠르게 처리할 수 있도록 함으로써 비즈니스 환경의 유연한 서비스 제공에 기여할 것으로 보인다.

5.2 제안된 시스템의 성능에 영향을 미치는 독립변수의 최적관계 분석

상기 설명한 바와 같이, 본 연구에서 제안된 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템 모델의 성능(Performance)은 우선적으로 처리되어야 할 긴급성을 가진 태그 데이터가 얼마나 지연되지 않고 빠르게 처리되느냐에 달려있다. 따라서 본 절에서는 제안된 모델의 성능 변수를 최우선 순위를 가진 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기시간의 최소화라 두고, 이 대기시간에 영향을 미치는 3가지 독립변수를 정의하여 최우선 순위를 가진 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기시간을 최소화하는 3가지 독립변수의 최적조합을 제시하고자 한다.

5.2.1 목적함수 및 독립변수

최우선 순위를 가진 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기시간의 최소화라는 목적함수에 영향을 미치는 3가지 독립변수를 정의하면 다음과 같다.

첫째, 각 리더기들로부터 수집된 태그 데이터가 일시 저장되어지는 각 리더기들에게 할당된 Buffer의 용량(Capacity), C 이다.

둘째, Time Manager가 Buffer에 들어온 태그 데이터의 대기시간을 체크하여 미리 부여된 일정시간이 되면 Buffer의 우선순위를 최우선 순위로 바꾸어서 해당 Buffer의 태그 데이터들을 ALE로 처리하게 된다. 이 때 미리 부여된 일정시간, T 이다.

셋째, Time Manager나 Data Size Manager에 의해 우선순위가 낮은 Buffer의 우선순위를 최우선 순위로 바꾸어서 해당 Buffer의 태그 데이터들을 ALE로 먼저 처리하게 될 때, 미리 정해진 일정 양의 태그 데이터만 ALE로 보내고 나머지 태그 데이터는 Buffer에 그대로 남겨둔 채 다음 동작을 실행하게 된다. 이 때, 미리 정해진 일정 양의 태그 데이터, Q 이다. 이상이 목적함수에 영향을 미치는 3가지 독립변수이며, 3가지 독립변수의 조합에 따라 목적함수인 최우선 순위를 가진 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기시간은 달라진다.

5.2.2 수리모형 정식화

제안된 시스템 모델에서 최우선 순위를 가진 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기시간을 최소로 하는 3가지 독립변수의 최적 조합을 찾기 위한 수리모형을 정식화하면 다음과 같다.

• Notation

n : 총 리더기의 수

i : 각 리더기의 index ($i=1, 2, \dots, n$)

l_i : i 번째 리더기에 수집되는 태그 데이터의 최대 수

j : 각 리더기에 수집되는 태그 데이터의 index ($j=1, 2, \dots, l_i$)

k : 최우선 순위 리더기의 index ($1 \leq k \leq n$)

W_{ij} : i 번째 리더기에서 수집되는 j 번째 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기시간

C_L, C_H : C 의 실행 가능한 구간 중 Lower Bound 값, High Bound 값

Q_L, Q_H : Q 의 실행 가능한 구간 중 Lower Bound 값, High Bound 값

T_L, T_H : T 의 실행 가능한 구간 중 Lower Bound 값, High Bound 값

W_{iMax} : i 번째 리더기에서 수집된 태그 데이터의 시스템 내에서의 허용할 수 있는 최대 대기시간

• 수리모형

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^{l_k} W_{kj} \quad (1)$$

$$\text{s.t } C_L \leq C \leq C_H \quad (2)$$

$$Q_L \leq Q \leq Q_H \quad (3)$$

$$T_L \leq T \leq T_H \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^{l_i} W_{ij} \leq W_{iMax}, i=1, 2, \dots, n, i \neq k \quad (5)$$

$$C \geq Q \quad (6)$$

$$W_{kj}, C_L, C_H, Q_L, Q_H, T_L, T_H, W_{ij}, W_{iMax} \geq 0$$

목적함수 값을 최소화하는 독립변수의 최적조합을 구하기 위해 3가지 독립변수의 값들을 변경시키면서 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 그러나 여기에는 많은 가능성들이 있으며, 그것들을 모두 고려하는 것은 현실적이지 않다. 따라서 본 절에서는 시뮬레이션 소프트웨어 ARENA의 OptQuest를 사용하여 최적 대안을 탐색하고자 한다.

ARENA는 OptTek Systems사의 OptQuest라는 소프트웨어 패키지와 함께 배포되는데, OptQuest는 타부 검색법(Tabu Search) 및 산발 탐색법(Scatter Search)이라는 발견적 기법(Heuristic Method)들을 사용하여 입력 통제 공간에서 지능적으로 탐색을 해가며, 최적 해에 신속하고 신뢰성 있게 수렴하려고 시도한다(Kelton *et al.*, 2003). OptQuest는 목적함수를 만족시키는 독립변수들의 최적의 조합에 도달할 수 있는 반복적인 방식을 자체적으로 결정한다.

OptQuest가 모든 경우에 정확히 최적해를 찾는 것을 절대적으로 보장할 수는 없다. 그러나 독립변수의 조사해야 할 매우 많은 가능성들이 있기 때문에 OptQuest에 의한 탐색은 많은 값

들로 실험하며 시행착오를 겪는 것 보다 상당한 의미가 있는 일이라 할 것이다(Glover *et al.*, 1999).

OptQuest를 사용하여 목적함수인 최우선 순위를 가진 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기시간을 최소로 하는 3가지 독립변수의 최적 조합을 찾기 위해서 사용된 시뮬레이션 조건 및 입력 통제 변수들의 입력 값은 다음과 같다.

첫째, 보통 RFID 미들웨어 시스템의 적용환경이나 산업에 따라 발생하는 태그의 수는 차이가 있으며, 이는 RFID 미들웨어 시스템의 설계나 구축 시 반영되어야 할 점이다. 발생하는 태그의 수에 따라 3가지 독립변수의 조합 또한 달라지므로 본 OptQuest를 사용한 탐색에서는 각 리더기들로부터 수집되는 태그 데이터가 Poisson(100), Poisson(150), Poisson(200)의 3가지 경우의 확률분포를 따라 발생한다고 가정하고 각각의 경우에 따른 3가지 독립변수의 조합을 탐색하도록 한다.

둘째, OptQuest가 최적의 조합을 탐색할 때, 실제 상황에 맞으면서 다양한 값을 찾을 수 있도록 각 독립변수의 적절한 탐색 구간을 설정해 주어야 한다. 제약식 (2)~(4)에 해당되는 부분이다. 본 OptQuest를 사용한 탐색에서 사용한 각 독립변수의 탐색 구간은 다음 <Table 3>과 같다.

Table 3. Searching interval of each variable

Variable	Type	Lower Bound	High Bound	Step
C	discrete	1	600	1
Q	discrete	1	100	1
T	continuous	0.1	5	N/A

셋째, 본 연구에서는 제안된 시스템의 성능 변수를 최우선 순위를 가진 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기시간의 최소화 두었다. 그러나 최우선 순위를 가진 태그 데이터에 대한 대기시간의 최소화만을 목적으로 하게 되면 나머지 리더기들로부터 수집된 태그 데이터의 대기시간은 상대적으로 커질 가능성이 있다. 그래서 최우선 순위가 아닌 나머지 리더기들로부터 수집된 태그 데이터의 대기시간에 대한 제약조건을 설정할 필요가 있다. 제약식 (5)에 해당되는 부분이다. 우선순위 서비스를 지원하지 않는 기존 시스템의 시뮬레이션 결과, 각 리더기들로부터 수집된 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기시간은 각각 태그 데이터 발생 분포가 초당 POIS(100)일 때는 1.7초, POIS(150)과 POIS(200)일 때는 2초가 넘게 나왔다. 따라서 제안된 시스템에서 최우선 순위가 아닌 나머지 리더기들로부터 수집된 태그 데이터의 대기시간은 각각 태그 데이터 발생 분포가 초당 POIS(100)일 때는 1.7초, POIS(150)과 POIS(200)일 때는 2초 이하로 나오도록 제약조건을 설정하도록 한다.

넷째, Buffer의 용량은 우선순위가 낮은 Buffer의 우선순위가 최우선 순위로 바뀌었을 때 처리되는 태그 데이터의 양인 값보다 크거나 같다는 제약조건을 설정해야 한다. 제약식 (6)에 해당되는 부분이다.

이상의 제약조건들 하에서 구한 최우선 순위를 가진 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기시간이 실행가능한 해가 될 것이며, 이 실행가능한 해 중에서 최소의 값이 최적의 대기시간이 될 것이다.

다섯째, 다음은 OptQuest가 탐색을 할 절차와 한계를 설정해야 한다. 본 절에서 OptQuest는 1000개의 시나리오(Scenario)를 선택하여 탐색하도록 설정하였고 각 시나리오는 100번의 반복실행을 거치도록 설정하였다.

상기의 조건 하에서 3가지 경우의 초당 태그 데이터 발생 분포 각각의 경우에 따른 3가지 독립변수의 최적조합을 탐색하도록 실행하였다.

3가지 초당 태그 데이터 발생 분포 각각의 경우에 대한 Opt-Quest에 의한 최적 대안 탐색 실행 결과가 <Table 4> ~ <Table 6>에 나타나 있다.

Table 4. Searching Result in the case of poisson (100)

Variable	Type	Best Value	Best Objective Value	Status
C	discrete	453	0.247820	feasible
Q	discrete	11		
T	continuous	1.057502		

Table 5. Searching result in the case of poisson (150)

Variable	Type	Best Value	Best Objective Value	Status
C	discrete	7	0.610282	feasible
Q	discrete	7		
T	continuous	1.440856		

Table 6. Searching result in the case of poisson (200)

Variable	Type	Best Value	Best Objective Value	Status
C	discrete	5	0.765005	feasible
Q	discrete	4		
T	continuous	1.557444		

이상과 같이, 초당 발생되는 태그 데이터의 수에 따라 본 연구에서 제안한 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템의 성능 변수인 최우선 순위를 가진 태그 데이터의 시스템 내에서의 대기시간은 달라지며, 성능 변수에 영향을 미치는 3가지 독립변수의 조합도 달라진다. 발생되는 태그 데이터의 수는 곧 RFID 미들웨어가 처리해야 할 태그 데이터의 수이며, 이는 RFID 미들웨어 시스템을 현장에 적용하거나 구축할 때 중요한 문제이며 정확히 확인할 필요가 있다. 발생되는

태그 데이터의 수에 따라 시스템 내에 하나의 RFID 미들웨어를 둘지, 아니면 그 이상의 RFID 미들웨어를 두어야 할 지를 결정할 수 있다. 본 연구에서 제시한 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템은 순간적으로 많은 태그 데이터가 발생할 경우에 하나의 RFID 미들웨어로 태그 데이터를 처리해야 할 때 적합한 시스템 모델이다. 시스템 내에 하나의 RFID 미들웨어를 두었을 경우 본 연구에서 제시한 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템을 구축하기 위해서 태그 데이터의 발생 수는 중요한 문제이며, 그에 따라 3가지 독립변수의 조합도 달라진다. 따라서 본 연구에서 제시한 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템을 구축할 때 이와 같은 태그 데이터 발생 수와 시스템 성능에 영향을 미치는 3가지 독립변수의 최적 조합 등의 문제점을 고려하여 구축한다면, 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템 모델은 더 높은 성능을 보일 수 있을 것으로 생각된다.

5. 결론

RFID 기술을 적용함에 있어, 핵심은 사물에 부착되는 RFID 태그와 이를 자동 인식하는 RFID 리더 기술에 있음을 누구도 부인할 수 없다. 그러나 RFID 기술의 도입을 통해 궁극적으로 추구하고자 하는 목적은 자동화를 통한 비용절감 및 업무 자율화를 통한 효율성 향상에 있다. 이러한 목적 뒤에는 이를 가능케 하는 RFID 미들웨어를 포함한 소프트웨어 시스템에 있다고 해도 과언이 아니다.

본 논문에서 제시한 우선순위 서비스를 지원하는 RFID 미들웨어 시스템을 통해 먼저 처리해야 할 데이터의 대기 시간을 줄임으로써 최종 애플리케이션에 대한 유연한 서비스를 제공할 수 있을 것이며 RFID 미들웨어 시스템의 효율화에도 기여할 것이다. 이러한 RFID 미들웨어 시스템의 효율화를 통해 RFID 시스템 전체의 효율화를 가져올 수 있을 것이다.

향후 연구 분야로써는 RFID 미들웨어가 처리해야 할 태그 데이터의 양이 지속적으로 많아질 때, 시스템이 갖추어야 할 RFID 미들웨어의 수가 늘어날 것이며, 이에 대한 효율화 연구도 필요할 것이다.

참고문헌

- Department of Commerce. (2005), Radio Frequency Identification-Opportunities and Challenges in Implementation, USA.
- EPCglobal Inc. (2005), The Application Level Events (ALE) Specification, Version 1.0.
- EPCglobal Inc. (2007), EPC Information Service (EPCIS) Specification, Version 1.0.
- Finkenzeller, K. (2003), RFID Handbook-Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, WILEY, Germany.

- Glover, F., Kelly, J., and Laguna, M. (1999), New Advances for Wedding Optimization and Simulation, Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, 255-260.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., and Sturrock, D. T. (2003), Simulation with ARENA, Mc Graw Hill, USA.
- Kim, S. B. (2005), RFID Middleware Guideline, Korea Association of RFID/USN.
- Song, J. E. and Kim, H. W. (2006), The RFID Middleware System Supporting Context-Aware Access Control Service, ICACT 2006, **1**, 863-866.
- Want, R. (2004), Enabling Ubiquitous Sensing with RFID, Computer, **37**(4), 84-86.