

Reverse Logistics

OSGi

RFID

황성일<sup>†</sup> · 이상완

동아대학교 산업경영시스템공학과

## A Study of OSGi Based RFID Middleware for Reverse Logistics

Sung Il Hwang<sup>†</sup> · Sang Wan Lee

Department of Industrial and Management Systems Engineering, Dong-A University

Reverse logistics is the process of planning and controlling the recovery flow of end of life products. Industry is increasingly being confronted with the need to solve several reverse logistics issues because of not only stringent environmental legislations but also economic reasons. Recently, thanks to the advent of emerging technologies, such as RFID, enhancing the productivity of reverse logistics operations has been highlighted. The application of RFID technology is going beyond forward logistics, which is the delivery of manufactured goods to consumers, and being expanded, though not frequently yet, to reverse logistics, which includes return, recovery, reuse, reproduction and disposal. However, it requires a deep insight for the research of reverse logistics and new environment. In this regard, we studied effectiveness by applying RFID middleware technology to reverse logistics.

**Keywords** : Reverse Logistics, RFID, SCM, RFID Middleware

### 1. 서론

최근의 기업은 급속한 변화에 발맞추어 경쟁력을 유지하고 새로운 가치를 창출하기 위해 많은 시스템의 변화를 추구하고 있다. 그 예로서 자재소요계획(Material Handling Planning : MRP), 전사적 자원관리(Enterprise Resource Planning:ERP), 그리고 공급사슬관리(Supply Chain Management : SCM) 등과 같은 많은 관련 기술에 대한 연구를 진행하였고, 국내외의 우수한 기업들이 앞 다투어 이러한 다양한 솔루션을 도입하고 그 효과를 확인하여 왔다. 하지만 최근 친환경적인 분야에 대한 관심이 증대되고, WTO 출범과 함께 환경문제를 연계시키는 그린라운드(GR)의 움직임이 확산됨에 따라 단순히 제품을 생산하고 판매하는 것만으로는 기업이 이윤을 확보하는데 어려움을 겪고

있다. 이에 기업은 자원을 재활용하고 피드백하는 역물류에 대한 관심을 가지게 되었다.

역물류는 제품이 그 사용 수명이나 가치를 다해서 소비자로부터 버림받게 되는 시점부터 다시 원 생산자나 end-of-life 관련 종사자에게로 수집된 후, 적절한 재처리를 통해 재사용, 재생산 및 폐기처분되는 시점까지의 계획 및 통제에 관한 모든 프로세스를 지칭한다. 이러한 역물류의 도입은 폐자원의 활용도가 높은 철강, 자동차, 제지, 가전 등 다양한 산업분야에서 크게 요구 되고 있다. 이에 재활용 확대 방안이나, 정책 분석 및 재활용 가능 품목에 대한 경제성 분석을 통해 재활용의 비용효과에 대해 분석이 진행되고 있다. 하지만 역물류의 도입과 정책변화에 따라 얼마나 많은 양의 자원을 재활용할 수 있고, 그 파급 효과 및 효율적 운영을 위한 전략적인

분석은 아직 미비한 수준이다. 다행히 최근에 RFID 기술과 같은 제품 자동화 인식의 발달로 공급사에서 제품이 수명을 다한 뒤에 마지막 사용자로부터 제품을 효율적으로 회수하여 완제품을 분해하고, 재활용할 수 있는 채널을 관리 및 구축하는 역물류 분야에 물류 정보의 가시성 확보라는 장점 때문에 RFID 기술을 응용한 연구들이 관심을 받고 있다.

본 연구에서는 이러한 역물류에 대한 관심이 고조되고 있는 상황에서 RFID 미들웨어 기술을 이용하여 이를 보다 효율적으로 관리 및 구축 할 수 있는 방안에 대하여 관련 연구 동향을 분석하고, 그 효율화 방안에 대하여 알아보고자 한다.

## 2. 이론적 배경 및 관련연구

### 2.1 역물류

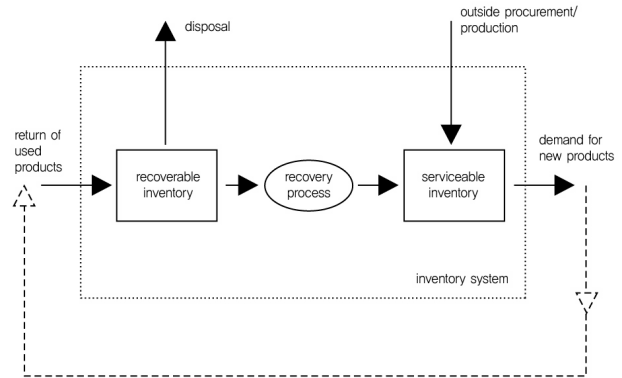
역물류, 회수물류, 역공급사슬 등으로 불리어지는 역물류는 기존의 물류 시스템인 포워드 물류 시스템 활동(Forward Channel)을 통하여 불가피하게 발생하는 폐기물의 양을 최소화 할 수 있도록 대체화 방안을 제시하고, 소비자가 사용했거나 사용 중에 고장 나거나 신제품과 대체하면서 발생하는 유해/무해한 제품 및 관련 포장재 등의 폐기물 모두를 역물류 활동(Reverse Channel)을 통하여 다시 회수하고 이를 재사용 또는 재활용하기 위한 적정 처리 절차를 수행할 수 있는 곳으로 전달하여, 이를 활용함으로써 부가가치를 재창출하는 활동과 관련된 모든 물류관리기술 및 활동 전체를 의미한다.

역물류에 대한 관련 연구들을 살펴보면, Fleischmann은 관련 연구에 대한 리뷰를 통하여 포워드와 회수물류의 분배, 이를 고려한 재고관리, 재사용되는 자원과 부품의 생산계획의 세부분으로 나누었으며, 각 부분에 대

한 모델을 제시하였다.

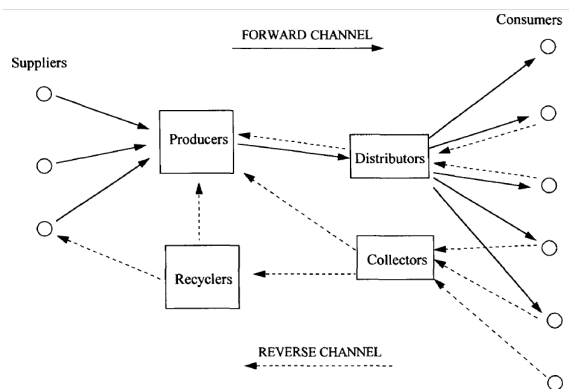
첫 번째로 역 흐름의 분리 모델을 통하여 누가 역분배 흐름의 행동을 맡을 것이며, 어떠한 기능이 이 역분배의 흐름에 필요하며, 포워드와 역분배에 어떠한 관계가 있는지를 정립하였다. 그리고 포워드와 역분배의 통합에 대하여 연구하였다. <그림 1>은 이러한 역분배의 프레임워크를 보여준다.

두 번째로 회수 흐름에 대한 재고 관리 시스템을 설명하였다. 이는 제조자가 새로운 상품과 시장으로부터 회수된 사용된 제품을 받았을 때에 발생하는 수요에 대한 문제이다. 이의 해결을 위해 확정적 모델과 수리와 복구 시스템 환경의 확률적 모델에 대하여 연구하였다. <그림 2>는 이러한 회수에 대한 재고 관리의 프레임워크를 보여 준다.

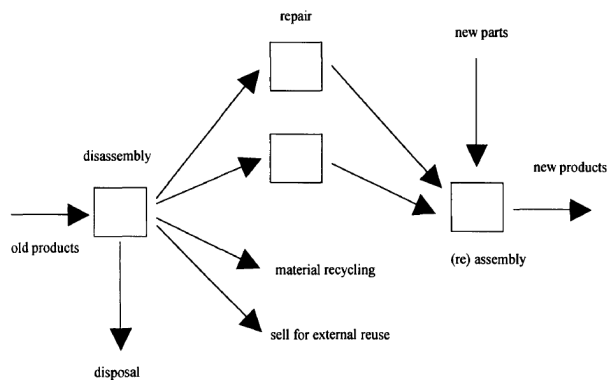


<그림 2> 회수에 대한 재고관리 프레임워크

마지막으로 재사용되는 자원과 부품의 생산계획에 대하여 복구 옵션의 선택과 제품 복구 환경의 일정 관리를 MRP를 통한 제품 복구와 Shop floor routing을 통한 복구 계획을 제시 하였다. <그림 3>은 이에 대하여 나타내고 있다.



<그림 1> 역분배 프레임워크



<그림 3> 재사용을 고려한 제품계획 프레임워크

또한 Tung-Lai Hu et al.은 다양한 환경에서의 역물류 시스템에 대한 비용을 최소화 할 수 있는 모델을 제시하였고, Li-Hsing Shih는 공급사슬안의 총비용을 최소화 하는 것을 목적으로 혼합 정수계획법을 사용하여 재활용을 고려한 공장과 창고, 소매점의 위치 선정 문제를 제안하였다. V. Jayaraman et al.은 역 분배에 관해 수학적 모델을 제안하고 해를 찾기 위한 휴리스틱 방법론을 제시하였다. 그러나 이러한 연구들은 역물류에 의한 효과를 공급 사슬 전체가 아닌 일부분에 국한되어 연구를 진행하였다는 단점을 가지고 있다.

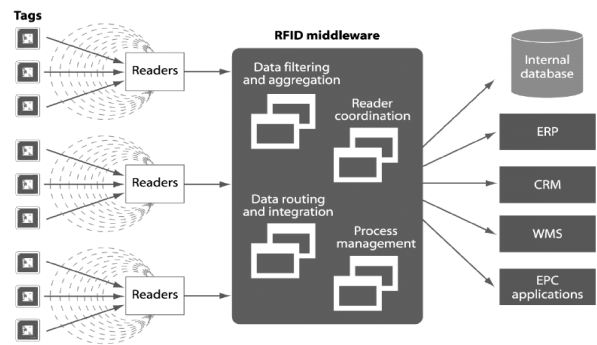
## 2.2 RFID System

RFID(Radio Frequency Identification)는 일반적으로 제품에 붙이는 Tag에 생산, 유통, 보관, 소비 등의 전 과정에 대한 정보를 담고 자체 안테나를 가지고 있으며, 리더로 하여금 이 정보를 읽고, 네트워크를 통하여 정보시스템과 통합하여 사용되는 활동 등을 말한다. 국내의 경우 RFID를 “사물에 전자태그를 부착하고 각 사물의 정보를 수집/가공함으로써 개체 간 정보교환, 측위, 원격처리, 관리 등의 서비스를 제공 하는 것” 또는 “제품에 부착된 칩의 정보를 주파수를 이용해 읽고 쓸 수 있는 무선 주파수의 인식으로 사람, 상품, 차량 등을 비 접촉으로 인식하는 기술”등으로 정의 하고 있다.

이러한 RFID 시스템은 안테나가 포함된 리더기(Reader), 무선자원을 송/수신 할 수 있는 안테나, 정보를 저장하고 프로토콜로 데이터를 교환하는 태그 및 불필요한 데이터의 정제, 검증, 교환과 기기종 장치간의 연결을 보장해주는 미들웨어, 그리고 운영 시스템으로 구성되어 있다. <그림 4>는 이러한 RFID 시스템의 구성요소를 보여 준다.

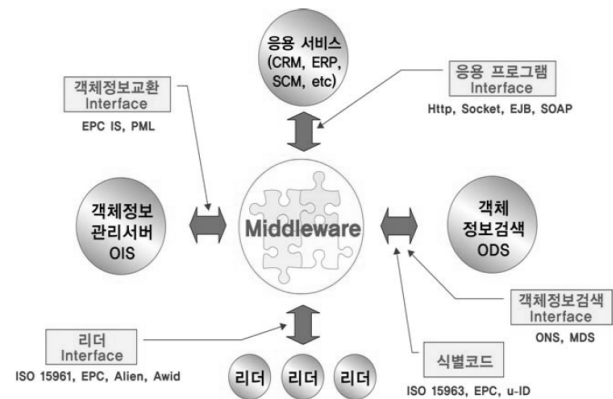
특히 최근의 물류 환경의 변화와 같이 발생하는 데이터가 방대해 졌기 때문에 이를 직접적으로 기존의 레가

시 시스템과 연결하여 사용하는 것은 불가능 하다. 이들 데이터를 정제하고, 중복된 데이터는 제거를 해야 하며, 또한 데이터 취합 및 통합, 그리고 필터링을 통해 의미 있는 데이터로 생성시켜야 하는 일이 빈번하게 발생되고 있다. 그러므로 기존 시스템과 RFID 기술 간의 통합을 지원하기 위해 태그 데이터의 수집, 정제 및 관리를 수행하고, 다양한 RFID 디바이스들과 응용시스템간의 유연한 연결을 지원하고, 대량의 태그 데이터가 이로부터 실시간 인식되는 환경에서 데이터를 수집하고 처리하는 부하를 최소화하며, 빠르고 효율적으로 태그 이벤트를 응용 시스템에 전달하는 기능을 수행하는 RFID 미들웨어가 요구된다. 특히 공급망 관리에서 발생하는 데이터는 지금까지 전방향에서 발생하는 데이터의 처리에 그 관심이 집중되어 왔으나, 역물류를 고려한 공급망 관리에서는 전방향과 역방향 모두를 고려한 시스템으로 그 데이터의 양의 증대를 물론 실시간 처리의 중요성 또한 매우 커지고 있다. <그림 5>는 이러한 RFID 미들웨어의 구조를 나타내고 있다.



Source: Forrester Research, Inc.

<그림 5> RFID 미들웨어 프레임워크



<그림 4> RFID의 개념

## 3. 역물류 효율성을 위한 RFID 미들웨어

### 3.1 역물류 도입 고려 사항

RFID 시스템을 이용하여 효율적인 역물류 네트워크를 구축하기 위해서 고려해야 할 몇 가지 요인들이 있다. 첫 번째로 역물류 시작단계인 폐제품 수거과정의 열악한 환경 및 제품상태에서 RFID 인식 가능성이 대한 것이다. 일반적으로 RFID는 무선 주파수를 이용하는 것으로 전파가 가지고 있는 특징상 <표 1>가 같이 각 주파수 대역별 특징과 응용 분야가 구별된다. 이러한 특징으로 인해 역물류에 사용가능한 태그는 900MHz대의 태그를 이용하는 것이 가장 경제적인 것으로 보여지고 있

다. 현재 유통/물류 분야에서 가장 많이 사용되고 있으며 제품의 수거 및 폐기를 위해 기존 제품의 지속적인 데이터 연계를 위하여서 이다.

역물류를 위한 제품의 RFID 태그 인식률에 대한 자료 및 연구는 아직 없으나, 기존 유통/물류 분야에 사용하고 있는 태그의 인식률을 이용하여 추정할 수 있을 것으로 본다. 기존 유통/물류에 사용되는 태그는 아직 그 기술의 신뢰성과 운영 환경상의 여러 특징으로 인하여 100%의 인식률을 가진다고는 할 수 없지만, 기술의 향상으로 향후에는 아주 높은 인식률을 보장할 수 있을 것으로 판단한다.

본 연구에는 이러한 인식률이 실제 역물류 환경에서 미치는 영향은 배제하고 수거된 제품은 모두 인식된다는 가정에서 출발하고자 한다. 또한 제품 단위 또는 부품, 아이템 단위로 분류하여 태깅을 하는 부분에 있어서도 실제 제품의 종류와 그 특징에 따라 다양한 태깅 방법이 존재 하리라 보여 진다. 하지만 본 연구는 역물류를 위한 RFID 미들웨어의 구성과 그 특징 및 성능에 대한 것으로 태그 부착에 대한 방법과 그 종류는 추후 연구에서 고려하고자 한다.

<표 1> RFID 태그 주파수대역별 특징 및 응용분야

주파수	특징	응용분야
125kHz	· 인식거리 짧음 · 물, 금속에 강함 · 데이터 전송속도 낮음	· 출입통제 · 가축관리 · 차량원격시동
13.56MHz	· 인식거리 짧음 · 금속에 약함 · 데이터 전송속도 양호	· 스마트 카드 · 도서관리 · 재고관리
433MHz	· 인식거리 김 · 실시간 추적 · 배터리 내장	· 유통/물류분야 · 컨테이너
900MHz	· 인식거리 중간 · 금속에 강함 · 데이터 전송속도 빠름	· 유통/물류분야
2.45GHz	· 인식거리 중간 · 금속에 강함 · 데이터 전송 속도 빠름	· 차량통제 · 위조 방지

### 3.2 역물류를 고려한 RFID 미들웨어

현존하는 물류시스템에서 RFID 시스템은 전방향 물류에 집중하고 있기 때문에 제품의 재사용 또는 재활용과 복구를 위한 역물류에 RFID 적용을 하기는 쉽지 않다. 가능한 많은 제품을 지능적으로 재사용 또는 재활용하기 위하여 적절한 시점에 정확한 정보를 제공하여 확실

한 결정을 할 수 있게 하는 기술이 필요하다. RFID 기반의 지능형 미들웨어는 제품의 재사용 및 재활용에 대한 정확하고 시의 적절한 정보를 제공하여 의사결정을 지원할 수 가 있다. 이와 같은 경우에 RFID 미들웨어 기술은 다른 기술에 비해 훨씬 높은 효과를 적용하고 새로운 비즈니스를 만들 수 있다. 이런 의미에서 RFID 기반의 지능형 미들웨어 플랫폼이 필요하다. 이를 기반으로 모든 물류 프로세스의 설계 및 제품의 제조, 포장, 운송, 보관, 하역 등과 같은 전방향 물류의 처리와 반환, 복구, 재활용, 폐기 등과 같은 역물류의 처리를 다룰 수 있게 된다. 이러한 지능형 RFID 미들웨어의 구축을 위하여 다음과 같은 요구조건을 만족해야 한다.

1. 데이터 관리
  - 데이터 필터링
  - 중복 데이터 제거
2. 추상화
  - 다양한 장치에 대한 추상화
  - 다양한 기기종 사용 리더기 지원
3. 장치 관리
  - 동적 구성
  - 모니터 및 제어
4. 응용 프로그램 통합
  - 기기종 응용 프로그램 지원
  - XML, SOAP 등과 같은 표준 기술 지원
  - 신뢰성 있는 연결
5. 높은 성능
  - 대용량 이벤트 데이터 처리의 필요
  - 많은 응용 서비스
6. 확장성
  - 새로운 RFID 리더기의 지원
  - 새로운 이벤트 데이터 지원
  - 국제 표준 지원

이와 같은 요구사항을 만족하기 위하여서는 기존의 물류 시스템에서 사용되어 왔던 RFID 미들웨어와 차별된 새로운 구조의 미들웨어가 필요하다. 이를 위해 운영체제, 플랫폼에 독립적으로 운영될 수 있는 미들웨어 프레임워크인 OSGi(Open Service Gateway Initiative) 기반의 RFID 미들웨어를 제안 한다. 이는 표준화된 스펙, 컴포넌트 구조 그리고 분산 네트워크 서비스에 최적화된 컴퓨팅 환경을 제공해주는 서비스 플랫폼이기도 하다. 이러한 특성으로 최초 적용모델인 모바일, 임베디드 시스템에서 점차 확장해 클라이언트/서버, 데스크탑 애플리케이션의 RCP(Rich Client Platform), 더 나아가 엔터프라이즈 환경의 프레임워크에 이르기까지 점차 그 영역을 넓혀 나가

고 있는 기술이다.

본 연구는 기존의 물류를 좀더 확장한 역물류까지 고려한 RFID 미들웨어의 성능을 평가하기 위한 새로운 아키텍처의 구조 및 그 성능을 확인해보고자 함이다. 그러므로 다음과 같은 가정을 제시한다.

1. 모든 태그 데이터의 인식률은 완전하다.
2. 태그 데이터는 인식과 동시에 미들웨어에서 확인할 수 있다.
3. 거점 별 발생 데이터는 랜덤 또는 여러 가지 확률 분포로 발생 될 수 있다.
4. 실제 발생 데이터 수집을 위한 환경 구성이 어려우므로, 가상의 태그 데이터를 발생하는 장치를 이용하여 데이터를 수집한다.

전체적인 구성은 임베디드 보드나 산업 PC, 서버 위에서 J2ME KVM이나 J2SE JVM 런타임 환경의 가상머신을 통해 OSGi 구현체가 동작되고 구현체 내부의 서비스 레지스트리에 AIDC 장치 제어 번들, 이벤트 관리 번들, 장치 어댑터 번들, 보조서비스 번들 들이 등록되는 구조를 가지고 있어 일반적인 SOA 개념과 동일하다. 하지만, 표준 SOAP 통신이 아닌 OSGi 서비스 레지스트리에 등록된 서비스를 직접 Call 한다는 차이만 있을 뿐이다. 그리고 필요에 따라서는 추가 번들을 통해 외부에 SOAP 서비스도 가능하다. OSGi 환경에서는 미들웨어 내부에 사용되는 모든 번들들은 직접적인 외부 번들에 대한 호출 없이 서비스에 등록된 번들만 호출하여 사용하므로 각각의 번들 들은 필요한 서비스 번들들이 등록되지 않았을 경우의 예외상황에 대한 로직 추가가 필요하다. 또한, 필요한 번들들에 대한 Life Cycle을 OSGi 번들 리스너를 구현하여 관리하여야 한다. 그리고 OSGi는 URL을 통한 원격 번들 업그레이드를 지원할 수 있으므로 외부에서 업그레이드 된 버전의 번들을 관리 할 수 있다. 통신 방식은 직접 연결을 기반으로 Binary, HTTP, Socket등을 사용 할 수 있으며, 본 연구에서는 확장성을 위해서 Socket Channel 기반의 XML 프로토콜로 구현하였다. 직접 통신이기 때문에 미들웨어에서는 기존 아키텍처에 있는 컴포넌트와는 성격이 다른 Connection Manager로 번들을 변경하였다.

본 연구에서 제안한 OSGi 기반의 RFID 미들웨어는 크게 PDM(Physical Device Manager), CPM(Context Process Manager), LDM(Logical Device Manager), ECM(Event Context Manager)로 나뉘며 모든 컴포넌트는 OSGi Bundle로 구성되어 있다.

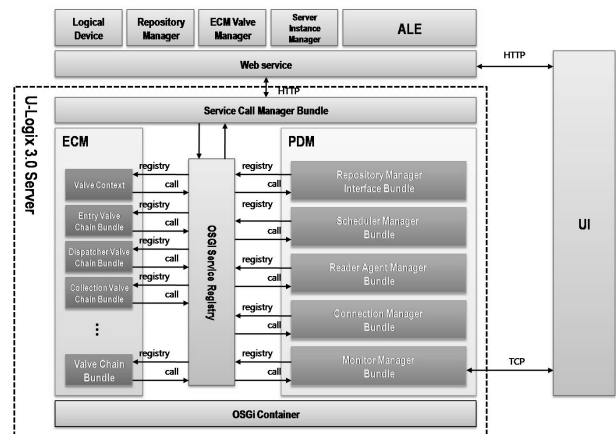
Physical Device Manager 번들(이하 PDM)은 물리적인 장치 관리를 담당하는 번들로서 실제 장비와 아답터를

통해 직접 연결을 하여 데이터를 주고받고 장치의 라이프 사이클을 관리 하는 기능을 수행한다. PDM은 다양한 이기존 RFID 리더기와의 연동을 위한 장치 아답터(드라이버와 개념이 동일)를 Repository로부터 다운로드 받아 동작하도록 구성되어 있다.

Context Process Manager(이하 CPM)은 서버 내외에서 발생하는 다양한 요청사항들을 격리시켜 병렬로 처리하도록 구성된 번들이다. 특정 서비스에서 에러가 발생하더라도 전체 서비스에 영향을 주지 않고 해당 서비스가 복구되면 정상동작 되도록 개발 하였다. 그리고 서버의 동작에 영향을 주지 않는 별도의 백그라운드 서비스 기능 또한 내장하여 서버 가동 중에도 필요에 따라 시작/정지가 가능 하도록 구성하였다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 실시간으로 구성요소의 변동을 반영할 수 있도록 하는 구조이다.

Logical Device Manager(이하 LDM)는 물리적인 장치의 활용도 및 확장성을 높이고 장애 발생 시 다른 시스템에 영향을 주지 않도록 설계된 논리적 장치 관리 번들이다. 논리적 장치는 물리적인 장치들을 나누거나 합쳐서 정의 할 수 있으며 이벤트 처리를 위한 데이터 발생의 기준이 되는 장치 구조 이다.

Event Context Manager(이하 ECM)는 서버와 연결된 다양한 장치로부터 발생하는 데이터를 사용자 요구사항에 맞게 쉽게 연동시킬 수 있도록 지원하는 번들이다. 이미 개발된 Filter, Storage, Buffer 등의 Event Handler(이하 EH)들 및 사용자 요구에 맞춰 새로 개발된 EH들을 다양하게 조합하여 ECM의 실행 단위인 Event Context(이하 EC)를 정의하고 이 EC들은 논리적 장치에 연동되어 서비스를 제공하게 된다. 모든 EC들은 서버를 정지하지 않고 운용 중에 plug-in하여 start, stop, suspend, resume이 가능 하며, EH 역시 서버 동작 중에 plug-in하여



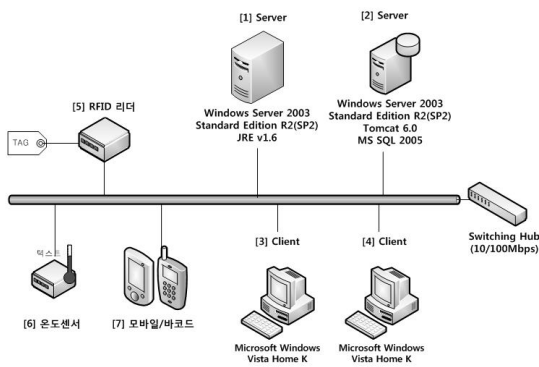
<그림 6> OSGi 기반 RFID 미들웨어 아키텍처

다양한 EC의 조합에 참여 할 수 있다. 이와 같은 구조에서 실제 응용에서 발생하는 모든 요구사항들을 운영 서버의 정지 없이 수용 가능하게 한다. <그림 6>은 이러한 OSGi 기반의 RFID 미들웨어 아키텍처를 나타내고 있다.

### 3.3 RFID 미들웨어의 성능 분석

역물류를 위한 RFID 미들웨어는 기존의 전방향 물류의 프로세스를 처리함과 동시에 역방향의 물류도 처리해야 하는 특성 때문에 그 성능과 안전성이 상당히 중요하다. 그렇기 때문에 본 연구에서 제안한 OSGi 기반의 RFID 미들웨어를 한국정보통신기술협회(TTA)에서 S/W의 품질인증을 검사하는 GS(Good Software)의 시험 및 테스트를 통하여 성능을 분석 하였다. 시험은 ISO/IEC 9126(소프트웨어 품질 특성과 매트릭에 관한 국제 표준)과 ISO/IEC 12119(패키지 소프트웨어 품질 요구 사항 및 시험에 관한 국제 표준)에 따라 마련된 시험항목을 기준으로 하였다.

실제 역물류 환경을 고려한 다양한 네트워크 환경을 고려한 시험 환경 구성을 하여 그 성능을 측정 하여야 하나, 일반적인 소프트웨어의 성능을 측정하는 방식에서 가장 많이 쓰고 있는 환경으로 구성하여 그 성능을 측정 하는 것이 가장 일반적이며, 대표적 성격을 가질 수 있으므로 <그림 7>과 같은 시험 환경을 구성하였다.



<그림 7> 시험환경 구성도

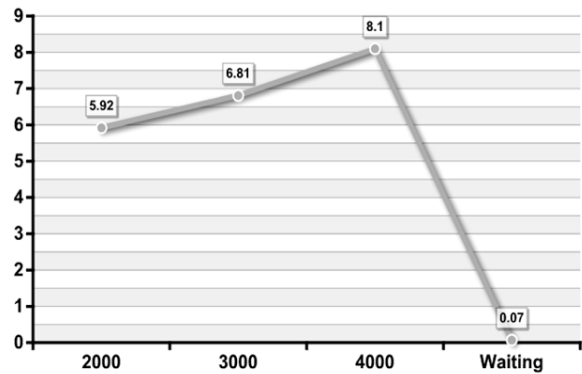
### 3.4 성능 분석 결과

OSGi 기반의 RFID 미들웨어는 역물류 환경을 고려한 물류 환경에서 발생하는 대용량 데이터를 실시간 처리하기 위하여 그 성능을 극대화 시켜야 하므로 시스템 자원의 사용과 반응시간 그리고 안전성이 가장 중요시 된다.

<그림 8>에서 나타나는 바와 같이 CPU 사용량의 분

석 결과 2,000개의 태그 처리시 5.92%의 점유율을, 3,000개 태그 처리 시 6.81%의 점유율, 그리고 4,000개의 태그 처리 시 8.10%의 점유율을 나타내었다. 그리고 태그 데이터 처리를 하지 않은 유휴 시간에는 평균 0.07%의 점유율로 유휴 상태에서는 시스템 자원을 거의 사용하지 않은 것으로 나타났다.

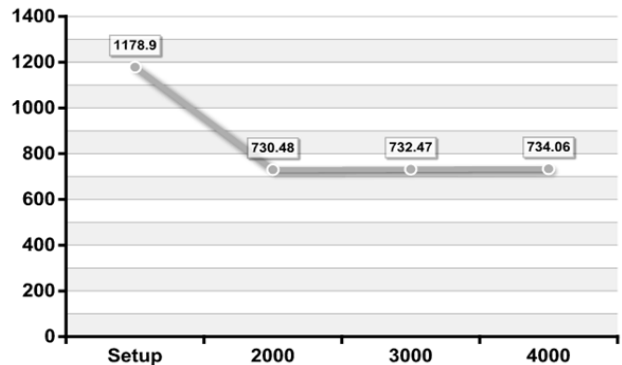
여기서 측정의 기준이 된 2,000개의 태그 데이터 처리는 Alican 9800 모델의 경우 1회 인식에 약 48개의 태그 데이터를 읽을 수 있는 성능을 가지므로 2,000개의 태그 데이터를 처리한다는 것은 약 400대의 리더기를 동시에 처리할 수 있는 능력으로 볼 수 있다.



<그림 8> 태그 처리 시 CPU 점유율

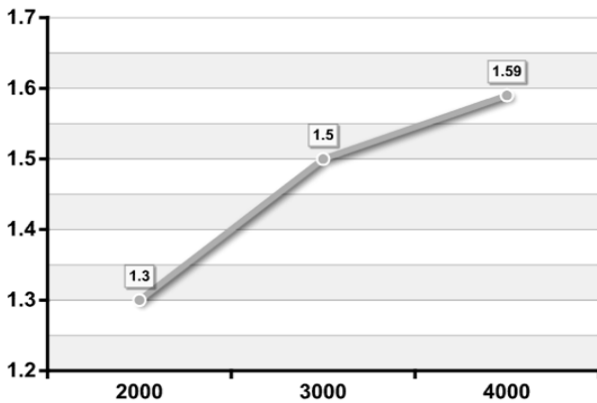
메모리 사용 부분에서 최초 Setup 시간에는 시스템의 설정 부분을 위한 기초 자원의 할당이 많으므로 그 양이 높게 나타났다. 그러나 이후 태그 데이터 처리 시에는 2,000개를 처리하나 4,000개를 처리하나 메모리의 점유율이 크게 차이 나지 않았다. 이는 시스템의 메모리 사용에 있어서 누수 현상이 없다는 것이며, 안정적이며 지속적인 서비스가 가능하다는 것을 의미 한다.

RFID 미들웨어에서 초당 2,000개, 3,000개 및 4,000개



<그림 9> 태그 처리 시 메모리 사용량

의 태그 이벤트 정보 수집하여 EPC 코드로 변환 하여 태그 정보를 파일에 저장하는 경우의 응답시간은 각각 평균 1.30초(2,000개), 1.50초(3,000개) 및 1.59초(4,000개)로 나타났다. 이는 태그 1개의 처리 시 시스템과 네트워크 구성 환경의 영향을 받겠지만, 인증 시험 결과 약 0.65ms의 시간이 소요됨을 알 수 있다. 이와 같은 실시간 처리 속도는 역물류를 고려한 공급망 관리에서는 상당히 그 의미가 크다고 할 수 있다.



<그림 10> 태그 처리 응답 시간

#### 4. 결 론

역물류는 공급사슬의 확장된 개념으로서 역물류의 활동들을 효율적으로 수행하기 위해서는 공급사슬 관리와 마찬가지로 각 지점별, 제품별 정보의 관리가 필요하며, 일반적인 공급 사슬에 비해서 역물류에서는 제품의 흐름이 복잡하게 나타나며, 다양한 활동들이 발생하기 때문에 이러한 정보의 관리 및 유지가 더욱 어려워진다. 또한 RFID를 이용한 물류 네트워크 구축에 있어서 현재 구축되어 있거나 구축될 예정인 시스템을 역물류 네트워크에 그대로 적용하는 데에는 많은 문제점들이 발생할 것으로 보인다. 그러므로 본 연구에서는 지금까지 RFID를 이용하여 구성된 시스템에 가장 일반적으로 많이 구축된 미들웨어 보다는 보다 실시간 적으로, 기존의 물류 네트워크 보다 방대한 데이터를 처리해야 하는 역물류를 고려한 물류 네트워크에서 높은 신뢰성과 성능 효율성을 보여주는 OSGi 기반의 개방형 RFID 미들웨어를 제시하고 그 성능을 시험해 보았다.

최근 국내의 U-ICT 기반의 사업 중에는 물류 네트워크 효율화를 위한 내용이 많이 진행되고 있다. 지금까지의 일반적인 공급망 관리에 역물류를 포함한 새로운 공급망 관리에 대한 그 관심이 증대되고 있으며, 이를 효

율적으로 관리하기 위한 여러 가지 방안이 모색되고 있다. 중요한 것은 데이터의 안정적인 처리와 그 데이터가 가지고 있는 의미의 파악이라 할 수 있다. 네트워크상의 수많은 데이터를 실시간으로 처리하면서 그 데이터 속에 숨겨져 있는 새로운 의미를 파악하기 위해서는 고성능의 처리 효율을 가지고 있는 RFID 미들웨어의 필요성 또한 높다고 볼 수 있다.

본 연구에서 실험한 RFID 미들웨어는 기업이 역물류를 도입하기 전에 기존의 물류 시스템보다 그 처리량이 많은 새로운 시스템을 위한 판단의 근거 자료가 될 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

- [1] Lee, C. K. M. and Chan, T.M.; "Development of RFID-based Reverse Logistics System," *Expert Systems with Applications*, ELSEVIER. 36 : 9299-9307, 2009.
- [2] Fleischmann, M., J. M. Bloemhof-Ruwaard, R. Dekker, E. van der Laan, J. A. E. E., van Nunen, and L. N. van Wassenhove; "Quantitative models for reverse logistics : a review," *European Journal of Operational Research*, 103, 1997.
- [3] Lee, D.-H., Kim, H.-J., and Kim, J.-S.; "Reverse logistics: research issues and literature review," *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 34 : 2008.
- [4] Shih, L. H.; "Reverse logistics system planning for recycling electrical appliances and computer in Taiwan," *Resources Conservation and Recycling*, 32 : 55-72, 2001.
- [5] Liu Fagui, Han Liu, LinKai, and Ruan Yongxiong; "OSGi-based Reconfigurable RFID Middleware," *Anti-counterfeiting, Security and Identification*, ASID 2008 IEEE International Conference on, ISBN : 978-1-4244-2584-6.
- [6] Tung-Lai Hu., Juh Biing Sheu, and Luan-Hsiung Huang, "A Reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes," *Transportation Research Part, E*, 28, 2002.
- [7] Vaidy Jayaraman., Raymond A. Patterson, and Erik Rolland.; "The design of reverse distribution network : Models and solution procedures," *European Journal of Operational Research*, 150, 2003.
- [8] Yoo, J-H. and Park Y. J.; "An Intelligent Middleware Platform and Framework for RFID Reverse Logistics," *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, 75-81, 2008.