국제표준 MOL (Middle-Of-Life) 데이터 모델링 및 제품 복원 관리 시스템 설계

Data modeling and architecture design for Product Recovery Management System

엄주명*, 서석환**

*포항공과대학교 산업경영공학과 (umju@postech.ac.kr)
**포항공과대학교 산업경영공학과 (shs@postech.ac.kr)

Abstract

생산자 폐기 책임 규제 강화로 인하여, 제조업 영역이 제품 제조(BOL) 뿐만 아니라 사용, 보수(MOL)와 폐기(EOL)까지 확장 수명주기로 확대 되고 있다. 또한 EOL상에서 개별 제품에 대한 제품 복원 관리 시스템 (PRMS: Product Recovery Management System)에 관한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 그러나 BOL, MOL과 EOL간의 정보 단절 문제, MOL상의 정보를 저장하고 사용할 수 없었던 문제는 EOL관리의 자동화를 저해한 큰 요인이다. 최근 유비쿼터스 기술의 발달로 개별 제품 추적이 가능해 졌지만, EPC 등의 식별부호(ID)만으로는 PRMS에 필요한 제품 정보를 얻을 수 없다. 본 논문에서는 제품 ID로부터 MOL상의 정보를 연결하고, 국제표준 기반 정보모델을 이용하는 PRMS를 개발한다. 이를 위해: (1) PRMS에 필요한 정보를 국제표준(ISO10303-239 등)을 기반으로 모델링하고, (2) 제품 ID를 통해 MOL상의 정보를 수집하여 제품 복원에 대한 의사결정을 수행할 수 있는 PRMS를 설계하고, (3) 시제품 구현을 통해 제안된 데이터 모델 및 시스템의 유효성을 검증한다.

1. 서론

최근 환경 문제가 중요하게 인식되면서 WEEE (폐 전기전자 처리지침), RoHS (유해물질 사용제한 지침), ELV (폐자동차 처리지침)등과 같은 제품의 재활용 및 폐기까지를 제조업체에서 책임지도록 하는 정책이 추진되어 폐기단계 (EOL: End-Of-Life)까지의 제품 관리 필요성이 부각되고 있다. 그러나 기업들의 제품 수명주기 관련 솔루션들은 제품의 생산 과정의 협업을 지원하는 정보 시스템으로써의 역할을 수행하고 있어, 설계에서 제조 단계까지의 정보 흐름 및 관리는 비교적 잘 이루어지고 있으나, 제품 판매 후 폐기까지의 정보는 제조업체가 관리하기 어려운 실정이다. 따라서 제조업 영역이 제품 제조뿐만 아니라 폐기까지 확장된 전 수명주기를 관리할 수 있는 환경이 필요하다. 현재 생산 분야는 다품종 대량 생산 체제로 전환됨에 반해, 폐기 및 재활용 분야는 캔, 종이 또는 단일 구조의 가전제품에 한해서 다수의 수작업을 포함하는 설비 위주의 소품종 대량 폐기 및 재활용 체제에 머무르고 있다. 이러한 현상은 제품의 제조단계 (BOL: Begin-Of-Life), 사용단계 (MOL: Middle-Of-Life)에서의 정보가 EOL로 반영되지 못하는 제품 정보 고립 상황에 기인한다. 자본 집약적인 재활용 산업에 있어서 유연하지 못한 설비는 비용의 부담으로 연결될 수밖에 없다. 특히 고객이 사용하는 동안의 제품관련 정보 획득이 어렵기 때문에, 사용 후 제품이 회수되었을 때 생산 이후로부터 제품의 상태 변동을 파악하기 어렵다. 따라서 이러한 정보 고립 문제를 해결하고, EOL 과정의 자동화를 위한 제품 복원관리 시스템이 필요하다. [1]

EOL 단계의 자동화를 위해서는 제품 복원 관리 시스템이 제품 추적 및 이력 관리 정보 시스템과 연계되어 제품 제조 단계와 사용 단계의 정보를 수집하게 된다. 이 정보들은 회수된 제품의 폐기, 재활용 여부의 의사 결정을 수행하는데 결정적인 단서로 활용된다. 그러나 사용단계 정보를 저장하고 반환하기 위한 표준화된 방법의 부재는 EOL의 자동화를 저해하는 주요 요인 중 하나이다. 또한 사용단계 정보가 존재하더라도, 정보가 저장된 저장소의 접근, 정보의 발견, 호환 및 활용 등 일련의 과정도 해결하기 어려운 문제이다. 최근 유비쿼터스 기술의 발달은 이러한 문제들을 해결할 수 있는 기술적 기반을 제공한다. 전자태그 기술, 모바일 기술, 임베디드 기술과 상황인식 기술의 발달은 제품 전 생명주기 단계에서의 식별 및 상황 기록을 용이하게 하며, MOL, EOL 상에서의 정보 획득을 가능하게 해준다. 또한, 제품 상태 정보를 네트워크를 통해 생산자, 공급자, 소비자 등의 제품수명주기 상의 주체들이 자유롭게 이용할 수 있게 해준다.

한편 STEP (ISO10303)과 PLCS (Product Life Cycle Support, ISO10303-239)는 제품의 생명주기에 관한 국제 표준정보로 서로 다른 시스템에서 사용되는 데이터 교환을 위해 활용되고 있다. 이를 통하여 이기종간 의사소통과 통합된 제품관리가 가능케 되었다. 앞에서 언급한 유비쿼터스 기술과 국제표준 정보의 활용은 EOL의 정보 고립을 해결하는 새로운 돌파구 역할을 할 것이다. 본 논문에서는 이러한 유비쿼터스 기술을 활용하여 제품 식별부호로부터 MOL상의 정보를 연결하고, 국제표준 기반 정보모델을 이용하는 제품 복원 관리 시스템 (PRMS: Product Recovery Management System)의 개발을 목적으로 한다.

EOL 관련 연구들은 크게 제품해체 최적경로 생성과 EOL 정보 수집 시스템에 관한 두 가지 방향으로 전개 되고 있다. 우선 해체 최적경로 생성 연구에서는 connection graph, directed graph, AND/OR graph, petri net 등과 같은 해제 순서 모델을 개발하고 이러한 모델을 바탕으로graphical / mathematical programming이나 휴리스틱스 기법과 인공지능 기법들이 이용되었다. 이에 사용된 변수들은 부품의 형상적 물리적 연결 관계뿐만 아니라 해체에 소요되는 비용과 각 해체 단계의 부품의 조합의 가치를 계산하여 최적의 해체 단계를 결정하는 방향으로 연구가 진행되었다[3].

EOL 정보 수집 시스템에 대한 연구로는 IMPRIS, PLMS, ISPR, LCDA, Green Port, 네트워크 RFID 시스템 등이 개발되었다[4][5][6][7][8][9]. 그 중, Klausner와 Grimm [6]은 "Information System for Product Recovery (ISPR)"을 제안하면서, 제품에 이식된 전자 장비를 통해 상태정보를 기록하고 MOL에 관한 정보를 제품 재활 단계에서 이용하는 시스템을 개발하였다. AutoID center [9]에서는 Network RFID System을 제안하여 제품 수명주기 상의 각 주체가 가지고 있는 분산된 정보를 제품 복원단계에서 의사결정에 이용할 수 있도록 EPC(Electronic Product code) 코드 체계와 AutoID center에서 제안한 정보 체계를 활용하였다. 그러나 이러한 시스템들은 제품 정보를 수집하는 방법을 제안하였으나 EOL에서 활용할 구체적인 제품 정보에 대한 정의와 수집된 정보의 통합은 결여되어 있다.

본 논문을 통해 EOL 상황에서 개별 제품 인식에서 부터 발생하는 의사결정에 필요한 정보 검색, 수집, 통합을 할 수 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 EOL의 현재 상황과 미래 모습 그리고, EOL 상에서 필요한 정보를 국제표준기반의 정보 모델링을 수행한다. 3장에서는 이를 활용하여 제품 전 수명주기를 연결한 제품 복원 관리 시스템을 제안하며, 4장에서는 구현 시나리오를 바탕으로 제안된 시제품을 통해 제안된 데이터 모델 및 시스템 유효성을 검증한다.

2.End-Of-Life 시나리오와 데이터 모델

2.1 End-Of-Life의 As-Is 시나리오

End-Of-Life는 제품이 사용자에 의해서 더 이상 사용되지 않는 단계이다. 버려진 제품은 제품 복원을 위해서 지자체나 제조사에 의해서 회수된다. 제품의 상태를 검사하여 수리(repair), 개장(refurbish), 재생산(remanufacture), 부품추출(cannibalize)의 여부를 결정하고 원하는 정도에 따라 제품 해체를 하여 폐기할 부품과 재사용할 부품으로 나눈다. 폐기할 부품은 분쇄과정을 거쳐서 원재료 중에서 매립, 재활용, 그리고 특수 처리로 분류하여 처리된다.

Product Recovery Management (PRM)은 재사용되거나 폐기된 제품, 부품, 재료에 대해 제조기업의 합법적이고 책임 있는 관리를 의미한다. PRM의 목적은 버려지는 쓰레기를 최소화 하도록 하고 제품, 부품, 재료의 경제적 가치를 최대화 하도록 복원하는 것이다. 이를 위해 각 제품에 대하여 재사용, 개장, 재생산, 부품추출, 재활용의 복원 옵션 중 최적의 방법을 결정한다.[10] Product Recovery Management System (PRMS) 은 복원 옵션을 위한 의사결정을 자동화 하는 시스템이다.

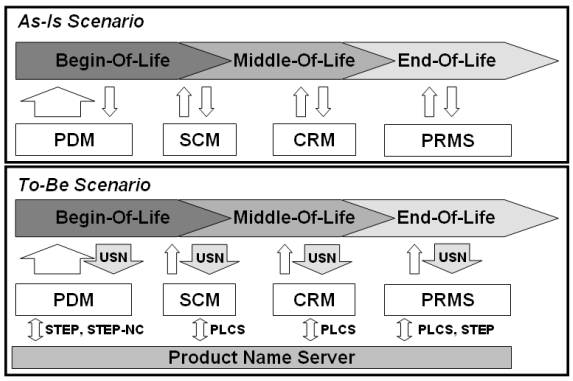


그림 1. As-Is / To-Be 시나리오

[그림 1]의 As-Is 시나리오와 같이 제품 수명 주기 상에 있는 PDM, SCM, CRM, PRMS 등의 정보 시스템들은 해당 수명 주기 단계에서 얻어지는 정보만을 다루고 있으며 다른 시스템간의 정보 교환 및 협업이 단절 되어 있는 상태이다. 또한 물리적 환경으로부터 얻어지는 제품의 정보는 수작업을 통한 경우가 많다. 특히 EOL의 경우는 대부분의 작업이 자동화 되어 있지 못한 상태였으며 자동화된 시스템들도 통계적인 방법으로 제품 상태를 추측하였다.

2.2 End-Of-life의 To-Be 시나리오

[그림 1]의 To-Be 시나리오에서 보는 것과 같이 제품 수명 전 주기 상에서 정보는 여러 형태로 존재한다. 국제 표준으로 정의된 정보도 있는 반면, 벤더 솔루션에 의해 제작된 표준 정보나 기업 내 로컬 정보로 이용하기 위한 정보도 있다. 뿐만 아니라 유비쿼터스 환경을 구축하는 USN(Ubiquitous Sensor Network)로부터 직접 수집된 물리적 세계 정보도 있다. 다양한 형태의 제품 정보는 제품 수명 주기 단계에서 일차적으로 수집하는 정보 시스템에 분산되어 저장 한다. 각 정보 시스템은 저장 되어 있는 정보에 해당하는 국제 표준 데이터 모델로 전환이 가능하며 Product Name Server는 개별 제품의 관한 정보가 있는 정보시스템과 사용되고 있는 국제 표준을 저장한다. PRMS는 Product Name Server를 통해 제품 수명 주기 상의 정보를 수집하여 현 제품 상태를 정확하게 파악할 수 있다. 또한 부족한 정보는 EOL단계의 USN을 통해 추가적인 정보를 감지할 수 있다.

2.3 국제 표준 제품 복원 데이터 모델

복원 옵션을 결정하기 위해서는 제품에 관한 전 생명 주기의 정보가 필요하다. 우선 수리, 개장, 재생산, 부품추출에 있어서는 고장 나거나 수명이 다된 부품과 유지보수를 통해 교체된 부품을 식별한 후, 각 부품군의 가격과 부품군까지 해체 경로 비용을 알아야 한다. 이 정보는 개별 제품의 유지보수 기록과 부품 시장 가격을 통해 얻을 수 있다. 해체 경로는 제품의 조립도로부터 얻어지며 제품 개발 업체에서 제공한다. 마지막으로 재료의 분류에 있어서는 WEEE, RoHS, ELV, EPR등 제품 시장에서 적용되는 환경규제 조약으로부터 위험 물질 정보를 , 재활용 업체의 지식 데이터베이스로부터 재료 분류 방법을 얻어온다. [그림 2]와 같이, 제품 복원 데이터 모델은 하나의 제품에 대해 PRMS에

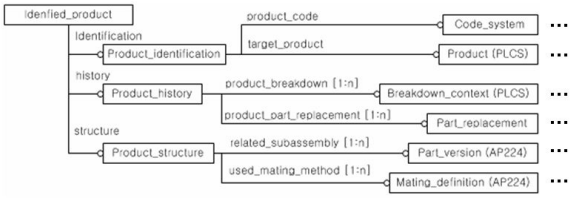


그림 2. 제품 복원 데이터 모델

서 수행되는 의사결정 과정에 필요한 정보이며 제품 수명 주기 각 단계에 연관된 정보 시스템으로부터 얻어진다.

현재 연구되고 있는 PRM의 네트워크 시스템은 제품 전 수명주기의 정보 수집 과정을 제안하였다. 또한 PML(Product Markup Language)를 통해 제품 정보를 정의하였다.[9] 그러나 현재까지 진행되고 있는 PML로는 제품에 관련되어 있는 다양한 영역의 정보를 수용하지 못한다. 하나의 정보 모델을 모든 정보 시스템에서 사용한다면 산업의 각 분야의 특성을 반영하지 못하기 때문이다. 수집된 정보가 PRMS에서 활용되기 위해서 각 산업 분야에서 사용되는 다양한 국제 표준을 기반으로 한 제품 정보 데이터 모델이 필요하다. 본 논문에서는 국제 표준 정보를 바탕으로 제품 복원 데이터 모델링을 수행하여 정보 통합 과정을 가능케 하였다.

PRMS에서 개별 제품에 대한 적절한 의사결정을 하기 위해서는 제품 사용 단계의 정보를 수집해야 한다. 제품 생산 단계에서 주로 발생되는 제품 형상, 구조, 기능과 같은 정보들은 제품 모델 단위에서는 다르지만 개별 제품 단위에서는 동일하기 때문이다. 또한 제품 폐기 및 복원의 판단에 있어 가장 최근의 제품 상태를 파악해야 하기 때문이다. 기존의 시스템에서는 이 부분은 작업자의 판단으로 수행되거나 통계적인 방법이 사용되었다. 최근 PLCS와 같은 제품 사용 단계에 관한 국제 표준이 활발하게 제정 중에 있다. PLCS는 기본 단위 엔티티를 정의하고 이를 활용하여 제품 상태 정보와 제품 작업 정보로 나누어서 모델링 되어 있다. PLCS에서 사용하고 있는 엔티티를 활용하여 제품 복원 데이터 모델링을 수행하였다.

제품 복원 데이터 모델은 복원 옵션 결정, 해체 경로 생성, 재료 분류 공정 결정에 필요한 정보로 [그림 2]에서와 같이 Product_Identification, Product_history, Product_ structure로 entity구성 되어 있다. 제품 복원 데이터 모델의 최상위 식별 엔티티인 Identified_product는 PRMS의 센서에 의해 감지된 제품의 객체이다. PRMS내에서 한 제품에 대해서 한 Identified_product가 동일한 객체로 운영된다. 제품 복원 데이터 모델의 EXPRESS-G 다이어그램은 부록에 수록하였다.

Product_identification은 Identified_product에서 인식하는 한 제품에 관한 식별 정보이다. PRMS에서 감지된 제품 코드는 product_code에 저장한다. 제조사로부터 얻어진 제품명, 모델명, 제품식별코드를 code_system 엔티티로 저장한다. WEEE와 같은 환경 규범에서 명시한 제품 분류 기준은 PLCS에서 사용하는 제품 분류 데이터 모델을 이용하여 target_product에 저장한다. Product_identification은 정보 시스템으로부터 제품 정보를 검색 할 때 사용된다. 세부 엔티티를 포함한 EXPRESS-G는 부록 2에 첨부하였다.

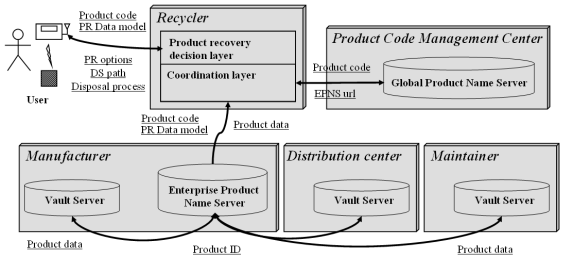


그림 3. 정보 시스템 간 데이터 흐름

Product_structure는 제품 형상, 조립구조, 구성 재료로 구성되어 있다. Mating_definition과 Single_piece_part는 ISO10303-AP224에서 정의된 엔티티이다. used_mating_method는 제품에서 사용되고 있는 모든 결합 종류를 정의하며, related_ subassembly는 제품에 관련된 모든 부품, 부품군, 제품의 형상 정보를 저장한다. Product_structure는 제품 생산 단계에서 얻어진다. PDM에 저장된 형상 정보와 BOM을 바탕으로 ISO10303-AP224로부터 추출된다. 이 정보는 제품 해체 과정에서 주로 이용되는데, 부품 연결 다이어그램과 해체 우선순위를 선정하는데 사용된다. 또한 제품 결합 정보는 제품 해체 비용을 계산하는데 이용한다. 세부 엔티티를 포함한 EXPRESS-G는 부록 3에 첨부하였다.

Product_history는 수리, 부품 교환, 고장에 관한 정보가 있다. Breakdown_context와 Part_replacement는 ISO10303-AP239 (PLCS)에 정의된 엔티티이다. 부품이 교체 정보는 product_part_ replacement에, 제품 고장 정보는 product_breakdown에 저장된다. 제품 고장 및 교체 정보는 제품 복원 옵션에서 각 부품의 상태를 파악하기 위한 중요한 결정요소이다. 제품 복원 결정 단계에서 부품의 품질을 판단하며, 수리/개장/재생산/부품추출과 재사용할 부품을 결정하는데 이용된다. 세부 엔티티를 포함한 EXPRESS-G는 부록 4에 첨부하였다.

3. PRMS 설계

3.1 PRMS의 System Architecture

PRMS는 재사용되거나 폐기된 제품, 부품, 재료에 대해 제조기업의 합법적이고 책임 있는 관리를 하는 시스템으로 개별 제품의 상태를 파악하여 복원 옵션과 재판매 및 폐기를 수행한다. [그림 3]에서와 같이 PRMS는 Coordination layer과 Product recovery decision layer로 구성되어 있다. [그림 4]와 같이 Coordination layer는 제품 복원 단계에서 EPC와 같은 RFID코드를 감지하고 GPNS (Global Product Name Server)로 전송한다. GPNS는 제품코드에서 식별 비트에 있는 제조사 정보를 통해 EPNS (Enterprise Product name Server)의 URL로 전송한다. EPNS는 제품코드로부터 제품에 관한 메타데이터에 접속한다. 메타 데이터에는 모델명과 시리얼번호가 있으며 개별 제품에 해당하는 관련 업체의 Vault server URL이 있다. 또한 메타 데이터에는 해당 Vault server에 저장된 데이터 타입 정보가 있다. PRMS에서 정의된 데이터 맵은 EPNS에 메타데이터를 통해 필요한 Vault server에 접속하여 정보를 수집하게 된다. Product recovery decision layer은 제품을 인식하는 에이전트와 의사결정을 수행하

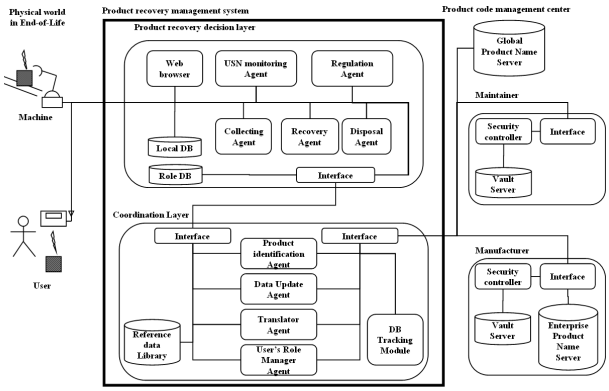


그림 4. PRMS의 System Architecture

는 에이전트와 사용자 인증 에이전트로 구성되어 있다. Coordination layer로부터 수집된 정보로부터 제품 복원 옵션 결정, 제품 해체 경로 생성 그리고 재료 분류를 수행한다.

3.2 제품 코드 인식과 추적 범위

물리적 세계상의 제품 인식은 제품에 부착된 RFID나 임베디드 장비와의 무선통신을 통해 이루어진다. 제품에서 사용하는 인식정보는 기존 제품군에서 사용하는 코드체계와 RFID 표준 코드체계가 있다. 기존 제품군에서 제품군 코드는 제품에 탑재된 임베디드 장비에 저장되어 있거나 사용자에 의해 직접 입력을 통해 가능하다. RFID 표준코드중에서 EPC (Electronic Product Code)는 헤더, EPC 메니저, 사물 클래스, 시리얼 번호로 구성되어 있으며, 64에서 96 개의 문자로 되어 있다. 이 중 메니저는 제품의 제조사와 연결된다. RFID 코드는 PRMS에 연결되어 있는 RFID 리더로부터 폐기된 제품을 감지하여 얻어진다.

수거된 제품은 PRMS에 의해 감지되어 환경법규에 의한 분류, 복원 옵션에 대한 분류, 재료 분류된다. 제품의 해체 단계는 제품, 부품, 재료로 구성된다. 그러나 인식의 단계는 제품 단계 까지 추적되지만, 정보 지원은 부품까지 연결 된다. 재료 단계는 부품 단위로 인식된다. 즉 한 부품에 해당하는 재료에 대해서 재료 분류 공정이 생성된다.

3.3 Product Name Server와 Vault server

제품 코드체계를 기록한 PNS (Product Name Server)와 제품 정보를 저장하고 있는 Vault server의 URL관리는 [그림 4]와 같이 GPNS와 EPNS로 나누어서 관리된다. 모든 제품에 관한 정보를 하나의 데이터베이스에 관리하면 동시 접속자의 증가로 서버에 과부하가 걸리게 되며 제품에 개체 수에 따라 수용 용량은 계속 증가해야 하기 때문에 여러 개의 Vault server로 나누고 PNS 제품과의 관계를 연결한다. 제품 코드를 통해 GPNS는 제조사와 제품까지 연결할 수 있다. 예를 들어 EPC가 가지는 정보는 제작사 코드체계, 개별제품을 찾을 수 있다. 0~2번째 digit는 코드 체계를 8~35는 EPC메니저를 36~59는 사물을 60~90은 시리얼 넘버를 기록한다. PNS에서는 EPC와 같은 국제적인 코드체계 이외에 국지적으로 사용하는 코드체계도 포함할 수 있다. 제조사 코드이다. 제조사 코드는 Global Product Name Server에 연결하여 관련 DB링크 주소를 찾는다.

PNS에는 제품 코드와 관련서버 URL과 서버 프로필 정보로 구성되어 있다. GPNS는 제품 코드와 제조사 EPNS URL을 저장한다. EPNS 제조사에서 생산된 제품에 관한 메타 데이터를 관리하며, 제품 코드와 제품 프로필, 그리고 제품 정보를 저장한 Vault server와 자료 형태로 구성되어 있다.

Vault server는 국제 표준 데이터 모델로 저장된 제품 수명주기 정보이다. 여기서 관리하는 정보는 제품이 수명 주기 동안 발생했던 기록과 생산 단계에서 생성된 정보를 저장한다. 여기서는 ISO10303 -AP224, AP239, AP203 등 표준 정보를 비롯하여 벤더 및 기업 내부 표준 정보를 저장한다.

3.4 Coordination layer

Coordination layer는 [그림 4]과 같이 Product Identification Agent, Data Update Agent, Translator Agent, User's Role Manager Agent, DB Tracking Module 그리고 Reference data Library로 구성 되어 있다. Product Identification Agent는 감지된 제품 여러 가지 형태의 제품 코드를 코드 길이와 제조사 식별번호를 참조하여 코드 체계를 인식한다. 예를 들어 코드 길이가 64비트이며 EPC 헤더가 있을 경우 EPC 코드로 인식한다. 식별된 제품 코드는 GPNS에 인식이 되면 식별 코드와 제조사 EPNS URL연결한다. User's Role Manager Agent는 EPNS에 접속하여 사용자가 접근할 수 있는 정보의 범위를 결정한다. DB Tracking module은 제조사 EPNS에 저장된 Vault server에 접속한다. 모든 Vault server를 방문하며 감지된 제품에 관한 제품 복원 데이터 모델이 해당하는 엔티티를 검색한다. 그리고 해당 엔티티가 있는 위치를 기억하여 Translator Agent에 전달한다. Translator Agent는 Vault server에서 수집된 정보를 바탕으로 제품 복원 데이터 모델에 값으로 할당한다. 이 때 관련 표준 정보와 제품 복원 데이터 모델의 대응 규칙은 Reference data Library에 저장되어 있어서 이를 참조하여 수행한다. 대응 규칙은 제품 식별자의 일치여부, 엔티티의 조합 조건여부가 이에 해당된다. 예를 들어 PLCS로 모델링된 부품 교체 정보를 검색하면 이 정보에 해당하는 제품과 PRMS에서 감지된 제품이 동일한 제품인지 확인하고 PLCS의 제품 작업 정보 중에서 Part_replacement 엔티티를 찾아 제품 복원 데이터에서 Product_history의 product_part_replacement에 추가한다. 마지막으로 PRMS에서 수행된 결과를 Data Update Agent는 EPNS에 연결된 관련 Vault server에 접속하여 정보를 갱신 한다.

3.5 Product recovery decision layer

Product recovery decision layer는 [그림 4]에서와 같이 Regulation Agent, Collecting Agent, Recovery Agent, Disposal Agent, Local DB, Role DB로 구성되어 있으며 해체 경로 생성, 제품 복원 옵션, 재활용 공정을 결정한다. 제품 복원의 주요 기능을 맞고 있는 Recovery Agent는 해체 경로 생성과 제품 복원 옵션을 결정한다. 우선 해체 경로 생성하여 조립도, 부품형상, 결합 방법 정보를 통해 실현가능한 해체 경로와 비용을 계산하는 과정이다. Coordination layer로부터 얻어진 Product_structure 엔티티에서 부품의 조립 정보를 통해 연결 다이어그램을 만들고 부품 해체 방해 여부를 찾아 선행 작업 관계를 작성한다. 인접한 부품으로 구성된 부품군과 해체 가능한 부품군의 목록을 작성하여 두 집합의 교집합을 구하면 실현가능한 부품군의 목록을

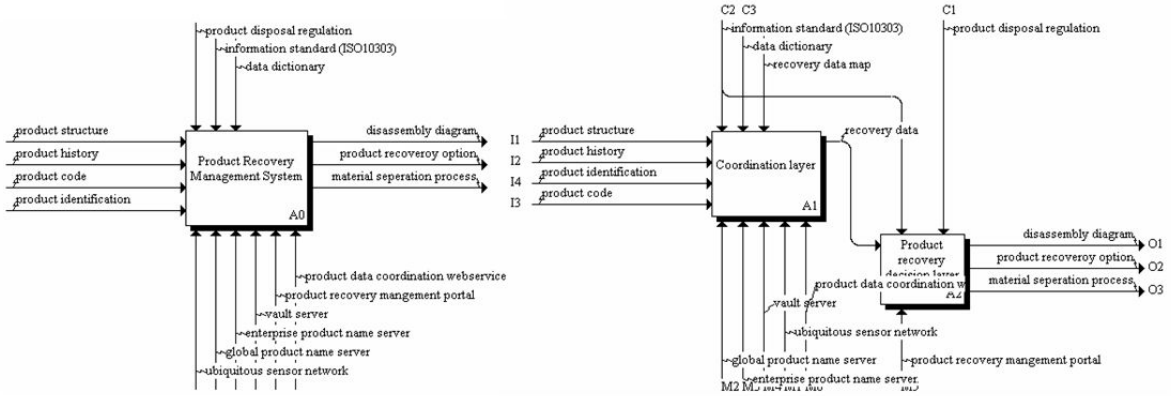


그림 5. PRMS의 IDEF0 모델의 Level0와 Level1

작성할 수 있다. 실현 가능한 해제작업을 따라 실현가능한 부품군의 순서를 나열하고 이 정보를 변환 매트릭스로 작성한다.[11][12] 제품 복원 옵션 결정은 각 실현가능한 부품군에 대해 Product_history 엔티티로부터 각 부품군의 품질을 확인 한다. 이를 2차 시장 정보를 통해 가격에 대응하는 값을 할당한다. 또한 각 해체 작업에 대해 부품의 무게나 조립방법에 따라 해체 비용을 계산 한다. 제품 복원 결정은 수집된 제품을 제품 복원 옵션 ,즉 수리, 개장, 재생산, 부품추출, 폐기 여부를 검증하며 해체 가능 부품군, 부품군의 품질, 부품군의 가격, 단계별 해체 비용을 통해 복원 방법 선택을 얻어내는 과정이다. 제품 해체 경로에서 계산된 비용을 토대로 복원 옵션에 따르는 비용과 제품가격을 비교한다. 교체해야 될 부품은 남아있는 재고 부품에서 가격을 비교하고 완성품으로 복구 했을 때의 비용과 제품 가격을 계산하여 이윤이 가장 높은 부품군을 선택한다.

Disposal Agent의 역할은 재활용 단계에서는 폐기된 부품을 분쇄하는 작업과 재료의 성분에 따라 분류하는 작업으로 나누어 진다. 이 때 분쇄된 재료들이 완벽하게 분류되기 위해서 분류 공정을 여러 번 거치게 된다. 재활용 공정 지침에 의해서 해당 재료에 관한 공정과 반복 횟수를 결정한다. 결정 방법은 미리 지정된 재료와 공정, 반복수의 지식을 이용하며 공정의 적용은 부품단위로 이루어진다.

그 밖에 Product recovery decision layer 구성요소로 USN monitoring Agent는 PRMS에 연결된 RFID 리더로부터 감지된 제품 코드를 저장하여 해당 Agent에 전달한다. Collection Agent는 폐기 제품 수집을 위해 폐기된 제품의 위치를 추적한다. Regulation Agent는 WEEE, RoHS 등 환경 관련 규범 정보를 관리하고 의사결정에 필요한 정보 모델로 저장하다. Local DB는 의사결정 작업에 수행된 결과를 저장하며 Role DB는 정보 요청 사용자의 역할을 기록하여 제품 정보 접근 시 참조한다. 웹 브라우저는 사용자와의 인터페이스로 사용된다.

4. 구 현

본 절에서는 노트북 복원 과정에 관한 PRMS와 PNS와 Vault server를 구현을 통하여 제안된 PRMS가 현재 기술로 가능한 시나리오임을 증명하고자 한다. 또한 국제 표준의 제품 복원 데이터 모델이 현재까지 연구된 제품 복원 결정 알고리즘과 재료 분류 알고리즘에 필요한 정보로 포함하고 국제 표준 정보를 사용하여 얻어 질 수 있음을 보인다.

- PRMS는 RFID 리더기를 통해 제품 복원 센터에 들어온 노트북 컴퓨터의 EPC코드를 감지하고 GPNS에 감지된 정보를 전송한다.
- GPNS는 EPC코드로부터 제품의 제조업체를 확인하고 EPNS URL을 반환한다. EPNS에서는 제조사, 모델명, 고유 시리얼 번호 등의 정보를 수집하고 PRMS는 전송된 정보를 바탕으로 Product_ identification에 할당한다.
- PRMS는 인지된 노트북이 WEEE에서 규정한 IT & telecommunications equipments 중에 Notebook computer임을 하고, WEEE에 해당하는 제품군이기 때문에 규정에서 정한 복원 및 재활용 기준치를 제시한다.
- Product_structure 정보는 제조사와 수리업체의 Vault server로부터 제공 받는다. 제조사에서는 생산과정에서 작창 되는 HDD, FDD, CPU, 메인보드, 메모리, 배터리, LCD, housing, 키보드에 관한 도면 정보를, 수리업체에서는 교체된 부품에 관한 정보를 제공한다.
- 공급업자, 고객 서비스 업체, 수리업자의 Vault server로부터 Product_history 정보를 받는다. 인식된 노트북은 메모리를 업그레이드하였으며, LCD와 키보드가 파손 상태에 있다. HDD, FDD, 키보드는 수명이 다해서 교체할 시기가 지난 상태이다.
- 수집된 정보는 제품 복원 옵션을 결정하게 된

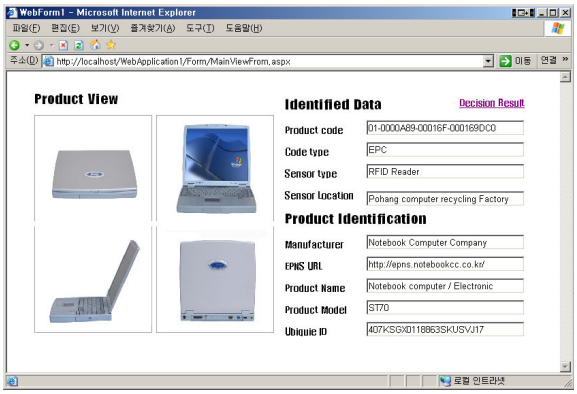


그림 6. PRMS의 Main View 화면

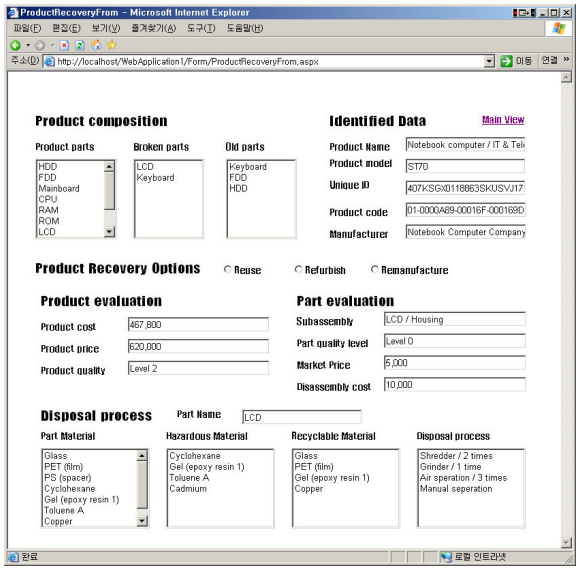


그림 7. PRMS의 Decision result view 화면

다. HDD, FDD, LCD, 키보드는 교체해야 하며 이에 필요한 비용과 수리 후 시장가격을 비교한다. LCD는 고장 난 상태이므로 시장 가격보다 해체 비용이 더 많이 들므로 폐기해야한다.

- 버려진 LCD는 분쇄 과정을 거쳐 유리와 플라스틱은 재활용 재료로 분류하고 Hg, Cd 등의 중금속이 들어간 재료는 개별 처리한다.

위 시나리오를 구현한 PRMS의 웹 브라우저 인터페이스는 Main view와 decision result view로 나누어져 있다. Main view는 [그림 6]에서 보는 것과 같이 RFID 리더로부터 읽어들은 제품 코드와 Product_identification agent에서 판단한 코드 체계 그리고 RFID 리더가 있는 위치와 리더의 종류를 출력한다. 또한 GPNS로부터 입력받은 제조사명과 EPNS URL 그리고 제품 모델과 고유 번호를 출력한다. Decision result view에서는 [그림 7]과 같다. 제품의 구성과 가능한 제품 복원 옵션 그리고 부품 폐기 과정을 보여준다. 우선 인식된 제품명과 제조사, 고유 번호 등 제품 식별 정보를 동일하게 출력한다. 제품의 구성은 전체 부품과 고장 난 부품 그리고 수명이 다된 부품으로 나뉘어 지고 AP224의 조립 정보로부터 얻어진다. 제품 복원 옵션을 선택하면 최적의 제품 복원의 가격과 비용 그리고 품질이 나타나며, 선택한 부품에 대해서도 가격과 해체 비용이 나온다. 마지막으로 폐기 과정에서는 선택한 부품을 구성하고 있는 재료 성분과 그 중에서 위험 재료와 재활용 가능한 재료를 출력 한다 마지막으로 가능한 폐기 과정 보여준다.

5. 결론 및 추후연구 방향

본 논문에서는 유비쿼터스 기술을 활용한 네트워크 환경과 표준화 데이터 모델을 통하여 실제 제품과 정보와의 연결을 위해 국제 표준의 제품 복원 데이터 모델과 PNS를 제안하였다. 이를 토대로 제품 인식부터 복원 의사결정과 폐기까지 정보 시스템 가능케 하는 PRMS를 설계하였다. 이러한 시스템은 제품 복원 관리 부분에서 적용하면 EOL단계의 정보 고립을 해결하고 자동화를 가능하게 할 것이다.

추후 연구 방향으로는 현재 ISO10303-AP224와 ISO10303-AP239만을 이용하였으나 다양한 표준 데이터 모델과 그에 따르는 제품 수명주기 다양한 영역으로 확장하는 연구가 필요하다. 또한 타 기업 정보 모델간의 온톨로지를 활용한 통합 방안도 연구되어야하며 유비쿼터스 환경에서의 제품에 관한 상황인식과 제품 접근에 보안 인증 관리 기능도 앞으로 연구되어야 할 이슈이다.

참고 문헌

[1] Kim H.J., Ciupek M., Buchholz A. and Seliger G., (2006), *Adaptive disassembly sequence control by using product and system information*, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, **22**(3), 267-278.

[2] Weiser M., (1991), *The Computer for the 21st Century*, Scientific American, 94-100.

[3] Tang Y., Zhou M., Zussman E. and Caudill R., (2000), *Disassembly Modeling, Planning, and Application : A Review*, IEEE International Conference on Robotics & Automation.

[4] R. Toyama, *Inverse Manufacturing Product Recycling Information System*, ECP Newsletter, May 2001.

[5] Soga. S., Hiroshige Y., Dobashi A., Okumura M., Kusuzaki T., (1999), *Products lifecycle management system using radio frequency identification technology*, IEEE International Symposium on Electronics and the Environment.

[6] Klausner M. and Grimm W.M., (1998), *Sensor-based data recording of use conditions for product takeback*, IEEE.

[7] Simon M., Bee G., Moore P., Pu J. and Xie C., (2001), *Modelling of the life cycle of products with data acquisition features*, Computer in Industry, **45**.

[8] Scheidt L. and Zong S., (1994), *An approach to achieve reusability of electronic modules*. IEEE International Symposium on Electronic and Environment.

[9] Kulkarni A.G., Prklikd A.K.N. and McFrlane D.C., Harrison M., *Networked RFID systems in product recovery management*", Electronics and the Environment, 2005.

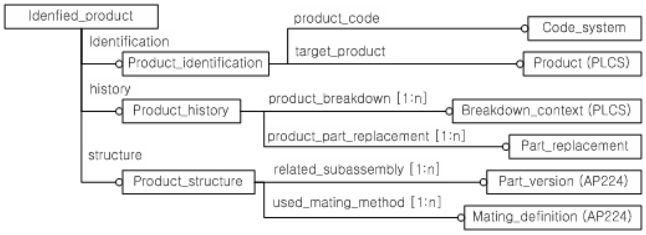
[10] Kirikke H.R., Harten A., Schuur P.C., (1998), *On a medium term product recovery and disposal strategy for durable assembly products*, International Journal of Production Research, **36**(1), 111-139.

[11] Lambert A.J.D., (2002), *Determining optimum disassembly sequence in electronic equipment*, Computers and Industrial Engineering, **43**, 553-575.

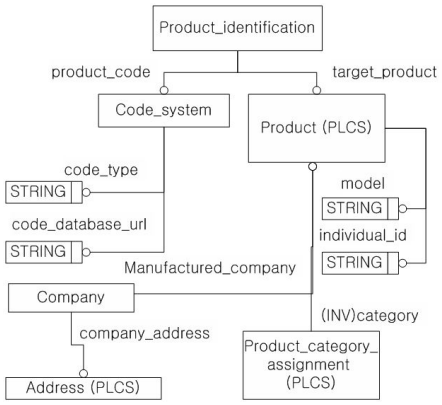
[12] 이건상, (2006), *친환경 설계를 위한 해체경로 생성모듈의 개발*, 한국 CAD/CAM학회 학술발표회.

부록

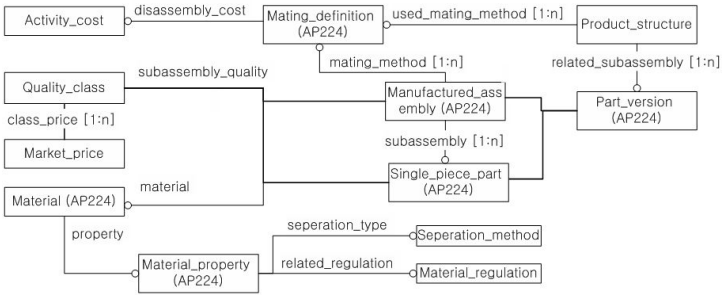
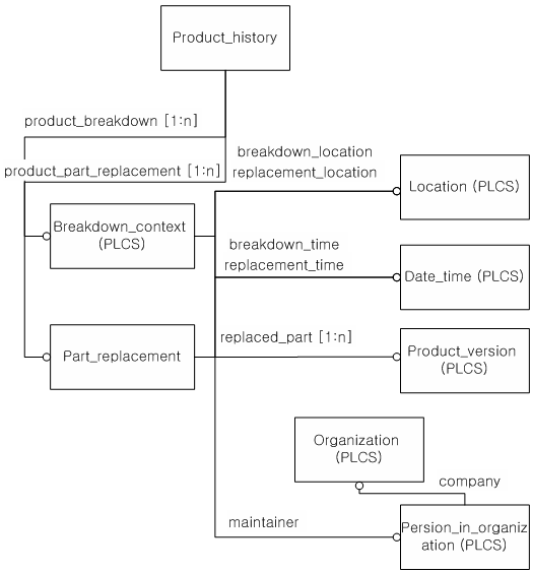
1. Identified_product



2. Product_identification



3. Product_structure



4. Product_history