

베이지안 네트워크를 이용한 이력추적관리 방법에 관한 연구

A Study on Traceability Management Using Bayesian Network

조성진, 허철희, 정환묵
대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부

soung-jin Cho · Chul-hoi Her · Hwan-Mook Chung

Faculty of Computer and Information Communication Engineering

Catholic University of Daegu

E-mail : ubiagent@naver.com

요 약

임베디드 기술의 발전과 유비쿼터스 환경이 점차 확산되면서 상품의 유통 과정이 다양하게 변화되고 있다. 상품에 대한 소비자의 요구는 생산정보를 직접 확인하고 상품을 구매할 수 있도록 하여 다양한 문제 발생시 원산지와 유통경로를 추적할 수 있는 이력 추적 관리 시스템(Traceability Management System)이 요구되고 있다.

본 논문에서는 유비쿼터스 환경에서 상품에 대한 신뢰성을 향상시키고 생산자의 정보 및 제조, 유통과정을 소비자가 추적할 수 있도록 베이지안 네트워크를 이용하여 상품의 이력추적관리 방법을 제안하고 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

키워드 : 생산관리, 유비쿼터스, RFID, Traceability, 물류, 베이지안 네트워크

1. 서론

유비쿼터스 환경이 점차 확산되면서 상품의 원산지를 비롯한 안전성의 문제가 대두되고 있다. 생산 정보를 직접 확인하여 보다 안심하고 상품을 선택할 수 있기를 바라는 것이 소비자의 요구이다. 생산자도 자신의 우수한 농산품을 직접 소비자와 유통업체에 알려 더 많은 부가가치를 창출하고자 한다.

우리가 먹는 농산물은 생산한 사람의 정성과 마음이 고스란히 담겨있다. 그러나 씨 뿌리고, 거름 주는 정성을 소비자에게 직접 전달하는 것은 쉬운 일이 아니다. 이처럼 원산지, 재배방법, 출하시기 등 농산물의 각종 생산 정보를 보다 쉽게 확인해 볼 수 있도록 한 것이 이력관리시스템(Traceability System)이다.

현재 농산물 이력 정보를 인터넷으로 확인하는 농산물 이력관리시스템은 식품 생산단계부터 유통

과정에서의 투명성을 보장하는 대표적인 사례이다. 비록 초기 단계이기는 하지만 농산물에 부착된 이력관리 번호와 웹주소가 인쇄된 라벨을 보고 소비자가 농산물 생산지 및 원산지와 생산 환경, 재배 정보 등의 상세한 내용을 인터넷으로 확인할 수 있다. 유통 및 판매업자들도 품목 조회를 통해 생산 중인 작물의 정보를 사전에 확인하고 구매할 수 있다.

농산물 이력추적제는 농산물의 생산부터 소비 단계까지 각 단계별 정보를 문서나 전산형태로 기록, 관리하는 것으로 이를 통해 생산자, 농약 사용량, 유통·가공과정, 출고일자 등 각종 정보가 수집, 축적된다. 따라서 농산물 안전성 문제 발생시 단계별 정보 역추적을 통해 사고 원인을 빠르게 파악할 수 있고 사태 확산 방지에도 효과적이다. 또 농산물에 대한 다양하고 연속적인 정보 제공으로 소비자 신뢰 확보도 가능하다.

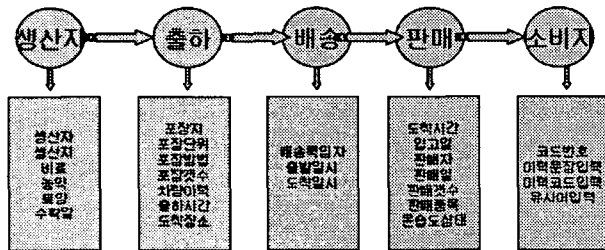
현재의 농산물 이력추적제는 바코드를 사용하

고 있으며, 소비자가 필요한 정보를 얻으려면 이력관리 번호와 웹주소가 인쇄된 라벨을 보고 직접 인터넷에 접속하여 사용하는 문제점이 있으며 문제가 생겼을 경우 알고 싶은 정보만을 선택하여 볼 수가 없다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결할 수 있도록 센서 네트워크를 이용하여 설계하였다.

2. 관련연구

2.1 상품의 생산공정

상품의 생산공정은 단계별 업무 활동의 효율성과 조직의 기능 및 역할에 대한 이해 증진 그리고 고객은 제품 및 서비스 공급업자에 대한 영향력 행사가 가능하여 보다 나은 가격에 좋은 제품과 서비스를 구입하게 된다. 생산자로부터 생산이 이루어지면 생산자는 생산자, 생산지, 토양, 비료, 농약사용량에 대한 기본적인 생산 이력정보를 입력하고 출하과정으로 이동되며 이 단계에서는 포장지, 포장단위, 방법, 개수, 차량이력 사항 등의 정보를 입력하게 된다. 또한 배송단계로 보내어진 상품은 배송책임자, 도착일시, 출발 일시가 입력된다. 판매단계에서는 도착시간을 비롯하여 입고일, 판매자, 판매일, 온도와 습도 등의 정보가 추가되고 모든 정보가 저장된 상태의 태그가 상품에 부착되어 소비자에게 판매 된다.



[그림 1] 생산자에서 소비자까지의 경로

생산 공정은 4가지의 중요한 의사결정 영역을 가지고 있다.

- .품질(Quality) : 품질의 표준화와 전사적인 품질관리를 통하여 지속적인 품질개선
- .설비능력(Capacity) : 기계 설비와 인력의 효율적인 운영
- .프로세스(Process) : 공정 흐름, 설비 배치, 설비 관리 인력
- .재고(Inventory) : 원자재와 완제품 재고

이러한 생산 공정은 공급 체인 관리를 통한 유통과 물류의 이력 관리를 이용하여 공급에서 소비자에게 이르는 모든 공정을 신속하게 처리함으로써 물류비를 절감하는 노력이 필요하다.

2.2 RFID(Radio Frequency Identification)

RFID는 IC 칩에 내장된 정보를 무선 주파수를

이용, 비접촉방식으로 읽어내는 기술로서 상품, 화물, 자재, 유가증권 등 모든 물건과 동식물 등에 부착하여 생산, 유통, 판매 등에 있어 관리 효율 및 고객만족도 향상을 통해 획기적인 비용절감을 가능케 하는 기술이다[3].

RFID 시스템은 인식할 트랜스 폰더와 설계 및 기술 방법에 따라 읽기 또는 쓰기/읽기 장치로 구분되는 송신부 또는 리더로 구성된다. 리더는 제어기능과 트랜스폰더와 연결기능을 하는 무선 주파수 모듈(송신기와 수신기)를 가지고 있다. 대부분의 리더는 추가적 인터페이스 등이 있어 수신된 데이터를 다른 시스템으로 송신한다. 트랜스 폰더는 결합장치(coupling element)와 전자 마이크로칩으로 구성되어 있다.

2.3 베이지안 네트워크

실세계의 응용 애플리케이션에서 환경은 매우 불확실하며, 결합과 불량이 많은 정보들을 가지고 불확실한 환경에서 행동을 결정해야만 한다. 베이지안 확률 추론은 시스템이 불충분한 지식을 가지고 표시하거나 추론하는 대표적인 방법이다. 베이지안 추론은 베이지안 네트워크 환경에서 주어진 정보들을 이용하여 어떤 현상이 사실인지를 추론하는데 사용한다[4].

베이지안 네트워크의 추론은 확률 분포를 이용한다. 예측작업에서는 베이지안 네트워크를 가지고 원인과 결과를 표현하여 문제를 모델링한다. 환경에서 어떤 정보들이 관측되었을 때, 경험적으로(결과에서 원인을 추론하는) 관측을 설명할 수 있는 원인을 추론하게 된다. 원인이 확인되면 인과 방향으로 아직 환경에서 관측되지 않은 다른 변수들의 값을 예측하기 위해 추론을 진행하는 방법이다.

2.4 데이터베이스와 유사도

데이터베이스(similarity database)는 사용자가 원하는 정보를 추론할 때 유사도를 계산하기 위한 정보들을 저장하고 관리한다. 문제 발생시 데이터베이스의 정보와 찾고자하는 정보의 유사도를 계산하여 원하는 정보를 추출하기 위한 자료를 생성한다. 이것은 문제의 정보를 분석하고 분석된 정보로 유사도를 계산 한다.

단계별 유사성 검색을 위해 미리 정해진 유사도 기준에 따라 단계별 속성에 저장된 정보들 중에 유사한 정보를 찾아서 추적을 하게 된다. 단계별 유사성 검색을 위한 유사도 측정과 가중치 조정은 정보를 추론하는 중요한 요소이다. 단계별 추적 정보와 질의에 대한 속성과의 관계를 [식 1]과 같이 나타낼 수 있다.

$$SIM(q, c) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=0}^n \omega_{ij} S_{ij}(q_i, c_j) \dots \dots \dots [식 1]$$

S_{ij} : 속성 i 의 질의와 j 의 정보의 부분 유사도

w_{ij} : 속성 ij 의 주어진 가중치

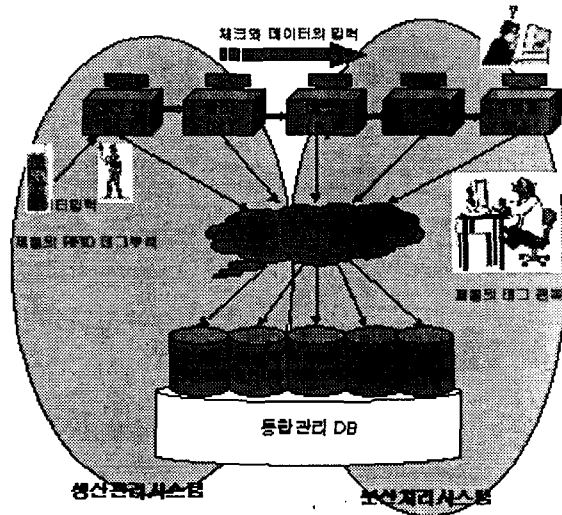
C_j : 각 유통단계의 중속적인 속성값

각 단계별로 속성 값을 가지며 소비자가 가장 중요하다고 생각되는 속성 값을 입력하였을 때 질의 조건의 각 항목에 대하여 정보의 유사도는 높아야 한다.

3. 상품 이력 추적 관리 시스템

3.1 GRTMS의 시스템 구성도

본 논문에서는 RFID와 모바일을 이용하여 농업 생산과 공급 혁신 기술을 위한 [그림 2]와 같이 상품 이력 추적 관리 시스템(Goods RFID Traceability Management System)을 제안한다.



[그림 2] GRTMS 구성도

[그림 2]는 농산물 생산 처리 관리를 위한 인터넷 기반 시스템으로 모바일 폰을 이용한 생산 처리 관리 시스템, RFID를 이용한 분산 처리 관리 시스템, 그리고 고객을 위한 정보 공개 시스템의 세 가지 서브 시스템으로 구성되어 있다.

3.1.1 생산처리 관리 시스템(PPMS)

생산처리관리시스템(Product Process Management System)은 생산 정보를 입력하기 위한 시스템으로 절차는 다음과 같다.

- ① 웹사이트에 접속하여 ID와 패스워드를 입력한 후 로그인 한다.
- ② 생산자, 생산지, 토양, 비료, 수확량, 농약사용량, 농업기술, 기계 등 참조할 개별적인 정보를 입력한다.
- ③ 재배일지, 응용 기술 등을 입력한다.
- ④ 출하단계 정보는 포장지, 포장단위, 포장방법, 포장담당자, 차량이력 등을 입력한다.
- ⑤ 입력된 정보를 확인할 수 있도록 한다.

3.1.2 분산 처리 관리 시스템(DPMS)

분산처리관리 시스템(Distributed Process Management System)은 생산 추적 시스템의 기본적인 스키마인 생산과정에서 주어진 유일한 ID번호가 부착된 태그에 생산, 배송 정보들을 분산 처리하여 빠르고 효율적으로 할 수 있다.

태그를 이용한 분산 처리 시스템의 절차는 다음과 같다.

- ① 생산자에 의해 기록 또는 입력된 상품의 제품 기록은 데이터베이스에 저장된다.
- ② RFID 태그의 ID는 데이터베이스 상에 생산 정보와 관계가 있다. 생산품이 배송이 되기 전에 배송책임자, 출발일시, 도착일시 등의 자료가 입력되고 태그들은 패키지나 박스, 컨테이너 그리고 팔레트 등에 부착 된다.
- ③ 분산 처리의 단계는 중간 도매상, 도매상, 소매점등을 포함하고 출발, 도착, 이동 그리고 분배 등을 위해 ID가 확인되고 단위 물품에서 RFID 태그를 읽어 인터넷을 통해 데이터베이스에 입력된다.
- ④ 판매단계에서는 도착시간, 입고일, 판매자, 판매일, 온도와 습도가 입력된다.
- ⑤ 사용자는 이 시스템을 통해 웹사이트에 입력된 자료를 볼 수 있다.

3.1.3 정보공개 시스템(IDS)

정보 공개 시스템(Information Disclosure System)은 소비자가 원하는 정보를 확인할 수 있도록 한다.

ID 나 RFID 태그를 통해 유통 과정의 모든 단계나 생산자의 모든 재배 기록과 안전성의 문제 배송, 판매단계와 관련된 정보가 공개된다.

3.2 데이터베이스

데이터베이스는 생산자 정보와 유통정보를 저장하고 소비자가 원하는 정보를 확인하고 추론할 수 있는 정보제공자 역할을 한다. 생산자 정보와 유통정보는 분산된 시스템으로 구성하여 효율적인 정보관리가 될 수 있도록 하였다.

소비자가 원하는 정보를 효율적으로 추론하기 위해 정보사전을 이용한다. 이질적인 정보 즉, 온도와 20°C 등과 같은 정보를 추론하기 위하여 사용한다.

3.3 베이지안 네트워크

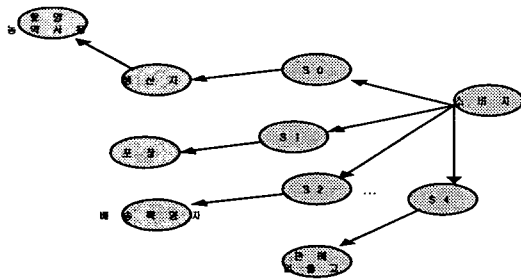
본 논문에서는 5단계의 유통 구조를 가지고 있다. 생산자는 생산자와 생산지, 비료, 농약, 토양, 수확일 등의 속성을 지니고 있고 출하 단계에서는 포장지, 포장 단위, 포장방법, 포장 개수, 차량이력, 출하 시간 등의 속성을 가지며 배송 단계에서는 배송책임자, 출발일시, 도착일시의 속성을

가지고 있으며 판매 단계에서는 도착시간, 입고일, 판매자, 판매일, 판매 갯수, 판매품목, 온·습도 상태 등의 속성을 지니며 소비자 단계에서는 코드번호, 이력문장 입력의 속성을 가지고 있다.

예를 들면 소비자 단계에서 문제가 발생했다면 어느 단계에서 발생한 문제점인가를 각 단계의 확인을 통하여 추적이 가능하다.

이러한 상품의 추적이나 고장 또는 장애 진단 상품의 이상 상태와 같은 불확실성을 포함하는 문제 영역은 상당히 빈번하게 발생할 수 있다. 이러한 다양한 문제점의 대상에 대해 베이지안 네트워크를 구축한다.

상품에 이상이 있다면 해당 상품은 어느 과정에서 문제를 발생시킨 것인지 확인하여 곧바로 사후 처리를 행할 수 있을 것이다. 문제 발생이 판매시장에서 발생한 문제인지 배송, 출하, 생산자에게 문제가 있는 것인지 원인을 찾을 수 있다. 이러한 과정을 그래프로 표시한 것이 [그림3]에서 보여주고 있는 베이지안 네트워크로 구성할 수 있다.



[그림 3] 베이지안 네트워크를 이용한 추적

3.4 유사도에 의한 추론

소비자가 구매한 제품에서 또는 생산 유통과정에서 발생하는 상품의 문제점이나 상품에 대한 궁금한 사항이 있을 때 각각의 단계를 역추적 하려면 입력한 단어에서 유사한 속성을 발견하여 문제의 단계를 추적하여 문제점을 해결할 수 있는 방안이 된다. 만약 소비자가 도착에 대한 사항을 확인하려고 한다면 도착이라는 단어를 입력하면 판매단계와 배송단계 그리고 출하단계의 경로를 먼저 추적하고 조금 더 자세한 도착장소에 대한 질의를 한다면 출하의 단계를 확인시켜 줄 것이다. 이에 따라 소비자가 유통경로 상에 나타나는 모든 추정 가능한 정보를 대입하여 각각의 요인에 장애가 발생했을 가능성을 확률로 나타내고 계산한다. 그 결과 가장 상태가 좋지 않을 가능성이 높은 요인을 중심으로 유통과정의 문제점을 진단하는 것으로 최소의 비용을 절감할 수 있으며 시간을 단축할 수 있다.

즉, 소비자가 입력한 자료가 [도착]에 관한 문장을 입력하였다면 [출하], [배송], [판매] 단계에서 잘못된 부분을 찾게 될 것이다. 또한 [도착일]

이라는 문장을 입력하였다면 유사성을 비교하여 가장 관련성이 있는 [배송] 단계를 나타내 보여 줌으로서 빠르고 간편하게 추적을 할 수 있다.

또한 이질적인 단어 숫자 8자리(20050301)가 입력되었다면 날짜를 의미하므로 정보사전에서 날짜에 관련된 정보들을 추론하여 수확일, 출발일시, 도착일시, 입고일, 판매일 등을 보여 주게 된다.

4. 결론

이력 추적 관리 시스템의 도입으로 상품에 대한 이력정보가 공개되고 검색이 가능함에 따라 많은 효과들이 기대될 수 있다. 상품의 유통 단계별 운영 주체가 정확한 기록·관리를 통해 스스로 정보의 신뢰성을 확보하는 노력이 필요하고 생산자(가공업자)와 거래처(소매점)간 신뢰 관계 및 상호 감독관계를 구축할 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 유비쿼터스 환경에서 상품에 대한 신뢰성을 향상시키고 생산자의 정보 및 제조, 유통과정을 소비자가 추적할 수 있도록 베이지안 네트워크를 이용하여 상품의 이력추적 관리 방법을 제안하고 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

향후 연구 과제로 인터넷 또는 단말기를 이용해 검색(확인) 할 수 있는 상품에 대해서는 단계별 이력을 알릴 수 있는 표시(라벨)와 검색번호 및 코드를 포장팩 등에 부착하도록 하여 세부정보 확인하고 상품포장에는 기본사항만을 표시하는 방안이 필요하다.

[참고문헌]

[1] Weiser, M, <http://www.ubiq.com/weiser>
 [2] Sugahara, K and S, Omatsu. 2003. Development of Production and distribution history management system using RFID(in japanese) Proc. Joint Meeting 2003 on Environmental Engineering in Agriculture p 206
 [3] 이근호, "유비쿼터스 무선 기술 개요 및 기술 개발 전력방향" 한국전파진흥협회지, VOL. 13. 1. 2003
 [4] Neal, R "Connectionist Learning Of Belief Networks, " Artificial Intelligent, 56:71-113, 1991