

# 스마트 생장관리 모니터링 서비스 구현

이준욱\*, 강현중\*, 강성수\*

\*한국전자통신연구원 RFID/USN연구부  
e-mail:junux@etri.re.kr

## Implementation of Smart Growth Monitoring Service

Jun-Wook Lee\*, Hyun-Joong Kang\*, Sung-Soo Kang\*

\*RFID/USN Research Department, ETRI

### 요 약

RFID 및 USN 기술 발전과 함께, 다양한 사회 및 산업 분야에 이를 적용하여 생산, 업무 및 유지 관리의 효율성을 극대화하기 위한 융합 IT 기술 개발이 증대되고 있다. 특히 농업 분야는 생산량 증대, 품질 향상 및 피해 예방을 위해 최적의 생장환경 관리가 중요하게 되었다. 본 논문에서는 농업 분야에 적용하기 위해 저전력 생장관리 센서네트워크, 생장관리 플랫폼을 기반으로 하는 지능형 생장관리 모니터링 서비스를 제시한다. 본 서비스는 원격 재배지에 대한 지속적 생장환경 데이터 수집, 이를 통한 다양한 모니터링을 가능하게 함으로써 재배자가 다양한 생장관리 업무를 효율적으로 수행할 수 있도록 한다.

### 1. 서론<sup>1)</sup>

RFID 및 USN 기술 발전과 함께, 다양한 사회 및 산업 분야에 이를 적용하여 생산, 업무 및 유지 관리의 효율성을 극대화하기 위한 융합 IT 기술 개발이 증대되고 있다. 특히 농업 분야는 생산량 증대, 품질 향상 및 피해 예방을 위해 최적의 생장환경 관리가 중요하게 되었다[1].

국내의 경우에는 시설원예에 대한 요구가 증대되고 있으며, 미국, 중국, 캐나다 및 호주 등 해외의 경우 노지재배 작물에 대한 생장관리(growth management)의 지능화 요구가 증대되고 있는 실정이다. 특히 이상기후, 병충해 등과 관련한 작물 생산의 균일성, 작물 재배 비용의 예측관리, 작물 생산시기의 예측 및 조절 등은 재배자의 경제적 이익과 관련하여 매우 중요한 요인으로 작용하고 있다.

본 논문에서는 농업 분야에 적용하기 위해 저전력 생장관리 센서네트워크, 생장관리 플랫폼을 기반으로 하는 지능형 생장관리 모니터링 서비스를 제시한다. 본 서비스는 원격 재배지에 대한 지능적 생장환경 모니터링을 가능하게 함으로써 재배자가 다양한 생장관리 업무를 효율적으로 수행할 수 있도록 한다.

### 2. 지능형 생장관리 서비스

지능형 생장관리 서비스(smart growth management service)는 다수의 원격지 재배지(원예시설, 노지)에 대해 USN 기술을 이용하여 환경 및 작물 생육상태의 정보를 획득하고 이를 통해 모니터링, 데이터분석, 이상과약 및

알림, 전문적 의사결정 지원 기능을 제공하는 데스크톱 및 모바일 장치 통합 서비스로 정의한다.

원예작물의 범위는 상당히 광범위하지만 그 형태는 시설원예 또는 노지재배를 말한다. 노지재배의 경우에는 재배 면적이 광범위하거나, 원거리에 위치하는 경우가 많아 재배자의 주기적 재배지에 대한 기후, 생장환경, 이상상황의 모니터링이 중요해지고 있다. 작물에 따라 관수(irrigation) 시설 등에 대한 제어를 생장환경(토양 온도, 토양 습도)과 연계하여 관리하는 것이 기술적으로 중요하게 되었다[2]. 또한, 세계적으로 이상기후의 발생증가에 따라 피해예방을 위해 단기적 뿐만 아니라 장기적으로도 생장환경 데이터의 분석(추세, 상관성)이 요구되거나, 계절적 요인에 따라 서리 등의 예측(prediction)이 매우 중요시되기도 한다.

이에 비해, 국내 시설재배의 경우 정부시범사업 및 지자체 연계를 통해 USN을 적용한 다양한 원예관리 서비스(화훼, 딸기, 파프리카, 인삼 등)를 검증해오고 있다. 최근에는 생장환경 데이터 수집 및 모니터링 측면에서 벗어나 분석, 예측 등의 지식 추출이나 품질, 생산량, 생장 이상 등을 예측하는 알고리즘 개발 등에 대한 요구가 증대되고 있고, 최적의 생장환경을 제공하기 위해 보조광원, 관수, CO2의 제어를 작물의 반응, 효과등과 연계하여 실시간적으로 제어하는 기술 개발이 진행 중에 있다.

본 논문에서는 지능형 생장관리 서비스에 대해 우선적으로 대규모 노지재배 작물, 특히 미국 캘리포니아 나파지역의 대규모 포도원(vineyard)를 대상으로 서비스를 위한 각 시스템의 요구사항 및 구조 그리고 재배자를 위한 기능을 설계, 구현하고 그 결과를 제시하고자 한다.

1) 이 논문은 2010년도 지경부 산업원천기술개발사업(10035262)의 지원으로 수행되었음.

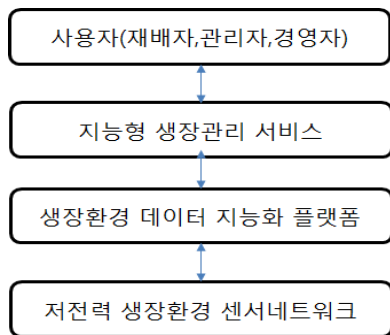
### 3. 지능형 생장관리 서비스 설계

생장관리 서비스 제공을 위해서는 재배지(시설)내의 작물에 대해 작물 주변의 생장환경(기후, 토양, 수질)데이터의 수집 또는 작물의 생육상태(생장률, 생장상태, 영양상태 등) 수집이 요구된다. 노지재배 포도의 경우 경작지가 원거리고 대규모로 재배되기 때문에 재배채로부터 실시간적이고 지속적으로 생장환경, 생육상태 수집을 위해서는 센서네트워크 활용이 중요하다. 특히 기반 인프라(전력, 통신망)가 부족하기 때문에 시설원예와 달리 저전력 특성이 중요하다. 생육상태 수집도 센서네트워크와 연계하여 수집될 때, 시간 및 위치정보, 이미지 등을 포함하여 수집하기가 용이해 진다.

생장데이터의 수집/분석은 서비스를 위해서 매우 중요하다. 원격 재배지에 센서네트워크는 다수 지역을 연계하고 다수 지역으로부터 지속적이고 주기적으로 생장환경데이터를 수집하므로 실시간적으로 생장데이터의 수집/분석을 수행할 수 있는 플랫폼이 요구된다. 생장데이터를 단지 저장하는 측면의 미들웨어와 달리, 최근 생장데이터와 과거 데이터가 계속적으로 분석되어야 생장/생육 추세변화 비교, 이상 예측 및 알람 등이 가능해진다. 이러한 플랫폼은 다양한 대상 원예작물에 따라 판단, 예측 등에 따르는 지능화 처리 알고리즘의 확장 및 탑재가 가능하여야 할 것이다.

생장관리 서비스는 이러한 지능화 플랫폼을 기반으로 다양한 사용자(재배자, 관리자, 경영자) 측면의 요구 기능을 개발하고 사용자와의 상호작용에 중점을 둔다. 일반적으로 웹을 기반으로하는 서비스외에도 사용자가 재배지 또는 사무실 이외의 지역에서도 데이터 수집, 상태 모니터링 및 이상시 알람등의 다양한 업무활동을 모바일 장비(PDA, 휴대전화, 스마트폰)를 통해 지속적으로 제공받을 수 있어야 한다. 노지재배 포도 생장관리와 관련한 기존의 솔루션 분석을 기반으로 생장관리 서비스가 가져야 할 특성을 도출해 볼 수 있다[3].

이러한 요구를 기반으로 생장관리 서비스는 아래 그림과 같이 4계층으로 구조화할 수 있다.



(그림 1) 지능형 생장관리 서비스의 계층구조

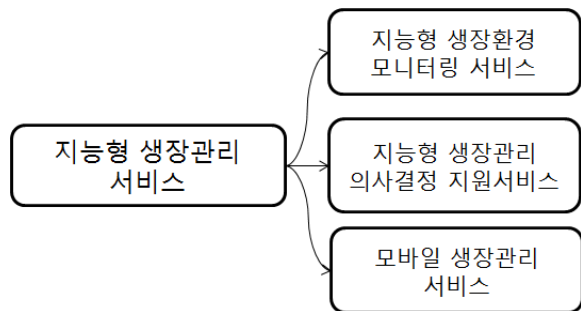
본 논문에서는 저전력 생장환경 센서네트워크 및 생장환경 데이터 지능화 플랫폼에 대해서는 자세히 기술하지 않는다.

지능형 생장관리 서비스에 요구되는 특성은 다음과 표 1과 같이 정리할 수 있다.

<표 1> 지능형 생장관리 서비스 요구사항

특성	설명
가능성	독립구조 vs. 모듈형
모바일 장치 연계	PDA 등 휴대형 재배지원장비 지원 여부
생장/생육데이터베이스 위치	로컬/리모트
사용자별 설정	재배자 특성에 맞게 서비스 설정 여부
공간 단위	재배지의 공간 분할 수준(블럭/서브블럭 등)
작업자 추적 및 임금 처리	작업자 위치 확인 및 작업량 비례 급여처리 등
시비 관리	다양한 방제 및 시비 등에 대한 기록관리 여부
재배 계획	1년 재배에 대한 다양한 계획 수립 지원여부
자원 관리	재배를 위한 다양한 시설, 자재, 비용 관리
재배지 조사	재배지에 대한 다양한 생장/생육/이상 여부 조사 지원 여부
관수 관리	관수 스케줄 및 관수 현황 지원 여부
품질 및 산출 관리	재배 품질 파악 및 생산량 관리 지원 여부
전문적 의사결정 지원	다차원 분석을 통한 예측, 파악 등의 지원 여부
GIS 연계	공간 가시화 여부
실험실 샘플 추적	실험실 데이터 기록 관리 여부
재배 작물 추적	재배/숙성 및 출하시 연계관리 여부
보고서 생성	작물 생장/생육 현황, 생산량, 생산비 등

<표 1>과 같은 서비스 요구사항을 만족하기 위해 지능형 생장관리 서비스 크게 기능적 특성에 따라 다음과 같이 세가지 유형으로 구분한다.



(그림 2) 지능형 생장관리 서비스 유형

지능형 생장환경 모니터링 서비스는 작물의 재배환경 변화 및 작물의 생육량, 생장이상 등을 주기적이고 지속적

으로 모니터링 할 수 있게 한다. 특히 재배자에 대하여 재배환경의 변화 및 생장이상 변화시에는 알림을 통해 언제 어디서나 재배환경 모니터링을 가능하게 하여야 한다. 재배지에 설치된 센서네트워크, 재배지 환경, 영상카메라를 통한 원격 영상 모니터링, 지능적 알림 등을 주요 서비스 기능으로 한다.

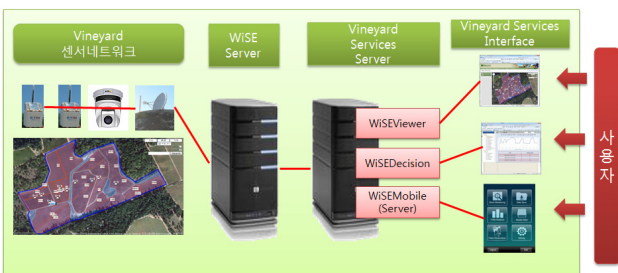
지능형 성장관리 의사결정 지원시스템은 재배지의 성장환경 이력데이터를 통해 재배자가 재배행위를 수행함에 있어 전문적이고 지능적인 의사결정을 가능하게 하는 서비스이다. 재배자는 작물의 성장상태 또는 재배환경 변화를 추세분석(trend)을 통해 파악하거나, 성장환경변화에 따른 성장상태 변화를 함께 비교분석(correlation)하거나, 특정 성장환경 데이터에 대한 요약(summary)을 지원한다. 또한 GDD(Growing Degree Day), ETo(Evapotranspiration),서리 예측, 병충해 예측 등의 다양한 성장모델 분석을 통한 결과 제시를 통해 재배자가 작물성장 및 이상에 대한 종합적 분석을 가능하게 한다.

모바일 성장관리 서비스는 재배자가 언제 어디서나 성장환경 변화, 성장상태 변화를 모니터링하게 하며, 재배지에서의 성장, 생육, 병충해 발생 정보 등을 수집하고, 작업(work) 지시/보고 관리 등의 유용한 기능을 지원한다.

#### 4. 지능형 성장관리 서비스 구현

지능형 성장관리 서비스는 시설원예 작물 및 노지재배 작물에 적용을 위해 개발 중에 있다. 본 논문에서는 노지재배 작물(포도)을 대상으로 시스템을 구현/적용한 결과를 제시하고자 한다.

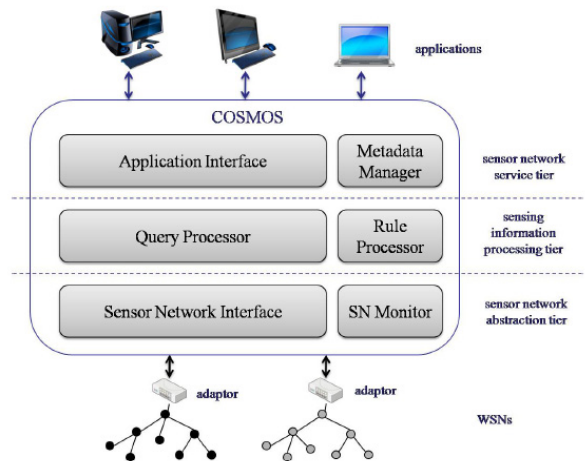
##### 4.1 서비스 아키텍처



(그림 3) 지능형 성장관리 서비스 아키텍처

지능형 성장관리 서비스는 사용자(재배자 또는 관리자)에게 다양한 성장관리 서비스 기능을 제공하는데 있어 4계층 구조로서 설계/구현 되었다. 재배지에 위치하는 가장 하부는 센서네트워크, 네트워크 카메라 등을 포함하는 성장관리 인프라이다. 시설원예작물을 대상으로 할 경우 상대적으로 성장관리 인프라 구축 및 관리가 용이하다. 노지재배 작물의 경우 원격지 관리를 위해 전원 및 광대역 망과의 연결이 중요하다. 국내의 경우에는 시설 주변까지 인터넷 망 연결이 가능하지만, 해외의 경우에는 광대역 망과의 연결이 원활하지 못해 위성통신장치등을 활용하고 있다.

두 번째 층은, 주기적이고 지속적으로 원격 재배지의 성장환경 데이터 및 모니터링 데이터를 수집하고 이를 분석하는 성장관리 플랫폼이다. 본 서비스에 있어서는 기 개발된 USN 미들웨어 플랫폼(COSMOS)[4][5]을 성장서비스에 맞게 경량화 및 최적화하여 개발한 성장관리 플랫폼(WiSEServer)을 적용 하였다. 성장관리 플랫폼은 성장관리 서비스를 위한 지식베이스 구축을 통해 다양한 작물 성장/생육 분석 및 품질 예측 기능을 수행하도록 설계/개발되었다. USN 미들웨어 플랫폼 아키텍처는 다음과 같다.

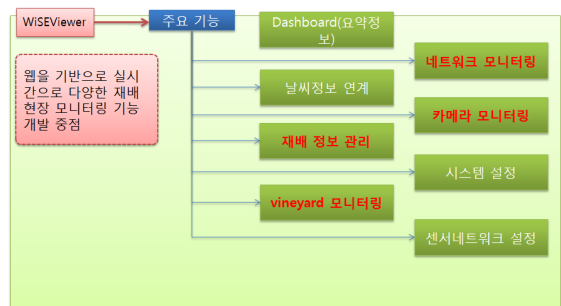


(그림 3) USN미들웨어 플랫폼 아키텍처

세 번째 층은 응용서비스 계층으로, 성장/생육 데이터 및 지식베이스를 이용하여 각 재배 작물 및 재배자에 요구되는 다양한 성장관리 서비스를 제공하는 응용 계층이다.

마지막은 사용자 인터페이스 계층으로 성장관리서비스는 웹 브라우저를 통해 재배자에 서비스를 제공하거나, PDA 또는 스마트폰을 통해 성장관리에 있어서의 이동형 조사/기록 및 다양한 분석 결과의 모니터링을 지원한다.

특히, 원격 재배지의 성장환경 및 생육상태 모니터링을 지원하는 성장관리 모니터링 서비스(WiSEViewer)는 다음 그림4와 같은 주요 기능을 웹을 기반으로 구현하였다.

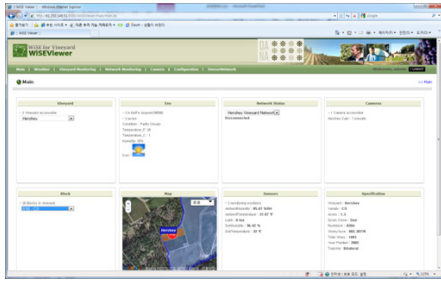


(그림 4) 지능형 성장관리 서비스 기능 구조

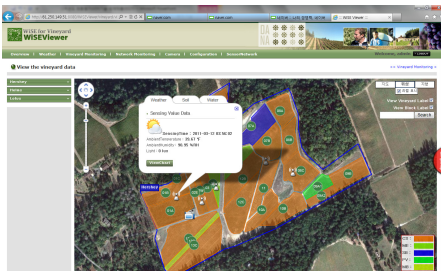
##### 4.2 지능형 성장관리 모니터링 서비스 구현

그림 5는 모니터링 서비스의 주 화면으로 성장관리 대상 지역(vineyard)에 대한 전체적 모니터링 정보를 요약하

여 제시한다. 재배지(vineyard)의 재배정보, 날씨정보, 센서네트워크 상태, 블록별 재배품종 및 상태 정보, 영상카메라 정보 등을 제공한다.



(그림 5) 서비스 메인화면



(그림 6) vineyard 모니터링

그림 6는 재배지 모니터링 화면으로 재배지의 공간구획(블록)별 설치된 센서노드를 표시하고 각 센서노드 클릭시 최근의 성장환경데이터를 제공하며, 그림 7과 같이 최근24시간(1주일, 1개월)내 성장환경데이터 변화를 차트를 통하여 표출하여 준다.



(그림 7) 성장데이터 차트 분석

### 4.3 서비스 적용 및 검증

지능형 성장관리 서비스는 고부가가치 와인 생산을 위해 원격지 포도밭(vineyard)에 대해 지능적 성장관리를 지원함으로써 작물의 성장 품질 및 생산량 증대를 위해 개발, 운영 중에 있다. 이를 위해 우선 미국 캘리포니아 나 과지역 vineyard에 센서네트워크 등의 테스트베드를 2010년 설치하고, 지속적으로 성장환경 데이터를 수집하고 있다. 농업 IT 융합기술의 특성상, 작물의 재배 작기와 맞추어 적용 및 시험검증이 진행되어야 한다.

현재 2011년 작물의 재배 작기와 맞물려 특히 표 1과 같은 서비스에 대한 재배자 요구사항에 대한 기능적, 성능적 검증을 지속적으로 수행 중에 있다.

본 논문에서 제시한 성장관리 서비스의 요구사항을 기

반으로 해외 농업 솔루션등과 비교 검증을 수행 중에 있다. 해외 농업용 솔루션으로는 PremiereVision(Premiere Viticulture), FruisionScience, CropTrack(Scan Control), SureHarvest, eSkye Vineyard Management(eSkye Software), Vineworks(Wornboot Geographics), Total Scout/Total Ranch(Agcode, Inc.) 등을 대상으로 하였다.

본 논문에서 구현한 성장관리 모니터링 서비스는 해외 농업용 솔루션에 비해 성장데이터, 기상데이터, 영상 및 네트워크 상태 정보등과 GIS기반 작물재배/품종정보의 통합 모니터링 지원과 성장환경 변화에 따른 알림기능 지원 등에 있어 강점을 갖는다.

### 5. 결론

농업 융합 IT 기술은 IT 기술의 정확성, 성능 및 안정성 평가의 중요성 이외에도 재배 작물, 재배환경에 대한 정확한 이해, 그리고 재배자가 궁극적으로 IT를 농업에 적용하고자하는 본연의 요구사항을 충분히 반영하고 달성하였는지를 평가하고 이를 지속적으로 보완하는 것이 매우 중요하다. IT기술의 빠른 발전에도 불구하고, 작물의 재배시기나 특성을 고려하지 않는 IT기술 융합은 단지 IT기술로써 끝나게 되고 실질적으로 작물의 생산량 증대나 품질증대를 도모할 수 있게 하는 IT 핵심기술 확보가 어려워진다. 본 논문에서는 시설원에 또는 노지재배 작물의 성장관리의 효율성을 증대할 수 있는 성장관리 서비스를 제시하였다. 특히 재배자 측면에서 성장관리 서비스가 가져야하는 중요한 특성을 도출하고 이를 실제 노지재배 포도분야에 적용하여 검증하고 있다. 앞으로도 향후 2년간 성장관리 서비스 요구 특성을 기술적으로 향상하고 사용자 QoS를 만족할 수 있는지를 테스트베드를 통해 검증을 완료할 것이다.

### 참고문헌

- [1] 이인범, USN 기반의 식물 성장환경 관리시스템 모형 개발 연구, 한세대학교, 2010.
- [2] 정보통신산업진흥원, USN 기반 농작물 성장환경관리 시스템 구축 및 운영가이드라인, 2010.5
- [3] Mark Greenspan, Product Review: Vineyard Management Software , Wine business monthly, July. 2006
- [4] Marie Kim, Jun Wook Lee, Yong Joon Lee, Jae-Cheol Ryou, "COSMOS: A Middleware for Integrated Data Processing Over heterogeneous Sensor Networks" ETRI Journal, Vol.30, no.5, Oct. 2008, pp. 696-706
- [5] Kisung Lee, Jun Wook Lee, Jae Gak Hwang, "A Middleware for Heterogeneous and Logical Sensor Networks", Fourth International Conference on Sensor Technologies and Applications, 2010.