

양자 유전알고리즘을 이용한 특징 선택 및 성능 분석

(Feature Selection and Performance Analysis using Quantum-inspired Genetic Algorithm)

허기수*, 정현태*, 박아론**, 백성준**

(G.S. Heo, H.T. Jeong, A. Park, S.J. Baek)

요약

특징 선택은 패턴 인식의 성능을 향상시키기 위해 부분집합을 구성하는 중요한 문제다. 특징 선택에는 순차 탐색 알고리즘으로부터 확률 기반의 유전 알고리즘까지 다양한 접근 방법이 적용 되었다. 본 연구에서는 특징 선택을 위해 양자 비트, 상태의 중첩 등 양자 컴퓨터 개념을 기반으로 하는 양자 기반 유전 알고리즘(QGA: Quantum-inspired Genetic Algorithm)을 적용하였다. QGA 성능은 전통적인 유전 알고리즘(CGA: Conventional Genetic Algorithm)을 적용한 특징 선택 방법과 분류율 및 평균 특징 개수의 비교를 통해 이루어졌으며, UCI 데이터를 이용한 실험 결과 QGA를 적용한 특징 선택 방법이 CGA를 적용한 경우에 비해 전반적으로 좋은 성능을 보임을 확인 할 수 있었다.

Abstract

Feature selection is the important technique of selecting a subset of relevant features for building robust pattern recognition systems. Various methods have been studied for feature selection from sequential search algorithms to stochastic algorithms. In this work, we adopted a Quantum-inspired Genetic Algorithm (QGA) which is based on the concept and principles of quantum computing such as Q-bits and superposition of state for feature selection. The performance of QGA is compared to that of the Conventional Genetic Algorithm (CGA) with respect to the classification rates and the number of selected features. The experimental result using UCI data sets shows that QGA is superior to CGA.

■ keyword : | Feature Selection | Conventional Genetic Algorithm | Quantum-inspired Genetic Algorithm |

I. Introduction

Feature selection is the problem of selecting a subset of features from a total of features based on some optimization criterion. The primary purpose of feature selection is to design a more compact classifier without any performance degradation. The reduced number of features helps to build less computational demanding applications in the mobile environment.

Since the feature selection is a typical combinatorial optimization problem, it is essential to develop an algorithm to efficiently search in a wide range of search space [1]. Accordingly, many feature selection algorithms

have been studied such as enumeration algorithms, sequential search algorithms, and genetic algorithms (GA).

GA which is a stochastic algorithm based on the principles of natural biological evolution have shown capabilities in solving optimization problem in various science and engineering areas [2]. One of the important issues in GA is a balance between exploration and exploitation. There are many arguments to control this balance, but it is very difficult to find appropriate arguments. Recently, QGA (Quantum-inspired Genetic Algorithm) was proposed in [3,4], which could handle the balance between exploration and exploitation more easily when compared with CGA (Conventional Genetic

* 정회원, 한국전자통신연구원

**정회원, 전남대학교 전자컴퓨터공학과, tozero@chonnam.ac.kr

접수번호 : 2012-02-06-0002

접수일자 : 2012년 02월 06일

심사완료일 : 2012년 03월 07일

교신저자 : 허기수, e-mail : heogisu@etri.re.kr

Algorithm).

In this paper, we introduced QGA to solve the feature selection problem and compared the results with CGA. The experiments were carried out with UCI data sets and the performance of QGA and CGA were compared in terms of classification rates and the number of selected features.

II. Genetic Algorithms for feature selection

1. Conventional Genetic Algorithm

The structure of CGA can be described as follows.

Conventional Genetic Algorithm

1. initialize population P ;
 2. evaluate P ;
 3. repeat {
 5. select two parents p_1 and p_2 from P ;
 6. offspring = crossover(p_1, p_2);
 7. mutation(offspring);
 8. replace offspring in P ;
 9. } until (stopping condition);
 10. return the best chromosome obtained so far;
-

Figure 1. Procedure of CGA

For the feature selection, a string which is a chromosome with D binary digits is used. A binary digit describes the presence of the corresponding feature. Each chromosome in the population $p(=20)$ is evaluated by Multi-Layer Perceptron (MLP) classifier to give a measure of its fitness. The presence of input node of MLP classifier depends on the state of corresponding bits of the chromosome.

In 'select' step, we select two parent chromosomes by adopting the rank-based roulette-wheel selection scheme. Then crossover operation generates a new chromosome (offspring) out of the two parents, and the mutation operation slightly perturbs the offspring. We used the standard 2-point crossover and mutation operations with mutation rate $p_m(=0.01)$.

In 'replace' step, if a mutated chromosome is superior to

both parents, it replaces the similar parent; if it is in between the two parents, it replaces the inferior parent. Otherwise, the most inferior chromosome in the population is replaced. Finally, GA stops when the number of generations reaches the given maximum generation $t(=100)$.

2. Quantum-inspired Genetic Algorithm

Quantum-inspired Genetic Algorithm (QGA) is a probabilistic algorithm similar to a genetic algorithm. It is based on the concept and principles of quantum computing such as Q-bits and superposition of state, and exploits Q-bit chromosome as a presentation. The smallest unit of information stored in two-state quantum computer is called a quantum bit or Q-bit, which may be in the 1 state or in the 0 state, or in any superposition of the two at the same time [5].

The state of a quantum bit can be represented as

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle \quad (1)$$

where α and β are numbers that specify the probability amplitudes of the corresponding states. $|\alpha|^2$ and $|\beta|^2$ give the probabilities that the Q-bit will be found in the 0 state and 1 state, respectively. Normalization of the state to unity guarantees

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1 \quad (2)$$

QGA uses a novel representation that is based on the concept of Q-bits. One Q-bit is defined with a pair of numbers (α, β) . A Q-bit chromosome as a string of m Q-bits is defined as

$$\left[\begin{array}{c|c|c|c} \alpha_1 & \alpha_2 & \dots & \alpha_m \\ \beta_1 & \beta_2 & \dots & \beta_m \end{array} \right] . \quad (3)$$

Q-bit representation has the advantage that it is able to represent a superposition of states. This idea of superposition makes it possible to represent an exponential set of state with a small number of Q-bits. The structure of QGA is described in the following.

Quantum-inspired Genetic Algorithm

1. $t \leftarrow 0$;
 2. initialize $Q(t)$;
 3. make $P(t)$ by observing $Q(t)$ states;
 4. evaluate $P(t)$;
 5. store all solutions in $P(t)$ into $B(t)$;
 6. repeat {
 7. $t \leftarrow t + 1$;
 8. make $P(t)$ by observing $Q(t-1)$ states;
 9. evaluate $P(t)$;
 10. update $Q(t)$ using quantum gates $U(\Delta\theta)$;
 11. store the best solutions in $B(t)$ and $P(t)$ into $B(t)$;
 12. store the best solution $\hat{\theta}$ among $B(t)$;
 13. } until (stopping condition);
 14. return the best solution $\hat{\theta}$;
-

Figure 2. Procedure of QGA

QGA maintains a population of Q-bit chromosomes, $Q(t) = \{q_1^t, q_2^t, \dots, q_n^t\}$ at generation $t (= 100)$, where $n (= 20)$ is the size of population, and q_j^t is a Q-bit chromosome defined as

$$q_j^t = \begin{bmatrix} \alpha_{j1}^t & \alpha_{j2}^t & \dots & \alpha_{jm}^t \\ \beta_{j1}^t & \beta_{j2}^t & \dots & \beta_{jm}^t \end{bmatrix} \quad (4)$$

where m is the string length of the Q-bit chromosome.

In the step of ‘initialize $Q(t)$ ’, α_i^t and β_i^t of all q_j^t are initialized with $1/\sqrt{2}$. It means that the first Q-bit chromosome represents the linear superposition of all possible states with the same probability.

The next step makes a set of binary solutions $P(t) = \{p_1^t, p_2^t, \dots, p_n^t\}$ by observing $Q(t)$. One binary solution p_j^t is a binary string of length m and is formed by selecting either 0 or 1 for each bit using the probability, $|\alpha_i^t|^2$ or, $|\beta_i^t|^2$ respectively. For every bit in

the binary string, we generate a random number r from the range $[0,1]$; if $r > |\alpha_i^t|^2$, we set the bit of the binary string.

Each binary solution p_j^t is evaluated by MLP classifier to give a measure of its fitness like in CGA. The best solution among $P(t)$ and $B(t-1)$ is then selected and stored into $B(t) = \{b_1^t, b_2^t, \dots, b_n^t\}$.

In the step of ‘update $Q(t)$ ’, Q-bit chromosomes in $Q(t)$ are updated by applying some appropriate quantum gates $U(\theta)$, which is formed by using the binary solutions $P(t)$ and $B(t)$. This Q-gate has the same role as the crossover and mutation operators of CGA. In this work, a Q-bit chromosome q_j^t is updated by using the following rotation gate $U(\theta)$.

$$U(\theta_i) = \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) \\ \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Where θ_i is a rotation angle of each Q-bit toward either 0 or 1 state depending on its sign. θ_i should be designed in compliance with the application problem. In this problem, θ_i is given as $s(\alpha_i\beta_i)\Delta\theta_i$. The parameters used are shown in Table 1. For example, if $f(p) \geq f(b)$ is satisfied p_j^t and b_j^t are 1 and 0, respectively, we can set the value of $\Delta\theta_i$ as 0.025π and $s(\alpha_i\beta_i)$ as +1, -1 or 0 according to the condition of $\alpha_i\beta_i$. The sign $s(\alpha_i\beta_i)$ determines the direction of convergence and $\Delta\theta_i$ determines the speed of convergence.

Q-bit chromosome update:

1. for ($i = 1$ to m)
2. determine θ_i with the lookup table
3. obtain (α'_i, β'_i) as:
4. $\begin{bmatrix} \alpha'_i & \beta'_i \end{bmatrix}^T = U(\theta_i) \begin{bmatrix} \alpha_i & \beta_i \end{bmatrix}^T$

Table 1. Lookup table of θ_i

p_i	b_i	$f(p) \geq f(b)$	$\Delta\theta_i$	$s(\alpha_i\beta_i)$			
				$\alpha_i\beta_i > 0$	$\alpha_i\beta_i < 0$	$\alpha_i = 0$	$\beta_i = 0$
0	0	false	0	0	0	0	0
0	0	true	0	0	0	0	0
0	1	false	0	0	0	0	0
0	1	true	0.05π	-1	+1	± 1	0
1	0	false	0.01π	-1	+1	± 1	0
1	0	true	0.025π	+1	-1	0	± 1
1	1	false	0.005π	+1	-1	0	± 1
1	1	true	0.025π	+1	-1	0	± 1

III. Experimental Environment and Result Analysis

1. Environment

We used 5 data sets from UCI Machine Learning Repository [6], which offers various real world classification problems. Table 2 shows the specification of the data sets. These data sets possess diverse characteristics in terms of the number of samples, features, and classes. All the data was normalized by a linear function before usage.

Table 2. Data sets used for experiment and MLP structure

Data set	Number of samples	Number of features	Number of classes	MLP structure
Pima-Indians	768	8	2	8-10-2
Segmentation	2310	19	7	19-10-7
WDBC	569	30	2	30-10-2
Waveform-Noise	5000	40	3	40-10-3
Sonar	208	60	2	60-10-2

In the experiment, we used three layers MLP classifier. In the training, the well known error back-propagation algorithm is used. The number of input nodes is set equal to the number of features, and the number of output nodes is set equal to the number of classes.

We used a five-fold cross validation schema for the performance evaluation and stop the training when RMSE, which is evaluated by validation set, undergoes five consecutive increases.

2. Result Analysis

The experimental results are summarized in Table 3. The table shows the Best, Worst, and Average performance and the number of selected features with respect to the data sets and the feature selection methods.

The usefulness of feature selection can be easily verified with the experimental result. The performance with respect to the classification rates and the number of features in the table shows that the feature selection by CGA or QGA is superior to non-feature selection without regarding to the data sets.

Table 3. Comparison of the Non-feature selection and feature selection by CGA and QGA

			NFS	FS	
				CGA	QGA
Pima-Indians	Performance	B.	83.66	84.31	84.97
		W.	71.90	70.59	70.59
		A.	76.47	77.65	77.91
	Number of features		8	4.6	4.6
Segmentation	Performance	B.	99.57	100	100
		W.	98.70	98.27	99.13
		A.	99.31	99.48	99.65
	Number of features		19	9.4	8
WDBC	Performance	B.	98.23	100	100
		W.	92.04	96.46	96.46
		A.	96.64	98.58	98.78
	Number of features		30	11.6	12.4
Waveform-Noise	Performance	B.	61.10	84.80	83.20
		W.	58.00	60.40	78.00
		A.	60.00	78.54	80.52
	Number of features		40	21.4	19.2
Sonar	Performance	B.	82.93	95.12	95.12
		W.	70.73	63.41	63.41
		A.	76.10	80.49	84.39
	Number of features		60	31.6	34.0

(NFS: Non-Feature Selection, FS: Feature Selection, B: Best, W: Worst, A: Average)

When we compare the performance between CGA and QGA, some tendencies are found. For the case of Segmentation, WDBC, and Sonar data, QGA's average

performance is better than CGA's although the best performance of QGA and CGA are identical. The number of features is smaller than of CGA, but the only exception is the case of sonar data. The average and best classification rates of QGA are superior to those of CGA in every respect for the case of Pima-Indians.

As for the average classification rates, QGA is superior to CGA for all experimental data. The performance difference between CGA and QGA is more evident as the number of features becomes larger. In case of Pima-Indians data which have 8 features, the difference between CGA (77.65%) and QGA (77.91%) is only 0.26%. However, in case of Sonar data which have 60 features, the difference between CGA (80.48%) and QGA (84.39%) is 3.9%. Therefore, we could say that the more a data set has features, the better performance it shows.

IV. Conclusion

QGA is based on the concept and principles of quantum computing such as Q-bits and superposition of state. QGA is known to have an excellent ability of global search due to its diversity caused by the probabilistic representation, and it could approach better solutions than CGA's in a short time.

In this paper, we applied QGA and CGA to compare them for feature selection. The experimental result using UCI data sets shows that QGA is superior to CGA in terms of the classification rates and the number of features on the average. It means that QGA could be used as a promising alternative to CGA for feature selection.

Acknowledgement

This work was supported by Ministry of Culture, Sports and Tourism (MICST) and Korea Creative Content Agency (KOCCA) in the Culture Technology (CT) R&D Program 2011.

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology(2011-0009213)

References

- [1] I.-S. Oh, J.-S. Lee, and B.-R. Moon, "Hybrid Genetic Algorithms for Feature Selection," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 26, No. 11, pp. 1424-1437, 2004.
- [2] J. Holland, *Adaptation in Nature and Artificial Systems*, MIT Press, 1992.
- [3] K.-H. Han and J.-H. Kim, "Quantum-inspired evolutionary algorithm for a class of combinatorial optimization," *IEEE Trans. Evolutionary Computation*, Vol. 6, pp. 580-593, 2002.
- [4] K.-H. Han and J.-H. Kim, "Quantum-inspired evolutionary algorithms with a new termination criterion, H_c Gate, and two phase scheme," *IEEE Trans. Evolutionary Computation*, Vol. 8, No. 2, pp. 156-169, 2004.
- [5] T. Hey, "Quantum Computing: an introduction," *Computing & Control Engineering Journal*, pp. 105-112, 1999.
- [6] <http://archive.ics.uci.edu/ml/>

저 자 소 개



허기수

2000년 전북대학교 기계공학부 산업
공학과 학사 졸업.

2004년 전북대학교 정보과학 컴퓨터
정보 석사 졸업.

2009년 전북대학교 컴퓨터정보학과
박사 졸업.

2011년~현재: 한국전자통신연구원
선임연구원

<주관심분야: 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터비전>



정현태

1993년 충남대학교 전자공학과 학사
졸업.

1995년 충남대학교 전자공학과 석사
졸업.

1995년~2000년 삼성중공업 중앙연구
소 연구원

2001년~현재: 한국전자통신연구원
선임연구원

<주관심분야: 웨어러블컴퓨팅, 비전기반 사용자 인터
페이스>



박아론

2006년 전남대학교 전자컴퓨터정보통
신공학부 학사 졸업.

2008년 전남대학교 전자공학과 석사
졸업.

2012년 전남대학교 전자컴퓨터공학과
박사 졸업.

<주관심분야: 디지털 신호처리, 의료
통신 음성관련 신호처리, 패턴인식>



백성준

1989년 서울대학교 전자공학과 학사
졸업.

1992년 서울대학교 전자공학과 석사
졸업.

1999년 서울대학교 전자공학과 박사
졸업.

2002년~현재: 전남대학교 전자컴퓨
터공학과 교수

<주관심분야: 디지털 신호처리, 의료 통신 음성관련
신호처리>

스마트 디바이스 기반의 농업환경관리 지원 서비스

(An Implementation of the management support service for agricultural environment using Smart Devices)

강현중*, 이준욱*, 강성수*
(H.J. Kang, J.W. Lee, S.S. Kang)

요약

IT 기술의 발전은, 우리사회의 다양한 산업 분야에 적용 되어 우리의 삶을 보다 효율적이고 생산적으로 바꾸고 있다. 농업IT는 이러한 IT기술을 농업에 적용하여 작물의 생산량과 품질을 향상시키며, 소비자로 하여금 믿을 수 있는 생산, 유통 정보를 제공하는 기술이다. 오늘날 RFID/USN의 등장은 농산물과 연관된 생장, 환경 정보의 수집을 가능하게 하고 각종 환경센서 등을 통해 수집된 디지털 정보는 누적, 분석 등을 통해 이상기후 예측, 병해충 예찰, 작물의 생산성 향상 및 균일 생산 보장 등을 위해 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 이러한 RFID/USN 기술을 기반으로 저전력 센서네트워크와 미들웨어, 생장관리 플랫폼을 통해 모바일 환경에서 재배 환경 정보의 지속적 모니터링 및 각종 생장 데이터의 수집 및 전송, 각종 작업정보의 교환이 가능하게 함으로써 재배자에게 보다 효율적으로 생장환경을 관리할 수 있는 시스템을 제안한다.

■ 중심어 : | 농업 IT | 생장 관리 | 스마트 와이너리 |

Abstract

With the development of RFID and USN technology, kinds of services are appeared and industrialized to maximize management, maintenance and efficiency of production. In the agricultural field, it is important to increase productivity and quality of food by managing growth environment of plants. In this paper, to apply IT technology to agriculture, we present a mobile service application called WiSEMobile which support growers to monitor and manage the information in the field from remote sites. By using the service with mobile devices, farmers can monitor the change of environment with data from sensor nodes, manage and exchange kinds of data gathered by farmers in the field.

■ keyword : | Agriculture-IT | Growth management | Smart Winery |

I. 서 론

농업IT는 기존의 농업현장에 다양한 IT 기술을 융합하여, 생장환경에서 일어나는 작물의 생장변화, 기후변화, 토양 수분상태, 일사량, 이산화탄소 등의 각종 환경정보를 수집하여 디지털화하고 누적한다. 그리고 디지털화된 수집정보를 작물 생장과 관련된 각종 생장 예측 및 분석 알고리즘에 적용하며, 추출된 결과 값으로 각종 위험 요소를 사전에 인지하여 대처할 수 있도록 사용자에게 의사결정지원 정보를 제공하거나 작물의 생장과 품질을 최적화하도록 물리적 장치들을 제어하는 기술이다. 또한 이러한 디지털 정보는 생산뿐만 아니라, 유통, 가공, 구매 등의 전 과정에 걸쳐 태깅되고 적용되어 작물의 안정성, 생산, 품질 관리 등을 위해 활용되고 있다.

최근, 스마트 단말의 등장은 빅데이터, 클라우드, 소셜미디어 등에 붐을 일으키며, 우리 주변의 정보를 보다 쉽고, 빠르며, 다양하게 생성하고 공유할 수 있게 해 주었다. 사용자들은 각종 스마트 단말을 통해 자신의 위치, 위치정보가 포함된 이미지 정보, 멀티미디어 기반 텍스트메시징 등을 언제 어디서나 수집하고 전달하는 것이 가능하게 되었다. 농업환경에서도 각종 농업생장환경 정보를 수집하고 사용자에게 전달하며, 수집된 생장정보를 각종 스마트 기기를 통해 공유하고, 각종 관찰 정보를 위치 정보 등을 기반으로 관찰할 수 있도록 발전하고 있다 [1][2][3][4].

본 연구에서는, 고부가가치 농산물인 포도밭에 저전력 센서네트워크를 설치하고, 미들웨어 및 생장관리 플랫폼을 기반으로 스마트 단말을 통해 각종 센서 정보를 어디에서나 모니터링 하

* 정회원, 한국전자통신연구원

본 논문은 지식경제부 산업원천기술개발사업으로 지원된 연구임(10035262, USN기술을 활용한 원예 작물의 품질 향상기술 개발)

접수번호 : #2012-02-21-0005

접수일자 : 2012년 02월 21일

심사완료일 : 2012년 03월 23일

교신저자 : 강현중, e-mail : kanghj@etri.re.kr

고, 각종 생장관리를 효율적으로 수행할 수 있는 스마트 디바이스 기반의 농업환경 관리 솔루션을 제안한다.

II. 농업 환경 관리 지원 서비스

1. 와이너리 관리 솔루션

포도는 와인을 만드는 고부가가치 농산물로써, 세계적으로 프랑스, 이탈리아 등을 시작으로, 칠레, 남아공, 호주, 미국, 중국 등 전 세계적으로 재배되고 있다. 미국은 50여 년 전부터 본격적으로 와인산업이 활성화 되어 왔으며, 그 중 나파밸리(Napa Valley)는 70년대 프랑스와의 블라인드 테스트를 우승하며, 세계적으로 유명한 지역이 되었다. 그 명성에 걸맞게, 나파밸리 인근에는 U.C. Davis 라는 포도재배 등 농업연구로 유명한 대학이 위치하고 있으며, Crossbow 사 [5] 는 센서네트워크를 이용해 포도밭을 모니터링하는 솔루션인 eKo 제품을 나파밸리에서 3년에 걸쳐 테스트 하고 상용화 하였다. 또한, Fruition Science [6] 등의 기업은 작물의 수액흐름 센싱, 웨더스테이션 정보 등을 통해 작물에게 적절한 관수예측 정보를 사용자에게 알려주며, 다양한 작업관리 정보를 기록하고, 다수의 수집데이터를 비교할 수 있는 의사결정 지원 도구를 제공한다. ETRI에서는 2009년도부터 미국 나파밸리 지역에 ㈜동아원과 공동으로 스마트 와이너리 기술을 개발하고 있다. '스마트 와이너리' 기술은 기존의 포도밭, 와이너리 등으로 구분된 상용 솔루션을 보완하여, 포도의 재배단계에서부터 와인의 숙성단계에 이르는 와인 생산 전 단계에 RFID 및 USN 기술을 접목하여 포도밭 및 와인 숙성 환경의 모니터링과, 재배자 의사결정 지원, 와인 숙성 활동 관리, 각종 생산 자원 관리 등을 지원하는 생장관리 기술이다. [7]

가. 스마트 포도밭 관리 솔루션

스마트 포도밭 관리 솔루션은, 4가지 계층으로 구성되어 있다. 그 첫 번째는 저전력 기반의 센서네트워크 이다. 센서네트워크는 여러 개의 센서 인터페이스를 가지고, 저전력으로 구동되는 센서노드와 센서노드로부터 수집된 센서데이터를 수집하고 주기적으로 생장관리 플랫폼과 통신하여 이를 전달하는 게이트웨이로 구성되어 있다. 또한 각종 이미지 정보의 수집을 지원하는 카메라 장치도 센서에 포함된다. 수집된 센서데이터는 안정적으로 서버로 전달되는 것이 중요한데, 갑작스런 네트워크 단절 등에 대비해, 게이트웨이는 6개월 이상의 센서데이터를 임시적으로 보관할 수 있는 저장 공간도 구비하고 있다.

두 번째는 생장관리 플랫폼이다. 생장관리 플랫폼은 주기적으로 현장 게이트웨이와 통신하여, 수집된 데이터를 시스템에 저장한다. 본 서비스를 위한 플랫폼은 ETRI에서 개발된 USN 미들웨어플랫폼 [8] 이 이용 되었다. 기존의 USN미들웨어플랫폼

은 Enterprise 레벨을 지원하는 솔루션으로, 농업현장에 이용하기 위해 경량화를 진행하였다. 여기에, 생장관리 서비스를 위한 생장/생육 정보의 분석 및 의사결정 지원 기능을 수행하도록 설계, 개발되었다.

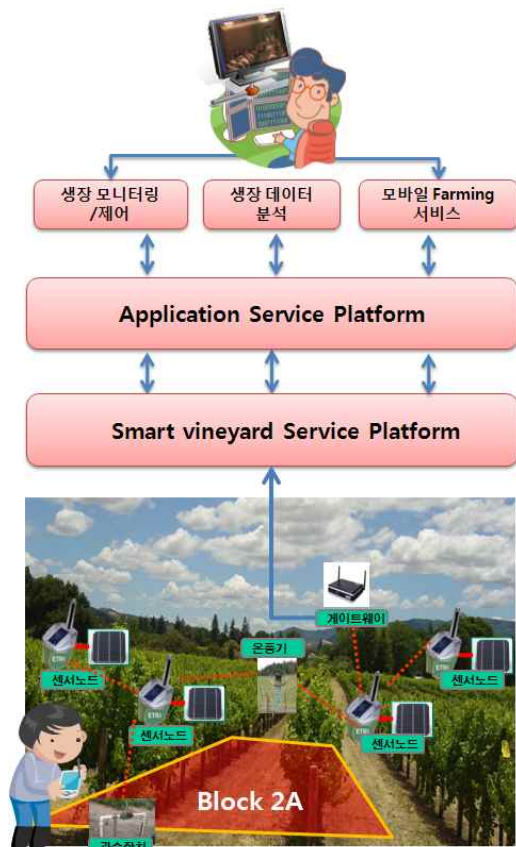


그림 1. 스마트 Vineyard 관리 솔루션

세 번째는 응용서비스로써, 생장관리 플랫폼과 통신하여 각 사용자의 응용에서 요청되는 정보를 가공하고 전달하는 기능을 수행한다.

마지막으로 응용계층이 있으며, 여기에는 현장 센서데이터를 모니터링하고, 센서네트워크의 설치, 관리, 각종 재배구획 정보의 생성 및 업데이트를 지원하는 포도밭 모니터링 응용이 있다. 그리고 다른 응용으로는 생장관리 플랫폼을 통해 지식베이스에 누적된 각종 생장정보를 차트, CC Map(Color Coded Map), 의사결정지원 쿼리 등을 통해 가시화 하여 의사결정을 지원할 수 있는 기능을 수행하는 포도밭 의사결정 지원 응용이 있다. 마지막으로 사용자가 이동 중에도 각종 생장환경의 센서데이터를 모니터링하고, 현장에서의 관찰, 측정 정보를 기록 및 업로드하며, 재배자간에 업무요청 정보를 실시간으로 전달하고 작업진행 상태를 업데이트 하는 모바일 Farming 서비스 응용이 있다.

나. 스마트 포도밭을 위한 모바일 솔루션

스마트폰의 등장은 소셜미디어의 확산을 이끌었을 뿐만 아니라, 농업 환경에도 변화의 바람을 일으키고 있다. 특히, 고부가가치 와인을 생산하는 포도부분에 있어서는, 다양한 현장 작업에 스마트폰을 이용하고 있으며, 각종 정보를 생성하고 전달하는데 중요한 역할을 하고 있다. 이러한 스마트폰의 이용 증가가 가능한 것은 기존의 각종 포도밭 관리 솔루션들이 Stand-alone 방식에서 Internet 기반의 서비스로 변경 되고 있음이 그 첫 이유이다. 기존의 사용자는 각종 업무를 자신의 데스크탑에서 처리하였으며, 이는 비실시간성이었다. 사용자는 데스크탑에 저장한 정보를 일일이 종이로 출력하여 현장으로 이동하고, 현장에서 기록 또는 변경된 정보를 배치 형식으로 사무실에 돌아온 후에 다시 처리 해야만 했다. 그러나 가격이 저렴하고, 소프트웨어 업데이트, 기능 확장, 성능, 장비 추가 등이 용이한 클라우드 기반의 인터넷 서비스로 서비스제공자들이 이동하기 시작하였고, 인터넷이 되는 곳이면 어디에서든 포도밭 관리 솔루션에 접근할 수 있게 되고 있다. [9]

여기에, 스마트폰이 제공하는 기본적 편리성이 그 두 번째 이유이다. 스마트폰의 보급이 늘어남에 따라 많은 사람이 이를 통화에 이용한다. 스마트폰을 위한 농업관리 앱이 등장하고 설치될 수 있는 환경이 조성된 것이다. 여기에, 스마트폰이 가지고 있는 인터넷 연결 모듈은 서비스 기반의 농장 관리 솔루션이 스마트폰과 연결 될 수 있게 해 주고, GPS, 카메라, 블루투스 등의 다양한 장치들은 지도를 기반으로 사용자의 위치를 각종 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index), Soil Map 정보와 함께 보는 것을 가능하게 하였으며, 각종 질병 사진, 작업 예시 사진 등을 촬영하여, 작업자와 공유할 수 있도록 해 준다. 또한 블루투스, WiFi 등의 무선통신 장치는 각종 Reader 장비들과 통신할 수 있도록 하여 재고관리, 작업자 근무관리, 바코드/RFID 리더 등 외부 장비와의 연동 등의 확장성을 제공한다.

Ⅲ. 스마트 단말 기반의 농업 환경 관리 지원 솔루션 개발

1. 모바일 서비스 기능

스마트 와이너리를 위한 모바일 솔루션의 개발을 위해, 미국 현지의 Winemaker, Enologist 및 Farming 업체 컨설턴트 등 으로부터 다양한 요구사항을 수집하였다. 이후, 다수의 원격회의와 방문 협의 등을 통해, 사용자 서비스 기능에 대한 구체적 요구사항의 수립 및 수정이 이루어졌다. 이러한 요구사항을 반영하여, 모바일 서비스는 아래 그림과 같이, 작업자가 이동 중에 각종 생장 환경정보를 모니터링 하고 작업관리 정보를 수집할 수 있는 기능을 포함하고 있다.

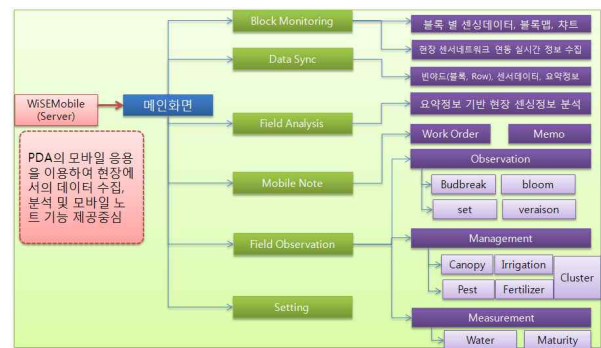


그림 2. 모바일 서비스 기능

2. 모바일 서비스 서버

스마트 단말로 모바일 서비스를 제공하기 위해 서버는 다양한 인터페이스를 제공한다. 각 인터페이스는 사용자의 요청에 따라 저장소를 검색하고, 결과 값을 XML 형태로 제공한다. 서비스 서버는 다음과 같은 인터페이스를 포함하고 있다.

표 1. 모바일 서비스를 위한 인터페이스

인터페이스 명	관련 정보
로그인	사용자 ID, PW에 대해 확인 결과 리턴
Vineyard 권한정보요청	사용자가 접근 가능한 포도밭인지 결과 값 리턴
현재 센서데이터 요청	최대값, 최소값, 가장 최근에 저장된 센서값을 리턴
Vineyard List 요청	등록된 포도밭 정보 리턴
Camera List 요청	등록된 카메라 정보 리턴
Block List 요청	포도밭에 포함된 블록정보와 각 블록의 경계정보 리턴
Node List 요청	포도밭에 포함된 블록정보와 각 블록에 포함된 센서노드 및 센서노드의 위치 정보 리턴
Row 개수요청	각 블록 별 Row의 개수값 리턴
사용자 List 요청	서버에 등록된 사용자정보
Category List 요청	Vineyard/Winery
Group List 요청	작업/관찰/관리/측정그룹정보
Item List 요청	관찰/관리/측정그룹에 속한 아이템 항목 정보 리턴
Unit List 요청	각 아이템 별 측정 단위 정보 리턴
Action Item List 요청	작업그룹에 속한 아이템 항목 정보 리턴
NDVI Map 정보요청	NDVI 이미지경로, NDVI이미지의 위치 정보셋 리턴

2. 모바일 서비스 응용의 세부 기능

가. 블록 모니터링 기능

블록 모니터링은 포도밭 내의 블록에 설치된 센서노드가 서버로 전송하는 센서데이터를 모니터링 할 수 있는 기능이다. 스마트 단말 응용이 블록 모니터링을 위해서는 다음과 같은 과정이 필요하다. 먼저 센서노드가 설치된 블록 정보를 확인하고, 센서노드 별 센서타입 정보를 호출한다. 센서타입정보에는 각 센서가 속한 그룹 정보를 포함 하고 있다. 그룹에는 Weather, Water, Soil, Node status 가 있다. 센서데이터는 또한 차트 형태로도 제공된다. 사용자는 1일, 1주일, 월간 및 특정 기간 범위에 대해 각 센서 별로 그 변화 추이를 그래프로 확인할 수 있다. 다음으로, NDVI Map 은 각종 토양 및 환경정보에 따른 작물의 생육 상태를 확인할 수 있는 이미지이다. 이러한 NDVI Map 위에 사용자 위치를 표시하여, 사용자는 각 위치별로 NDVI Map 정보와 작물의 생장 상태를 확인하여 이에 따른 조치, 작물 샘플링 등을 진행하는데 기초정보로 활용할 수 있다.

나. 관찰/관리/측정 정보 수집 기능

포도밭 내에 설치된 다수의 블록은 매 작업, 관찰, 측정 시에 생성된 정보를 기록하고 보고한다. 이러한 정보의 누적을 통해, 각 블록 별로 작물의 생장 상태나, 관리 이력 등을 확인할 수 있다. 하지만, 기존에는 사용자가 각 블록 별로 일일이 데이터를 저장하거나, 기록된 정보를 엑셀 형태로 만들어 업로드 하는 형태였다. 스마트 단말 응용은 이러한 관찰, 관리 및 측정 정보를 멀티블록 기반으로 작성할 수 있도록 지원한다. 따라서 작성자는 손쉽게 측정된 정보를 기록하고 서버로 전달할 수 있다.

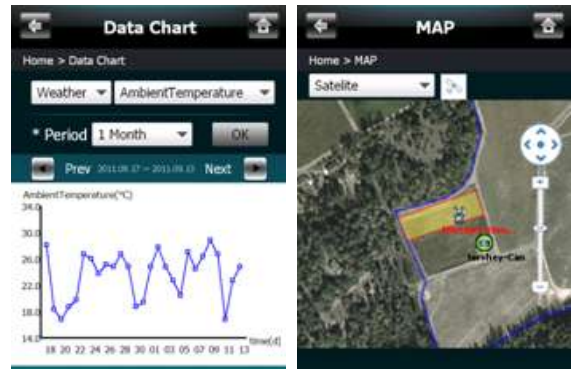
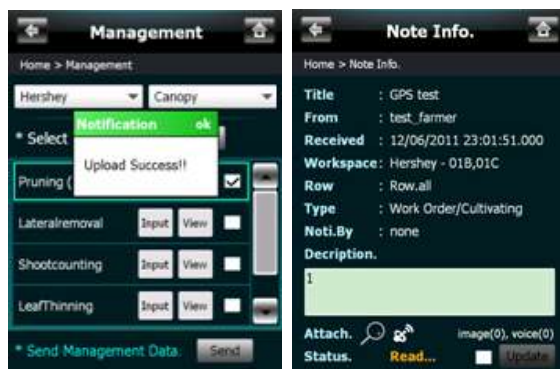


그림 3. 스마트 Vineyard 서비스 UI

다. 작업요청정보 교환 기능

본 서비스에서는 작업자 간에 기존에 종이형태로 제공되었던 포도밭, 블록, 작업명, 작업프로토콜 등의 작업요청 정보를 메시지 형태로 교환할 수 있도록 구현 하였다. 또한, 위치, 음성, 이미지 정보 등을 추가하여 전달 할 수 있는 기능을 설계 및 개발 하였다. 이를 통해 작업 지시자와 작업자 사이에 효율적으로 요청정보가 교환 되며, 작업요청 정보에 대한 구체적 프로토콜 등을 다양한 방법으로 제공하여 작업자의 실수 등을 방지할 수 있다. 또한 현장에서, 작업자는 자신에게 할당된 작업 정보를 확인 하고, 작업의 진행 상태를 단계적으로 업데이트 할 수 있어, 원격에서 작업 진행정보도 보고할 수 있다. 그리고 작업요청 정보의 교환은 다수의 대상에 대해 동시 발송 되고, 이메일, 문자 메시지 등을 통해 해당 요청정보의 발송여부도 전달 할 수 있다.

IV. 서비스 테스트

1. 모바일 서비스 테스트

가. 테스트베드

스마트 와이너리를 위한 포도밭 솔루션의 테스트베드는 미국 나파밸리에 위치한 포도밭에 설치되었으며, 현재도 테스트를 진행 중에 있다. 현장에는 ETRI에서 자체 개발한 저전력 MAC 프로토콜 [10] 이 설치된 5기의 센서노드가 설치되어 있다. 그리고 각 센서노드의 위치는 Winemaker의 추천에 따라, 환경정보의 특색이 분명한 지역이 선정 되었다. 각 센서노드는 태양광을 이용해 자체 전원으로 구동된다. 그 외에 테스트베드에 설치된 장비는 웨더스테이션, 카메라, 게이트웨이 등이 있다.

나. 모바일 서비스 기능 테스트

테스트를 위한 단말은 Windows Mobile 기반의 PDA가 이용 되었다. 산 속 깊이 위치한 포도밭에서, 진행된 1차 테스트에

서는 현장 작업자 등이 소유한 모든 단말이 데이터통신이 불가 하였으며, 테스트단말 또한 데이터 통신이 불가 하였다. 이러한 1차 테스트 결과를 반영하여, 스마트 단말은 각종 정보의 기록 및 생성이 오프라인 상에서도 이용 될 수 있도록 수정 되었다.

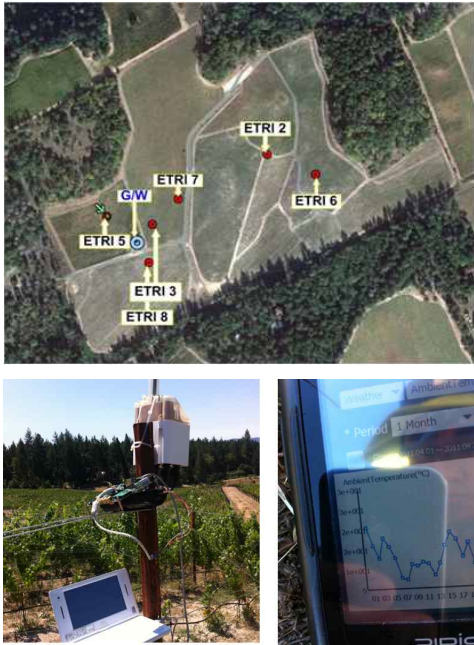


그림 4. 스마트 Vineyard 서비스 테스트베드

다. 수집정보 기반 분석

포도밭에서 사용자가 관찰, 관리, 측정된 정보는 스마트 와이 너리 서비스의 또 다른 기능인 의사결정지원서비스에서 센서데이터와 즉각적으로 비교할 수 있다. 재배자는 현장에서 수집된 작물의 생장 변화 추이 또는 특정 측정 정보의 변화 추이, 각종 작업 기록의 변화 추이 등을 센서데이터와 함께 비교해 볼 수 있다. 이러한 기능을 스마트 와이너리 서비스에서는 연관 분석이라 하며, 의사결정 지원을 위한 분석에 이용 될 수 있다. 이러한 관찰, 관리 측정 정보의 입력에 대해, 테스트를 통해 사용자가 단 시간에 다수의 블록을 관찰하고 정보를 기록함을 확인 하였으며, 이를 반영하여, Multi-block에 대해 동일 정보를 동시에 입력하고, 서버로 전달하는 기능으로 보완 하였다.

V. 결 론

본 솔루션을 통해 다양한 농업환경 정보의 수집이 가능함을 확인할 수 있었다. 사용자는 스마트 단말 기반의 본 서비스를 이용함으로써, 어디에서나 위치기반으로 작업관리 정보를 기록하고, 서버로 전달할 수 있으며, 사용자간 작업요청 정보를 실시간으로 교환하고 업데이트 할 수 있다. 본 서비스는 현재도 계속 테스트를 진행 중이다. 2012년도 작기가 시작되는 2월부터

는 현지의 재배자가 실제로 서비스를 이용하며 피드백을 제공할 예정이며, 이를 반영하여 시스템을 보완할 예정이다. 또한 인터페이스를 이용하여 안드로이드 기반의 스마트폰 등으로 이용 가능 단말을 확대하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] Premiere Vision : <http://www.premierevit.com>
- [2] Metistem : <http://www.meristemtech.com>
- [3] Pacific Geodata : <http://www.pacgeodata.com>
- [4] Matthieu Grossetete, Yannick Berthoumieu, Jean-Pierre Da Costa, Christian Germain, Olivier Lavialle, Gilbert Grenier "A new approach on Early Estimation of Vineyard Yield: Site specific counting of berries by using a Smartphone", *European Conference on Precision Agriculture*, Prague : Tchèque, République (2011).
- [5] Crossbow : <http://www.crossbow.com>
- [6] Fruition Science : <http://www.fruitionsiences.com>
- [7] 강성수, 김세한, 이준욱, 강현중 "USN 기반 농업 IT 융합기술 동향, 스마트 서비스 시대의 IT 융합 기술 특집", *전자통신동향분석*, 26권 6호, 2011.
- [8] Marie Kim et al. "COSMOS: A Middleware for Integrated Data Processing over Heterogeneous Sensor Networks," *ETRI J.*, vol. 30, no.5, Oct. 2008.
- [9] Paul Frason "Smartphones invade vineyards: mobile apps have started to transform viticulture", *Wines & Vines*, July, 2011.
- [10] Noseong Park, Bong Wan Kim, Yoonmee Doh, Jongarm Jun "A Multi-Access Asynchronous Low-Power MAC based on Preamble Sampling for WSNs", *Computers and Communications (ISCC), 2011 IEEE Symposium on*, pp445-450, July, 2011.

저 자 소 개



강현중(정회원)

2005년 순천대학교 정보통신공학과
학사 졸업.

2009년 순천대학교 정보통신공학과
석사 졸업.

2009년~현재 한국전자통신연구원 융
합기술연구부문 근무.

<주관심분야 : RFID/USN, 서비스플랫폼, 상황인지>



이준육

1997년 충북대학교 전기, 컴퓨터공학
과 석사 졸업.

2003년 충북대학교 전기, 컴퓨터공학
과 박사 졸업.

현재 한국전자통신연구원 융합기술연
구부문 근무.

<주관심분야 : 센서데이터 마이닝, 위치기반 서비스,
상황인지, USN 미들웨어 플랫폼 개발>



강성수

1980년 3월 KAIST 전기 및 전자공학
과 졸업, 석사

1999년 8월 전북대학교 전자공학과
졸업, 공학박사

1980년 3월 ~ 현재: 한국전자통신연구
원 근무

<주관심분야 : Sensor Network Mobility, 농업 IT, 광
대역 네트워크>