

논문 2013-08-28

# 안드로이드 스마트폰 기반 Smart pH Reader 개발

## (Development of Smart pH Reader Based on Android Smart Phone)

김민지, 장병용, 주문갑\*

(Min J. Kim, Byoung-Yong Chang, Moon G. Joo)

Abstract : In this paper, we propose an implementation of pH reader on Android smart phone by using Eclipse and SDK. After taking a picture of pH spectrum and tested litmus paper at the same time, we save the picture. From the picture, reference values in RGB and YUB of all pH color in the spectrum are obtained and then those of a chosen point by user in the litmus paper are to be compared with. The distances between the reference colors and the litmus paper's color are measured by Euclidean distance in RGB or YUB coordinate. The nearest two pH values are taken to find the weighted average of the result. Series of test show the proposed scheme is feasible and has performance within 10% error.

Keywords : Android, Smart phone, pH reader, Eclipse, RGB, YUV

### 1. 서론

최근 세계적으로 스마트폰의 점유율이 증가하고 있는 추세이다. 보통 피쳐폰과 다르게 단말기에 OS가 포함되어, PC에서 가능한 수많은 작업들이 스마트폰 내에서도 구현가능하기 때문이다[1, 2]. 이러한 측면에서 스마트폰의 고성능화, 분야의 다양성, 휴대성, OS의 특성에 주목한다.

첫째로 스마트폰의 고성능화와 고용량 메모리의 증가에 따라 음악, 동영상, 사진과 같은 다양한 멀티미디어 파일이 컴퓨터뿐만 아니라 스마트폰에 사용된다[3].

둘째, 수많은 멀티미디어들은 스마트폰을 위한 어플리케이션으로 변화하면서 다양한 분야에 적용할 수 있게 되었다[4]. 예를 들면 스마트폰에 의료 분야를 접목시킨 심진도 측정 시스템이나 옥창 방지를 위한 체압 모니터링 시스템, 멀티미디어 분야

를 접목시킨 위치정보 메모 프로그램과 취업정보 알림이 시스템 등이 있다[5-8]. 스마트폰 어플리케이션은 사용자가 요구하는 목적에 따라 다양한 분야로 확장시켜 개발할 수 있는 장점이 있다.

셋째, 사용자가 스마트폰을 소지하고 있다면 언제 어디서나 다양한 분야의 응용 어플리케이션을 사용할 수 있다. 항상 휴대하고 있는 휴대전화기에서 컴퓨터의 기능까지 확장시켜 실외에서 전화뿐만 아니라 다양한 컴퓨터 작업까지 가능하게 해준다.

넷째, 스마트폰의 운영체제는 크게 안드로이드와 iOS등으로 나눌 수 있다. 안드로이드는 iOS, Windows phone OS, 블랙베리, 심비안, 바다 등을 제외한 나머지 모든 기기에 사용되는 개방형 플랫폼이다. 또한 다른 OS에 비해 보다 높은 점유율을 나타낸다. 이는 구글 검색엔진, 구글 맵 등 다양한 서비스의 장점을 보유하고 있기 때문이며, 개발자들에게 의해 주변기기와의 호환이 가속화되어지고 있다[9]. 그러므로 휴대용 측정기 개발을 위해 OS와 단말기를 안드로이드 스마트폰 장치로 사용할 것을 제안한다.

본 논문에서 제안된 안드로이드 스마트폰 기반의 Smart pH reader는 스마트폰의 장점을 화학실험에 접목하여 개발하였다. 전자 pH 미터기가 없는 경우에 항상 휴대하고 있는 스마트폰으로 시료의 pH 값 측정을 가능하게 한다. 리트머스 종이만 있다

\* Corresponding Author (gabi@pknu.ac.kr)

Received: 20 Mar. 2013, Revised: 19 Apr. 2013.

Accepted 7 May 2013.

M.J. Kim, B.Y. Chang, M.G. Joo: Pukyong National University

※ 이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비 (2013년 : 0540)에 의하여 연구되었음

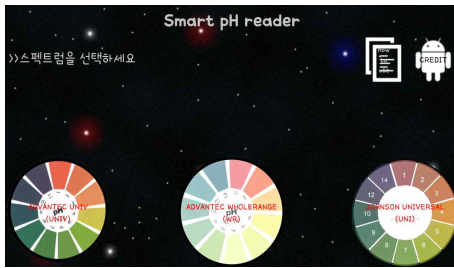


그림 1. Main 화면  
Fig. 1 Screen of Main

면 값비싼 전자 pH 미터기가 없더라도 디지털화 된 pH 결과값을 도출해낼 수 있다[10]. 그리고 저장된 사진파일을 불러와 분석함으로써 언제든지 pH 값 측정이 가능하다.

참고한 논문[10]에서는 사진에 저장된 RGB 포맷을 HSV 포맷으로 변환한 후 H인 색조를 이용하여 pH 값을 측정한다. 본 논문에서는 [10]에 사용된 HSV 포맷을 사용하지 않고, RGB와 YUV 포맷을 사용하여 RGB, YUV 값의 평균 pH 값을 구한다.

## II. 개발 및 알고리즘

### 1. Smart pH reader 개발

리트머스 종이는 여러 가지 종류가 있다. 동일한 시료를 테스트하면 리트머스 종이의 종류에 따라 다른 색상으로 변한다. 시료에 의해 변한 리트머스 종이의 색상을 pH 마다 각각의 색으로 정의해놓은 스펙트럼과 비교하여 시료의 산도를 알 수 있다.

개발된 Smart pH reader는 3가지의 리트머스 종이(스펙트럼)를 지원한다. 그림 1에서 첫 번째는 Univ(Advantec univ), 두 번째는 Wr(Advantec whole range), 세 번째는 Uni(Johnson Universal) 스펙트럼이다. 시중에서 판매하는 다양한 스펙트럼 종류에서 세 가지 스펙트럼을 선택한 이유는 각각의 스펙트럼이 나타내는 pH 범위가 다르고, 동일한 시료를 적신 리트머스 종이의 색이 리트머스 종이(스펙트럼) 종류에 따라 다르기 때문이다. 이러한 다양성을 고려하여 pH 1~11의 범위를 나타내는 Univ, pH 0~14의 범위를 나타내는 Wr, pH 1~14의 범위를 나타내는 Uni 스펙트럼을 사용하게 되었다. 본 논문에서는 Univ 스펙트럼을 기준으로 서술하였다.

pH 값을 구하기 위하여, 스펙트럼과 시료를 적

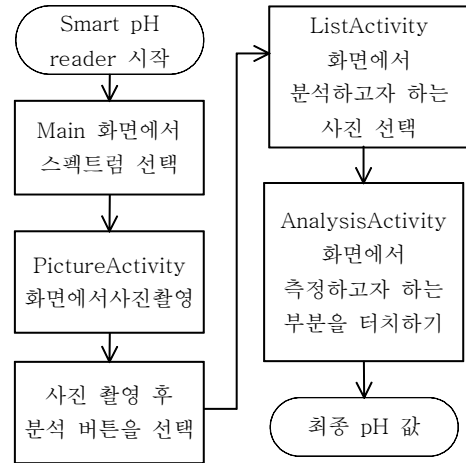


그림 2. Smart pH reader의 동작 순서  
Fig. 2 Screen of AnalysisActivity

신 리트머스 종이를 동시에 촬영한다. 이는 촬영한 사진의 스펙트럼을 기준으로 pH 1~11까지의 대표 색상 값과 사용자가 터치한 시료를 적신 리트머스 종이 부분의 색상 값과 비교하기 때문이다.

색상 포맷은 RGB, YUV, HSV이 있는데, pH 값을 구하는데 최적의 포맷을 구하였다. pH 값 분석 알고리즘은 기준 pH의 색상 값과 분석하고자 하는 부분의 색상 값과의 거리를 구하여 가장 가까운 거리인 pH 값을 기반으로 최종 pH 값을 구하는 것이다. HSV 포맷의 Hue는 각도를 사용하여 색체를 판단하는데 거리를 사용하여 pH 값을 구하는 분석 알고리즘을 적용할 시 RGB 포맷과 YUV 포맷에 비해 실제 pH 값에 대부분 적중하지 않았다. 연산이 많아 계산 시간도 긴 HSV 포맷은 사용하지 않고 RGB 포맷과 YUV 포맷을 사용한다.

### 2. Smart pH reader 동작

그림 2는 Smart pH reader의 동작순서를 나타낸다. Smart pH reader가 시작하면 Main 화면에서 스펙트럼을 선택할 수 있다. PictureActivity 화면에서 스펙트럼을 선택한 후에 스펙트럼과 리트머스 종이를 촬영한다. 촬영 후 분석 버튼을 선택하면 과거부터 촬영한 사진들의 목록을 ListActivity 화면에서 볼 수 있다. 목록에서 분석하고자 하는 사진을 선택하면 AnalysisActivity 화면으로 이동하여 측정하고자 하는 부분을 터치하면 pH 결과값을 확인할 수 있다.



그림 3. PictureActivity 화면  
Fig. 3 Screen of PictureActivity



그림 5. AnalysisActivity 화면  
Fig. 5 Screen of AnalysisActivity



그림 4. ListActivity 화면  
Fig. 4 Screen of ListActivity

### 3. Activity 설명

액티비티는 사용자가 접근 가능한 포커스가 잡힌 하나의 화면을 뜻한다[11]. 액티비티는 또 다른 액티비티와 연결되어 있어 사용자가 다른 액티비티로 연결되는 액션을 취할 시 다른 액티비티로 이동하게 된다.

주요 액티비티는 4가지로 그림 1과 그림 3~5이다. 그림 1의 Main은 스펙트럼을 선택하는 첫 번째 액티비티이다. 이 액티비티에서 사용자가 사용할 스펙트럼을 선택하면 그림 3의 PictureActivity로 이동한다. PictureActivity에서 선택한 스펙트럼에 따라 반투명한 가이드라인이 생성된다. 사용자는 이 가이드라인 내부에 스펙트럼이 위치하도록 사진을 촬영한다. 사진촬영 후 오른쪽 상단의 pH 버튼을 누르면 그림 4의 ListActivity로 이동해 과거에 촬영했던 사진들의 목록을 불러온다. 이 액티비티에서 분석할 사진파일을 선택할 수 있다. 상단에는 최근에 저장된 사진의 파일 경로와 이름이 나타난다. 사진 파일을 선택하면 그림 5의 AnalysisActivity로 이동하게 된다. 시료가 적혀진 리트머스 종이부분을 터치하면 pH 결과가 그림 5의 오른쪽 상단에 나타난다. 그림 5의 스펙트럼 위에 위치하는 흰색의 네모난 지점을 샘플링하여 기준 pH의 RGB 값을 추출한다.

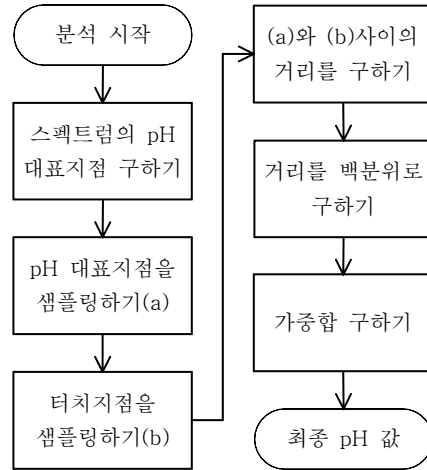


그림 6. 사진 분석 알고리즘  
Fig. 6 Algorithm of picture analysis

### 4. 사진저장과 불러오기 알고리즘

사진 촬영 시 카메라 미리보기 화면과 가이드라인을 생성하여 카메라를 구현했다. 파일 이름은 스펙트럼 이름과 촬영 날짜, 시간으로 저장한다. 그리고 스펙트럼 종류에 따라 사진의 저장 경로와 불러오는 경로가 달라진다. 스펙트럼을 Univ로 선택하면 사진 촬영 시 Univ에 해당하는 폴더에 사진이 저장된다. 사진 촬영 후 분석할 사진 파일을 선택할 때 Univ에 해당하는 폴더의 리스트를 불러온다.

### 5. 사진 분석 알고리즘

그림 6은 사진 분석 과정의 알고리즘이다. 첫 번째로 스펙트럼에서 색상의 기준 값을 설정하기 위해 스펙트럼의 pH 1~11에 해당하는 대표 좌표를 구한다.

그림 7은 Univ 스펙트럼에서 직교좌표계에서 극좌표계로 변환해 대표 pH 좌표를 설정하는 것을 나

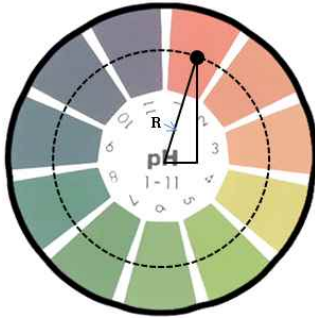


그림 7. 대표 pH 좌표 설정

Fig. 7 Coordinate setup of pH representatives

표 1. 스펙트럼의 대표 pH 좌표 (단위:pixel)

Table 1. Coordinate of spectrum's representative pH

pH	$x$ 좌표	$y$ 좌표
1	307	78
2	384	141
3	415	235
4	394	324
5	324	394
6	226	414
7	133	379
8	75	298
9	70	199
10	120	113
11	208	68

타낸다. R은 스펙트럼의 내부에 위치하는 원반지름을 뜻한다. 여기서  $x$  좌표는  $R \times \cos(\text{degree})$ ,  $y$  좌표는  $R \times \sin(\text{degree})$ 로 구한다.

이를 통해 표 1에서 스펙트럼의 대표 pH 좌표를 구한다. 극좌표계는 위치를 각도와 반지름의 길이를 사용하여 나타낸다. 각도 성분은  $0^\circ$ 에서 반시계 방향으로 켄 각의 크기를 뜻한다. 2차원 좌표계인 극좌표계에서 pH 3이 원점이기 때문에 각도 성분이  $0^\circ$ 인 (0, 0)을 기준하여 반시계 방향으로 대표 좌표를 구하게 된다. 스펙트럼에서 pH 1~11을 대표하는 색의 개수와 색 사이의 틈의 개수는 11개이다. pH를 대표하는 색은  $31^\circ$ , 틈은 약  $2^\circ$ 로 계산한다. 원점은 (240, 240)으로 두어 스마트폰의 디스플레이 해상도의 pixel 단위를 사용한다. 스펙트럼의 내부에 위치하는 원반지름은 175 pixel로 계산하여 표 1과 같이 좌표를 구할 수 있다.

샘플링은 대표 좌표를 중심으로  $8 \times 8$  크기의 정사각형 부분의 색상 값을 추출하였다. 시료가 적서

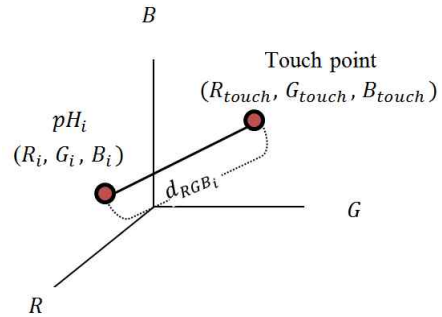


그림 8. 대표 pH와 터치한 지점 사이의 거리

Fig. 8 Distance between representative pH and touch point

진 리트머스 종이를 터치한 좌표를 중심으로  $8 \times 8$  크기의 정사각형 부분의 색상 값을 추출한다.

그림 8은 pH 1~11의 대표 좌표와 터치한 지점의 색상 값 사이의 거리를 구하는 것을 나타낸다. pH 1~11까지 대표 좌표 11개와 터치한 지점의 색상 거리는 다음 식 (1)로 구한다. 식 (1)과 그림 8에서  $x, y, z$ 는 pH 대표지점의 R, G, B나 Y, U, V에 해당한다. 본 논문에서는 RGB 값을 기준으로 설명한다.

$$d_{RGB_i} \quad (i = 1 \dots 11) \\ = \sqrt{(R_i - R_{touch})^2 + (G_i - G_{touch})^2 + (B_i - B_{touch})^2} \quad (1)$$

이전에 구한 거리를 이용해서 총 11개의 백분위를 식 (2)와 같이 구한다.

$$fitness_i = \frac{1}{1 + (d_{RGB_i})^2} \times 100 \quad (2)$$

구한 11개의 백분위 중에서 가장 큰 값 2개를 선택한다. 가장 큰 값 2개의 pH 값과 백분위 값을 이용하여 pH 가중합을 식 (3)과 같이 구한다.

$$pH = \frac{fitness_1^* \times pH_1^* + fitness_2^* \times pH_2^*}{fitness_1^* + fitness_2^*} \quad (3)$$

식 (3)에서  $fitness_1^*$ 는 백분위의 크기가 첫 번째로 큰 값이고,  $fitness_2^*$ 는 백분위의 크기가  $fitness_1^*$ 을 제외한 나머지 중에서 큰 값이다.  $pH_1^*$ 는  $fitness_1^*$ 에 해당하는 pH 값이고,  $pH_2^*$ 는  $fitness_2^*$ 에

표 2. Univ 스펙트럼의 RGB와 YUV의 실험 결과(단위:pH)

Table 2. Test result of Univ Spectrum by RGB value and YUV value

pH	RGB	YUV	평균
2.54	2.25	2.31	2.28
3.75	3.51	3.53	3.52
4	3.79	3.82	3.81
4.84	4.16	4.32	4.24
5.86	5.11	5.14	5.13
7	6.36	6.5	6.43
7.21	6.53	6.67	6.6
8.93	8.72	8.44	8.58
9.94	9.6	9.27	9.44
10.01	9.55	9.73	9.64

해당하는 pH 값이다. 알고리즘을 반복해 RGB 포맷을 YUV 포맷으로 변환하여 YUV 색상값을 사용해 pH 가중합을 구한다. 두 pH 가중합의 평균을 최종 pH 값으로 출력한다.

6. RGB 값을 YUV 값으로 변환

사진에서 추출된 RGB 값은 식 (4)를 사용하여 YUV 값으로 변환할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.3 \times R + 0.59 \times G + 0.11 \times B \\
 U &= (B - Y) \times 0.493 \\
 V &= (R - Y) \times 0.877
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

RGB 값으로만 구한 pH 값과 YUV 값으로만 구한 pH 값들 중 어느 하나가 우세하게 이론값과 같은 경우는 없다. 이와 같은 이유로 RGB 포맷과 YUV 포맷 중 하나의 값만 사용하는 것보다 두 개의 포맷을 사용하여 평균치를 이용하는 것이 오차율이 낮으므로 RGB 포맷과 YUV 포맷을 사용한다.

III. 실험 결과

각 스펙트럼에 따라서 RGB 값과 YUV 값을 사용해 pH 값을 각각 구하였다. 표 2는 Univ 스펙트럼에서 20번 동안 실행한 실험 결과의 평균값이다.

분석한 사진은 동일한 것을 사용하였고, 분석하는 리트머스 종이의 터치 지점 역시 동일하다. 표 2를 보면 RGB나 YUV 값 둘 중에 어느 하나가 독보적으로 시료의 pH 값과 유사하지 않고, 대등하게 시료 pH 값과 유사함을 알 수 있다. 그래서 다음 실험은 이번 실험에서 구한 RGB와 YUV 값의 평균

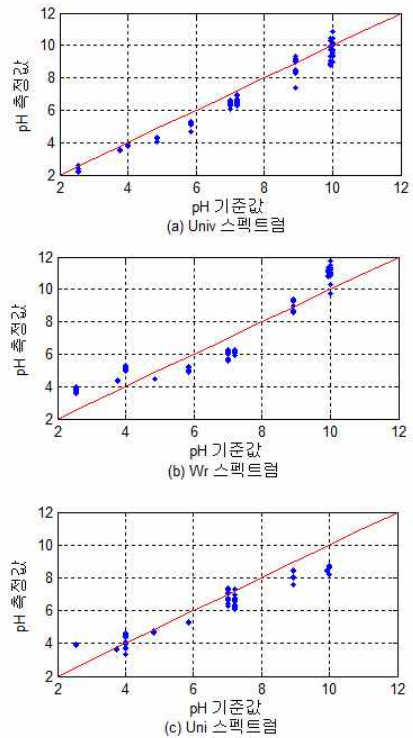


그림 9. RGB 값과 YUV 값의 평균

Fig. 9 Average of RGB value and YUV value (a) Univ Spectrum (b) Wr Spectrum (c) Uni Spectrum

값을 사용하여 최종 pH 값을 구하였다.

RGB와 YUV의 pH 값의 평균을 그림 9로 나타내었다. 테스트한 10개의 시료의 pH 값은 2.54, 3.75, 4, 4.84, 5.86, 7, 7.21, 8.93, 9.94, 10.01이다. 그림 9의 대각선을 기준으로 스펙트럼 3개와 그 평균 실험 데이터 값은 pH 기준값과 pH 측정값이 선형임을 나타낸다. 그림 9(a)는 Univ 스펙트럼을 사용한 결과이고 그림 9(b)는 Wr 스펙트럼을 사용한 결과이고 그림 9(c)는 Uni 스펙트럼을 사용한 결과이다.

실험 결과, 그림 9에서 보이는 바와 같이 Wr 스펙트럼은 pH 4, Uni 스펙트럼은 pH 2.54에 문제가 있었다. 문제의 이유는 리트머스 종이재질의 특성으로 강산성이거나 강염기성인 시료는 눈으로 판별하기 어렵기 때문이다. 그리고 스펙트럼이 나타낼 수 있는 pH 범위와 pH를 대표하는 색의 개수가 다르다. Univ는 pH 범위가 1~11이며 색의 개수는 11개이고, Wr는 pH 범위가 0~14이며 색의 개수는 1

1개이고, Uni는 pH 범위가 1~14이며 색의 개수는 12개이다. Univ는 pH 1~11을 대표하는 색이 각각 존재한다. 하지만 Wr와 Uni는 pH 0~14을 대표하는 색이 항상 존재하는 것은 아니다. 그래서 대표하는 색이 없는 pH 값이 존재하므로 Univ에 비해 보다 오차가 클 수밖에 없다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 이클립스를 사용하여 안드로이드 스마트폰 기반의 Smart pH reader를 구현하였다. pH 값을 분석하기 위해 pH 값을 결정하는 스펙트럼과 리트머스 종이를 동시에 촬영한다. 촬영한 사진에서 pH 1~11까지 해당하는 기준 값을 추출하고, 동시에 동일한 카메라와 환경에서 촬영된 리트머스 종이를 비교하기 때문에 카메라의 기종이나 환경의 영향을 받더라도 pH 값을 분석하는데 문제가 없다.

실험 시 리트머스 종이에 시료를 많이 적시거나, 적신 시간이 오래 되면 종이의 색이 변질된다. 이것은 리트머스 종이에 스포이트를 사용하여 시료를 떨어뜨리게 되면 시료의 용액이 액체이므로 표면장력에 의해 리트머스 종이의 중심부가 더 많은 시료를 가지게 된다. 이와 같은 점으로 인해 리트머스 종이 같은 시간, 같은 시료를 적셔도 적신 부분에 따라 균일한 결과를 나타내지 않는다. 그러므로 양질의 리트머스 종이를 사용하거나 시료를 적당량 적신 후 사진을 촬영하면 오차율의 개선을 예측할 수 있다.

본 논문에서 제안한 Smart pH reader는 스펙트럼의 종류가 3가지로 제한적이다. 스펙트럼이 없어도 pH 측정이 가능하지만 스펙트럼이 있는 경우보다 신뢰성이 낮기 때문에 향후 OpenCV와 JNI를 이용하여 스펙트럼에 관계없이 스펙트럼을 인식하고, 스펙트럼의 히스토그램을 그려 pH 대표지점을 찾아 분석할 수 있도록 할 예정이다.

#### References

- [1] J.H. Kim, "Google's android and android market," The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 7, No. 2, pp.29-36, 2009 (in Korean).
- [2] Y.C. Lee, C.M. Oh, J.W. Park, D.H. Song, C. W. Lee, "Android mobile platform based face recognition," Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 12, No. 2, pp.648-650, 2009 (in Korean).
- [3] K.H. Kim, J.H. Ha, J.P. Won, U.S. Lee, J.M. Kim, J.H. Son, "Design and implementation of an unified cursor considering synchronization on the android mobile platform," Journal of IEMEK, Vol. 6, No. 3, pp.190-199, 2011 (in Korean).
- [4] S.M. Kang, M.S. Kang, J.M. Kim, "A mulit-ble application on an android platform using a word tokenization and recognition algorithm," Journal of IEMEK, Vol. 6, No. 4, pp.215-221, 2011 (in Korean).
- [5] W.S. Kim, J.K. Kim, "Design of ECG measurement system based on android," Journal of Korean Society for Internet Information, Vol. 13, No. 1, pp.135-140, 2012 (in Korean).
- [6] A.R. Lee, K.B. Jang, "Development of the physical pressure monitoring system to prevent pressure ulcers," Journal of IEMEK, Vol. 6, No. 4, pp.209-214, 2011 (in Korean).
- [7] S.Y. Ko, N.H. Kim, D.W. Kim, K.Y. Jung, "Development of android based location information memo application," Journal of Information Communications Vol. 6. No. 1, pp.45-49, 2010 (in Korean).
- [8] H.S. Shin, J.H. Seo, S.J. Hong, Y.H. Cho, "System development for guiding job information based on android smartphone," Journal of KII S, Vol. 21, No.1, pp.115-116, 2011 (in Korean).
- [9] Y.M. Bae, S.J. Jung, W. Soh, "Trend analysis of mobile operating systems," Journal of Security Engineering, Vol. 9, No. 4, pp.343-356, 2012 (in Korean).
- [10] B.Y. Chang, "Smartphone-based chemistry instrumentation : digitization of colorimetric measurements," Bulletin of the Korean Chemical Society, Vol. 33, No. 2, pp.549-552, 2012.
- [11] <http://developer.android.com.index.html>

**저 자 소 개**

**김민지**



2009년 부경대학교 정보통신공학과 학사과정.

관심분야: 임베디드 소프트웨어 및 지능 제어  
Email: kaymayjay@pknu.ac.kr

**장병용**



2003년 포항공대 화학과 졸업. 2005년 동 대학원 석사. 2007년 동 대학원 박사. 현재 부경대학교 화학과 조교수

관심분야: 물리화학 및 전기화학  
Email: bychang@pknu.ac.kr

**주문갑**



1992년 포항공대 전자전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 석사. 2001년 동 대학원 박사. 현재 부경대학교 정보통신공학과 부교수.

관심분야: 지능 제어 및 공장자동화  
Email: gabi@pknu.ac.kr