

키넥트를 이용한 실내에서의 키 추정 방법

김성민* · 송종관* · 윤병우* · 박장식**

Height Estimation using Kinect in the Indoor

Sung-Min Kim* · Jong-Kwan Song* · Byung-Woo Yoon* · Jang-Sik Park*

요 약

객체 인식은 지능적이고 다양화된 범죄 예방을 위해 감시 시스템에서 중요한 기술이다. 사람의 신체 정보인 키는 대상이 가지고 있는 신체적인 특징으로 신원을 확인하는데 중요한 정보가 될 수 있다. 본 논문에서는 RGB-Depth 카메라, 키넥트를 활용한 새로운 키 추정 방법을 제안한다. 사람의 키를 측정하기 위해 키넥트의 높이를 알고 있는 것으로 가정하고, 키넥트에서 머리와 발까지의 거리를 키넥트의 깊이 정보를 이용하여 사람의 키를 추정한다. 실험을 통하여 제안하는 방법이 실내에서 사람의 키를 추정하는데 효과적임을 확인한다.

ABSTRACT

Object recognition is one of the key technologies of the monitoring system for the prevention of crimes diversified the intelligent. The height is one of the physical information of the person, it may be important information to confirm the identity with physical characteristics of the subject has. In this paper, we provide a method of measuring the height that utilize RGB-Depth camera, the Kinect. Given that in order to measure the height of a person, and know the height of Kinect, by using the depth information of Kinect the distance to the head and foot of Kinect, estimating the height of a person. The proposed method throughout the experiment confirms that it is effective to estimate the height of a person in the room.

키워드

키넥트, 깊이, 키, 측정
Kinect, Depth, Height, Measurement

1. 서 론

공공시설, 철도, 공항, 백화점과 같은 장소에서 테러와 같은 강력범죄나, 미아, 납치, 분실 등과 같은 사건사고의 증가로 영상 감시 시스템의 활용이 증가하고 있다. 최근 영상 감시 시스템은 영상분석, 패턴인식 등의 기술을 적용하여 자동으로 범죄자를 찾거나

화제를 탐지하는 등 지능형으로 발전하고 있다. 지능형 영상 감시 시스템은 영상을 효과적으로 분석하기 위한 전처리 과정과, 원거리 환경에 적합한 객체검출 및 신원확인 기술이 요구된다. 원거리 영상 감시 시스템에서 신원확인을 위한 신체 정보로는 얼굴, 걸음걸이, 키 등이 있고 그 외 옷이나 모자 등의 정보를 추가로 이용하는 방법들이 연구되고 있다. 사람의 신체

* 경성대학교 전자공학과(ksm6385, jsong, bwoon@ks.ac.kr)

**교신저자(corresponding author) : 경성대학교 전자공학과(jsipark@ks.ac.kr)

접수일자 : 2013. 12. 23

심사(수정)일자 : 2013. 02. 25

게재확정일자 : 2014. 03. 10

정보 중 하나인 키는 대상이 가지고 있는 신체적인 특징으로 신원을 확인하는데 중요한 정보가 될 수 있다[1-5]. 그리고 최근에는 영상기반의 보안감시와 함께 대형 매장의 고객의 행동 패턴을 분석하기 위하여 사람을 검출(detection)하고 추적하기(tracking) 위한 신체적인 특징을 추정하는데 있어 사람의 키를 추정(height estimation)하는 연구도 진행되고 있다[6-7]. 보안감시(video surveillance) 및 고객의 행동 패턴 분석을 위한 신체정보(bio-metric) 획득을 위하여 비접촉식이 효과적이며 이를 위해서는 카메라를 활용하는 것이 바람직하다.

본 논문에서는 사무실 출입자의 신체 특성 중에서 키를 추정하기 위하여 마이크로소프트사의 키넥트를 활용하는 방법을 제안한다. 키넥트는 색영상(color image) 뿐만 아니라 적외선 패턴과 적외선 카메라(IR camera)를 이용하여 깊이 정보(depth)를 획득할 수 있다. 깊이 정보를 제공하기 때문에 객체의 검출과 신체적인 특징 즉, 키를 추정하는 것이 보다 용이하다. 특히, 키넥트는 깊이 정보를 이용하여 머리를 포함한 관절점의 정보를 제공하기 때문에 키를 측정하는데 실질적인 정보를 제공한다. 본 논문에서는 키넥트에서 제공하는 깊이와 관절점 정보를 활용하여 실내에서 사람의 키를 추정하는 방법을 제안한다.

II. 키넥트를 이용한 키 측정 방법

키넥트는 사용자의 얼굴과 동작을 인식하는 입력장치로 사용자의 몸에서 48개의 점을 찾아 사용자의 동작을 인지하고, 이 점들을 이용하여 사용자의 골격과 전신의 생김새에 따라 자동으로 전신 지도를 화면에 보여주는 장비이다[8-9]. 또한 키넥트는 RGB 색영상과 함께 깊이 영상을 초당 30프레임씩 실시간으로 획득할 수 있는 장비로써[10], 본 논문에서는 키넥트로부터 획득할 수 있는 머리와 발의 관절 정보 및 깊이 정보를 활용하여 사람의 키를 측정하는 방법을 제안한다.

그림 1은 사람의 키를 추정하기 위한 전체 흐름도를 나타낸다. 전처리 과정은 키넥트 센서에 의한 사람 검출 과정과 센서가 촬영하고 있는 장면에 대한 깊이 영상을 생성하는 과정, 그리고 깊이 영상에서 머리와

발의 깊이 값을 추출하는 과정을 포함하고 있다. 사람 검출과 촬영 장면의 깊이 영상 생성은 Microsoft사에서 제공하는 키넥트 SDK를 활용하여 구현하였다. 그리고 머리와 발의 깊이 값을 키넥트에서 제공하는 사람 전신의 관절점 정보를 이용하여 생성된 깊이 영상에서 추출한다.

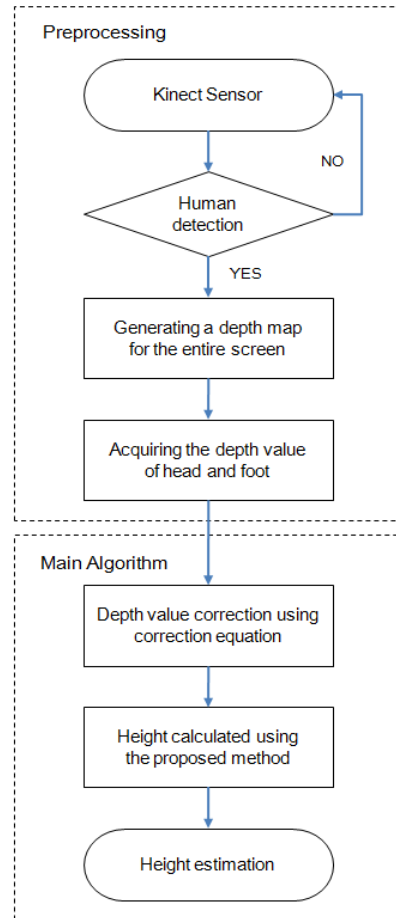


그림 1. 키 추정 흐름도

Fig. 1 Flow diagram for estimating the height

그리고 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 추출한 머리와 발의 깊이 값을 보정하는 과정과 제안된 방법을 통해 사람의 키를 추정하는 과정을 포함한다. 깊이 값의 보정은 키넥트에서 제공하는 깊이 값의 오차를 최소화하는 과정이고, 키 추정은 보정된 머리와 발의

깊이 값을 이용하여 사람의 키를 추정한다.

2.1. 키넥트 깊이 정보 획득

키넥트는 적외선 패턴 인식을 통해 깊이 값을 인지하여 사용자의 동작 인식에 활용 되도록 고안되어진 장치이다. 키넥트의 구성은 RGB 센서, 깊이 정보를 획득하는 적외선 카메라, 그리고 적외선 프로젝터로 이루어져 있다. RGB 센서에서는 색 영상을 획득하고 적외선 카메라에서는 프로젝터를 통해 방사된 적외선 특정 패턴을 이용하여 깊이 정보를 획득한다. 키넥트를 통해 얻어진 RGB 정보는 32비트로 전송되고, 깊이 정보는 16비트로 전송된다.

그림 2는 키넥트의 깊이 정보 추출 원리를 보여준다. 적외선 카메라의 중심점을 원점으로 하여 객체를 3차원으로 표시한다. Z축은 영상영역(image plane)에 수직이고, X축은 Z축에 대하여 수직이며, 적외선카메라에서 레이저 프로젝터로 향하는 방향이다. Y축은 Z축과 X축에 대하여 수직이다.

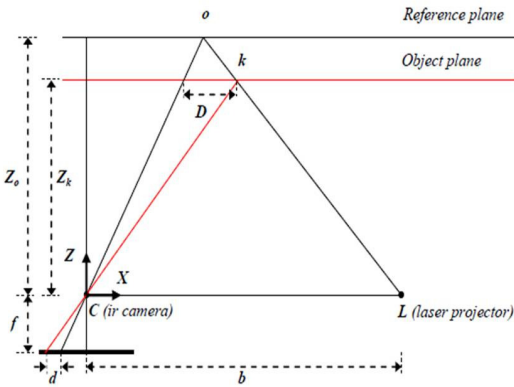


그림 2. 키넥트 깊이 정보 획득 원리
Fig. 2 Kinect depth information acquisition principles

키넥트의 적외선 프로젝터는 스캐터(scatter)를 통해 그림 3과 같이 적외선 패턴으로 투영된다[11]. 그리고 참조영역(reference scene)에서의 투영된 적외선 패턴은 키넥트 메모리에 사전 기록되어져 있다.

그리고 적외선 카메라로부터 참조 영역까지의 거리 Z_o 에 객체가 존재하고 객체 위의 적외선 패턴이 적외선 카메라의 영상 영역에 상이 나타난다고 가정한다.

객체가 적외선 카메라 쪽으로 가까이 이동하거나 멀리 이동하게 되면 객체영역(object plane)에서 패턴의

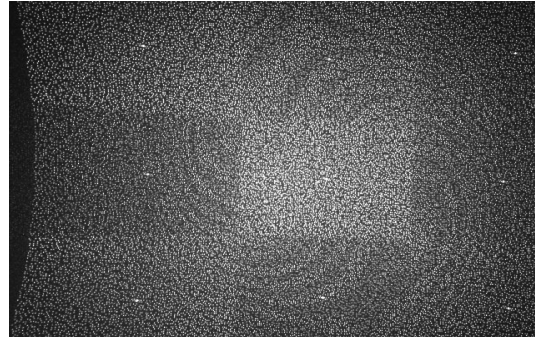


그림 3. 키넥트 적외선 패턴
Fig. 3 Kinect infrared patterns

변화가 생기는데, 변화된 패턴은 참조영역에서의 패턴과 시차 비교를 통해 깊이 정보를 계산하게 된다[12-13].

깊이 정보는 삼각형의 닮음 꼴에 의하여 계산되며 식 (1)과 식 (2)로 표현된다.

$$\frac{D}{b} = \frac{Z_o - Z_k}{Z_o} \quad (1)$$

$$\frac{d}{f} = \frac{D}{Z_k} \quad (2)$$

여기서 Z_k 는 포인트 k에서의 카메라와의 거리, Z_o 는 참조 영역에서의 깊이 값, b는 적외선 카메라의 중심과 적외선 프로젝터의 중심까지의 거리이다. 그리고 d는 적외선 카메라에 기록되는 변이(disparity), D는 객체 영역에서의 포인트 k의 이동된 변이이다. 식 (2)에서 D 값을 식 (1)에 대입하면, 객체까지의 거리 값 Z_k 는 아래의 식 (3)과 같이 표현되며, 깊이 정보를 추출하는 기본 수식이다.

$$Z_k = \frac{Z_o}{1 + \frac{Z_o}{fb}d} \quad (3)$$

2.2. 키넥트의 관절점 거리 보정

키넥트로부터 사람의 머리와 발까지의 거리 정보를 획득하는 방법은 키넥트에서 제공하는 관절 점 정보

를 활용하였다. 키넥트는 그림 4와 같이 20개의 관절 점 정보를 영상과 함께 제공하는데, 본 논문에서는 이 중 머리 관절 점(head)과 오른 발 관절 점(foot right) 정보를 사용하여 키 측정을 하였다. 그림 5는 깊이 영상에서 머리 관절 점과 오른 발 관절 점을 점(point)으로 표시한 것이다. 한편 사람의 키를 측정하기 위해서는 사람의 머리의 끝 부분(정수리)과 발바닥 부분(지면)까지의 거리를 측정하게 되는데, 그림 5에서 볼 수 있듯이 머리 관절점은 머리의 중앙 부분에 위치하고 있고 다리 관절점도 발의 어느 부분인지 정확하게 확인하기 어렵다.



그림 4. 키넥트의 관절점 정보
Fig. 4 The joint information of Kinect

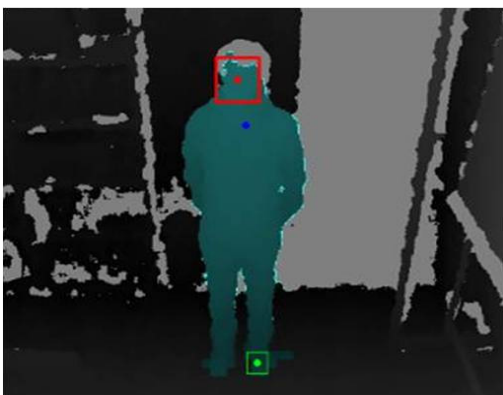


그림 5. 머리와 발의 관절점
Fig. 5 Head and foot joint information

따라서 키넥트에서 제공하는 관절 점 정보를 그대

로 사용하여 키 측정을 하면 큰 오차를 발생시키게 되므로 이를 보정해주는 작업이 필요하다. 보정은 동일한 대상에 대하여 고정된 키넥트로부터 서로 다른 거리에서 머리와 발의 관절 점 정보를 획득하고, 실제 머리와 발의 측정거리 정보와 비교하여 오차를 계산한다. 표 1은 오차를 구한 결과이다.

표 1. 발까지의 깊이정보 오차
Table 1. Errors in depth information to foot

(unit : mm)

Horizontal distance 'L'	1800	2100	2400	2700
Vertical distance 'h'	2350			
Real distance	2960	3151	3358	3579
Obtained depth values	2700	2942	3219	3460
Errors	-260	-209	-139	-119

그리고 오차를 보정하기 위한 보정식을 구하면 식 (4)로 표현된다.

$$F_c = (0.21 \times f_d) - 817.558 \quad (4)$$

여기서 F_c 는 오차를 보상하기 위한 보정값이고, f_d 는 키넥트에서 획득한 발의 관절점 정보이다. 키 측정을 하기에 앞서 키넥트에서 획득한 관절점 정보에 보정값을 더하여 오차를 보상하도록 한다. 보정식은 여러 대상에 대해 측정한 머리와 발의 오차를 종합하여 거리평균에 대한 오차를 구한 뒤, 이 오차들의 중간값을 이용하여 일차식으로 구하였다.

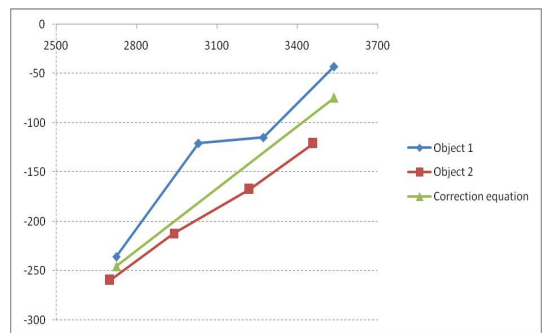


그림 6. 발까지의 깊이정보 오차
Fig. 6 Errors in depth information to foot

그림 6은 서로 다른 대상 2명에 대해서 오차와 보정식을 그래프로 나타낸 것이다. x축은 발까지의 깊이(거리)의 평균값을 나타내고, y축은 오차(error)를 나타낸다. 그림 6에 나타낸 것과 같이 사람의 위치에 따라 오차가 각각 다른 것을 알 수 있다.

본 논문에서는 이 오차를 보정하기 위하여 보정식을 구하고 보정 값을 관절 점 정보에 더해서 오차를 보상하고 키 측정을 한다. 보정식을 적용한 거리 측정 결과를 표 2와 그림 7에 나타내었다.

표 2. 보정식 적용 후 깊이정보 오차
Table 2. The errors of the depth information after applying the correction equation

(unit : mm)

Horizontal distance 'L'	1800	2100	2400	2700
Vertical distance 'h'	2350			
Real distance	2960	3151	3358	3579
Obtained depth values	2951	3142	3361	3551
Errors	-9	9	3	-28

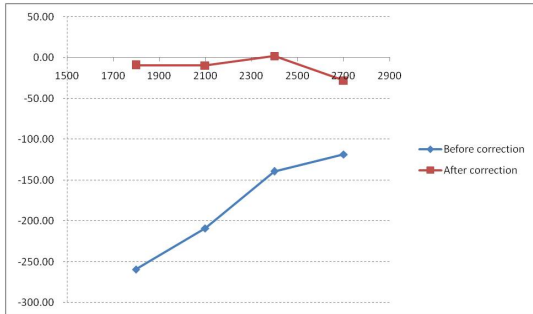


그림 7. 발까지의 거리 보정 전후 비교
Fig. 7 Compared to the distance from the foot before and after correction

그림 7과 같이 보정에 의하여 오차가 상당히 감소된 것을 확인할 수 있다. 같은 방법으로 머리까지의 관절점 오차를 보정하였다.

2.3. 키 추정 방법

그림 8은 키 측정 방법의 기본 구성을 보여준다. A는 키넥트 센서와 사람 머리까지의 거리이고 B는 키넥트 센서와 사람 발까지의 거리이다. 이 두 정보는

키넥트의 깊이 정보를 활용하여 측정할 수 있다. 그리고 h는 지면(ground)과 키넥트 센서의 높이이며 고정된 값이다. L은 사람과 키넥트 센서사이의 수평거리이고, h'는 사람의 머리와 키넥트 센서의 높이이며, H는 측정된 사람의 키를 나타낸다.

본 논문에서는 앞에서 설명한 정보를 이용하여 사람의 키(height)를 측정한다. 먼저, 깊이 영상으로부터 키넥트 센서와 사람까지의 수평거리(L)를 식 (5)를 이용하여 계산한다. 그리고 앞서 계산한 수평거리 정보를 이용하여 키넥트 센서와 사람의 머리까지의 수직 높이(h')를 식 (6)와 같이 계산하여 구한다. 마지막으로 식 (7)과 같이 지면과 키넥트 센서 사이의 높이(h)에 앞서 계산한 키넥트 센서와 사람의 머리 사이의 수직높이(h')를 빼줌으로써 사람의 키(H)를 계산할 수 있게 된다.

$$L = \sqrt{B^2 - h^2} \tag{5}$$

$$h' = \sqrt{A^2 - L^2} \tag{6}$$

$$H = h - h' \tag{7}$$

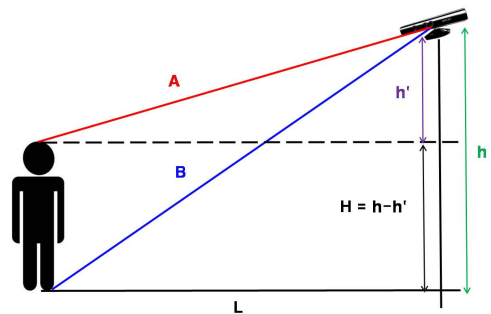


그림 8. 키 측정 방법
Fig. 8 Height measurement method

III. 실험 결과 및 검토

제안하는 키넥트를 이용한 키 추정방법에 대하여 성능을 검증하기 위하여 실내 공간인 실험실에서 진행하였고, Window7 운영체제에서 윈도우용 키넥트 센서를 사용하였다. 그리고 Microsoft Visual Studio

2010과 Microsoft 사에서 제공하는 키넥트 SDK를 이용하여 구현하였다. 실험은 총 10명에 대하여 진행하였고, 표 3은 사람의 키 추정 실험결과이다.

표 3. 키 측정 결과 및 오차
Table 3. Height measurement results and errors
(unit : mm)

Object	Real Height	Kinect measurement	Errors
1	1780	1778	-2
2	1580	1569	-11
3	1720	1725	+5
4	1700	1691	-9
5	1750	1770	+20
6	1750	1778	+28
7	1720	1722	+2
8	1745	1743	-2
9	1800	1825	+25
10	1780	1772	-8
Average errors			11.2



그림 9. 키 측정 결과
Fig. 9 Height measurement results

표 3에 나타난 것처럼 대상에 따라서, -2 mm에서 +28 mm 까지의 오차를 나타내고 있다. 평균 오차는 11.2 mm 로서 영상기반의 비접촉식 키 추정으로 오차가 적은 것을 확인할 수 있다. 그림 9는 사람의 키를 추정하기 위하여 캡처한 영상이며 왼쪽 상단에 추

정한 키를 mm 단위로 표시한 것이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 키넥트 센서를 이용하여 키를 추정하는 방법을 제안하였다. 키 추정은 키넥트의 깊이 정보와 관절점 정보를 이용하여 머리와 발까지의 거리를 측정하여 키를 추정한다. 키넥트에서 머리와 발까지 각각 측정 오차가 발생하여 이를 보상하는 방법을 제안하였고, 키 추정 결과 오차가 현저히 감소되었음을 확인할 수 있었다. 한편, 실험결과 기존의 수동 및 반자동 측정 방식에 비해 실시간으로 키 측정이 가능하였지만, 측정 대상의 머리 숙임이나 작은 움직임에도 센서가 반응을 하여 실시간 키 측정에 있어서 오차를 발생시켰다. 따라서 보다 많은 사람에 대하여 측정 실험을 수행함으로써 정확도를 높이기 위한 보정과 키 추정 알고리즘을 개선하고자 한다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 미래창조과학부에서 지원받은 산업원천기술개발사업으로 수행된 연구임([10045260] HD급 다중 영상기반 상황인지형 모니터링 및 검색 시스템 개발)

참고 문헌

- [1] H.-M. Moon and S.-B. Pan, "The Human Identification Method in Video Surveillance System," *The Korean Institute of Information Technology*, vol. 8, no. 5, May. 2010, pp. 199-206.
- [2] H.-M. Moon and S.-B. Pan, "The Analysis of De-identification for Privacy Protection in Intelligent Video Surveillance System," *The Korean Institute of Information Technology*, vol. 9, no. 7, July 2011, pp. 189-200.
- [3] D.-H. Kim, J.-Y. Lee, H.-S. Yoon, and E.-Y. Cha, "A Non-cooperative user authentication system in robot environments," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 53, no. 2, May 2007, pp. 804-811.

- [4] A. Bovyryn and K. Rodyushkin, "Human height prediction and roads estimation for advanced video surveillance systems," In *Proc. IEEE Conf. on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, Sept. 2005, pp. 219-223.
- [5] E. Jeges, I. Kispal, and Z. Hornak, "Measuring human height using calibrated cameras," In *Proc. IEEE Conf. on Human System Interactions*, May 2008, pp. 755-760.
- [6] C. BenAbdelkader and Y. Yacoob, "Statistical Body Height Estimation from a Single Image," *Proc. of Int. Conf. on 8th Automatic Face & Gesture Recognition*, Sept. 2008, pp. 1-7.
- [7] S.-W. Park and J.-S. Choi, "Robust Estimation of Heights of Moving People Using a Single Camera," *Information*, vol. 16, no. 8, Aug. 2013, pp. 5505-5522.
- [8] J.-G. Lee, Y.-H. Kim, I.-K. Lim, J.-P. Lee, and J.-G. Lee, "A Study on height methods that combine Kinect with ultrasonic sensor," *J. of The Korean Institute of Communications and Information Sciences 2012*, Nov. 2012, pp. 185-186.
- [9] J.-H. Na and N.-Y. Ko, "Control of a Mobile Robot Using Kinect Sensor," *J. of The Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 1, June 2012, pp. 340-342.
- [10] C.-S. Won, S.-M. Kim, J.-S. Park, B.-W. Yoon, and J.-K. Song "Hand Shape Recognition Based on Kinect and Analysis of the Performance," *Conf. of The Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no 2, Nov. 2013, pp. 144-147.
- [11] B.-J. Choi, J.-K. Song, B.-W. Yoon, and J.-S. Park, "Smoke Detection using Kinect in the Indoor," *Workshop on Image Processing and Image Understanding*, Jeju Korea, Feb. 2014.
- [12] K. Khoshelham and S. O. Elberink, "Accuracy and Resolution of Kinect Depth Data for Indoor Mapping Application," *Sensors*, Feb. 2012, pp. 1437-1454.
- [13] S. Kwon, W. Kang, Y. Jeong, and S. Lee, "Stereoscopic Video Compositing with a DSLR and Depth Information by Kinect," *J. of The Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 38C, no. 10, Oct. 2013, pp. 920-927.

저자 소개

김성민(Sung-Min Kim)



2013년 경성대 전자공학과 졸업
(공학사)
2013년 3월~현재 경성대학교 전자
공학과 석사과정

※ 관심분야 : 신호처리, 영상처리 및 이해

송종관(Jong-Kwan Song)



1989년 부산대학교 전자공학과 졸업(학사)
1991년 KAIST 전기및전자공학과 졸업(공학석사)

1995년 8월 KAIST전기및전자공학과 졸업(공학박사)
1995년 9월~1997년 2월 SK 텔레콤 중앙연구소 선임연구원

1997년 3월~ 현재 경성대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 디지털신호처리, 디지털신호처리 응용 등임

윤병우(Byung-Woo Yoon)



1987년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1989년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1992년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1993년~1995년 한국전자통신연구원 선임연구원

1995년~현재 경성대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 신호처리, 영상처리, VLSI설계, 소나 시스템



박장식(Jang-Sik Park)

1992년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1994년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학석사)

1999년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1997년 3월~2011년 2월 동의과학대학 전자과 교수

2011년 3월~현재 경성대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 신호처리, 음성 및 음향신호처리, 영상처리 및 이해, 임베디드시스템