



Similarity Enhancement of Face Recognition Performance between Real Faces and Facial Videos through Adjustment of a Display Device

Mi-Young Cho¹, Young-Sook Jeong¹, Byung-Tae Chun²

¹*Electronics and Telecommunications Research Institute*

²*Hankyong National University*

ABSTRACT

As face recognition technology, unlike other biometric methods, is more direct, user friendly, and convenient, it is applicable to many areas including security systems and service robot. However, the performance of face recognition systems in a real service environment does not always satisfy the expectations of users, because the performance of face recognition systems is influenced by the user's pose, expression change and lighting in the real environment. So, there is the performance gap between a real service and laboratory environment. To reduce the gap, there are many approaches using such as an algorithm, a mannequin and a high-definition photograph. Unfortunately, it has a limitation to construct a test environment in which the various situations faced by a user and an face recognition system are created similar to those encountered in real environments. Recently, with the development of the display device and capture devices, the performance evaluation method using the high-quality face video output from the display device in place of the actual human face to are proposed. In this paper, we demonstrate the similarity enhancement of face recognition performance between real face and facial videos from display device through gamma adjustment.

© 2016 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Face recognition systems, Performance evaluations, Display devices, Gamma adjustment, Facial videos

ARTICLE INFO: Received 29 March 2016, Revised 11 April 2016, Accepted 11 April 2016.

1. 서론

*Corresponding author is with the Computer System Institute, Hankyong National University, 327 Chungang-no Anseong-si, Kyonggi-do. 17579, KOREA.
E-mail address: chunbt@hknu.ac.kr

얼굴인식 기술은 다른 생체인식 기술과 달리 사

용자의 특별한 동작이나 행위에 대한 요구없이 비접촉식으로 자연스럽게 식별할 수 있는 기술로 보안 시스템, 지능형 로봇[1]-[5] 등 다양한 분야에서 응용되고 있다. 제품에 탑재된 얼굴인식 성능은 실환경에서 조명과 사용자의 포즈, 표정 변화 등에 의해 좌우되며, 이로 인해 실험실 환경에서 알고리즘 성능과 차이가 발생한다. 성능 차이를 극복하고자 실 환경 모사를 통한 지능형 로봇의 성능 평가 방법에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다. 본 논문에서는 디스플레이 장치의 출력 특징값을 조정하여 인식 측면에서 실물과 얼굴 동영상의 유사성을 향상시키는 방법을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 관련 연구로 이전 연구에서 수행한 디스플레이 장치를 이용한 성능평가 방법 검증 결과에 대해 살펴본다. 제 3장에서는 디스플레이 장치 감마 조정에 따른 디스플레이 출력 영상을 비교해 보고, 제 4장에서는 얼굴 인식 성능 비교검증 시험 결과를 분석해 본다. 그리고 제 5장에서는 결론 및 향후연구를 기술한다.

2. 로봇 얼굴인식 성능평가 관련 연구 고찰

제품 관점에서 얼굴인식 성능평가는 실제 운용 환경에서 사람이 직접 평가에 참여하는 것이 가장 좋은 방법이지만, 이는 재현성과 객관성을 보장받지 못한다. 이에 제품기반 얼굴인식 성능평가를 위한 다양한 시도가 있었다. 지능형 로봇의 얼굴 검출 및 식별 알고리즘 성능평가 방법[10]에서는 실 환경에서의 다양한 요구사항이 반영된 대용량의 이미지를 이용해 얼굴인식 알고리즘을 평가한다. 이 방법은 알고리즘 평가로 제품기반 성과와는 차이가 있다. 인간모형(마네킨)을 사용한 시스템 레벨 성능평가 방법[11]에서는 인간모형을 이용한 성능평가로 지정된 경로를 따라 이동하면서 조명 및 포즈 등이

반영된 얼굴인식 성능을 평가한다. 하지만 인간모형에 사용된 실리콘이 실제 사람의 피부와 달라 조명에 의한 빛 반사율에 차이가 있고 눈 깜박임, 표정 등 동적 움직임을 반영할 수 없다는 단점이 있다. 사진을 이용한 성능평가 방법[12]에서는 실제 사람을 대신해 고해상도로 출력된 얼굴 사진을 이용한 방법으로 기존 방법에 비해 좀 더 실 환경을 반영했다 볼 수 있지만, 인간모형과 마찬가지로 사진은 정지 영상으로 동영상 기반의 얼굴인식 성능시험이 불가능하다는 단점이 있다. 기존 방법의 문제점을 보완하고자 LED 모니터 출력 방법[6]에서는 고해상도의 디스플레이 장치를 이용한 얼굴인식 성능평가 방법을 <그림 1>과 같이 제안하였다. 외부 빛의 영향을 받지 않는 암실에서 사람을 대신하여 고화질로 촬영된 얼굴 동영상을 디스플레이 장치를 통해 출력한다. 출력된 얼굴영상을 얼굴인식 제품에 장착된 웹 카메라를 통해 입력받고 캡처된 영상을 이용해 얼굴인식 기능을 수행, 인식 결과를 성능분석기에 전달한다. 디스플레이 장치를 이용한 방법은 시험의 재현성 및 객관성을 보장할 수 있고, 실 환경에서 발생할 수 있는 다양한 동적 요소를 고려할 수 있다는 장점이 있다.

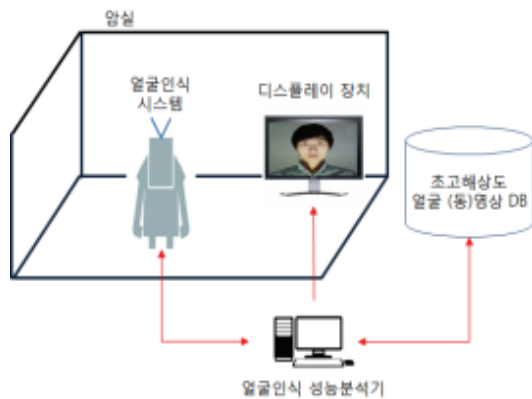


그림 1. 디스플레이 장치를 이용한 얼굴인식 성능평가
Figure 1. Face recognition performance evaluation using display device.

최근 들어, 캡처 장비와 디스플레이 장치의 발전으로 실물과 유사한 출력이 가능하게 되었다. <그림 2>를 보면 실물과 디스플레이 출력 얼굴영상으로 육안으로는 두 이미지의 큰 차이를 알 수 없을 정도로 실물과 유사한 재현이 가능하다.



그림 2. 실물과 디스플레이 출력 얼굴영상 비교
Figure 2. Comparison between real face and facial images from display.

실물과 디스플레이 장치 출력 얼굴 영상의 유사성을 바탕으로 디스플레이 장치를 이용한 얼굴인식 성능평가 방법[6][7]이 제안되었다. LED 디스플레이 장치를 이용한 방법[6]에서는 정지 영상을 이용한 평가방법을 제안했으며, 방법 [7]에서는 실 환경의 동적 요소 반영을 위해 고해상도의 동영상을 이용한 평가방법을 제안하였다. 제안한 평가 방법 [6][7]의 타당성 검증을 위해 실물과 디스플레이 출력 얼굴 (동)영상을 이용하여 인식 측면에서의 성능 편차를 비교하였다.

<표 1>은 4개의 상용엔진을 이용한 비교 결과로 실물 영상을 등록하여 인식한 결과와 디스플레이 출력 얼굴 동영상을 등록하여 인식한 결과의 편차가 최대 4.95%였다. 본 논문에서는 이전 연구 결과

바탕으로 인식 측면에서 실물과 디스플레이 출력 영상의 유사성을 높여 디스플레이 출력 얼굴 영상을 이용한 얼굴인식 성능평가 방법을 고도화하고자 한다.

표 1. 실물과 얼굴 동영상 인식 성능 비교 결과
Table 1. Performance comparison results between real faces and facial videos.

| 엔진 | 인식률(%) | | |
|-----|----------------|------------------|------|
| | 실물 등록 실물 인식 | 동영상 등록 동영상 인식 | 편차 |
| L사 | 73.80 | 78.75 | 4.95 |
| N사 | 97.47 | 93.39 | 4.08 |
| F1사 | 58.79 | 54.70 | 4.09 |
| F2사 | 31.06 | 33.71 | 2.65 |

3. 디스플레이 감마값 조정

실물 영상과 달리 디스플레이 출력 얼굴 동영상은 같은 입력 영상이라 할지라도 밝기, 대비, 감마 등 디스플레이의 특징에 따라 달리 출력된다. 이에 동일한 조건에서 디스플레이 출력 얼굴 동영상을 캡처하기 위해 시험 전 디스플레이 장치는 교정 장비[9]를 이용하여 ISO 15076-1[8]와 IEC 61966-2-1[14]에 맞춰 교정한다. <그림 3>은 디스플레이 장치 교정 과정을 보여주고 있다. 디스플레이 특징으로는 밝기, 감마, 색역 등 다양하지만 본 논문에서는 열악한 조명 환경에서의 성능편차를 줄이기 위해 감마라는 특징에 대해 연구해보고자 한다.

감마(gamma)란 톤 재현 특성으로 입력값에 대한 출력값의 비선형 정도를 의미한다. 인간의 눈은 밝기 변화에 비선형적으로 어두운 영역보다 밝은 영역을 좀 더 세분화하여 반응하기 때문에 국제 조명 위원회에서 감마값으로 2.2를 권고하고 있다.

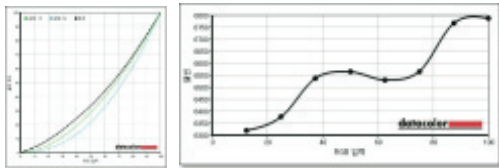


그림 3. 디스플레이 장치 교정
Figure 3. Calibration of display device



(a) 2.2보다 높은 감마 영상



(b) 2.2보다 낮은 감마 영상

그림 4. 감마에 따른 영상 비교

Figure 4. Comparison to images depending on gamma.

<그림 4>는 감마별 영상비교로 각 영상의 좌측은 2.2 감마를 우측은 2.2보다 낮거나 높은 감마값

을 가지는 경우이다. (a)와 (b)영상을 비교해 보면 2.2보다 높은 감마 영상은 이미지의 대비 및 색상 채도가 높아지고 암부 구간이 더 어둡게 되어 웨도우 디테일의 손실이 있다. 반면, 2.2보다 낮은 감마 영상은 이미지의 대비 및 채도가 낮아지만 웨도우 디테일이 살아난다. 하지만 이 경우 하이라이트 디테일은 사라질 수 있다는 단점이 있다.

2.2 감마는 인간의 눈을 위한 값일 뿐 캡처 장비를 위한 값은 아니므로 제품의 입장에서 디스플레이 출력 영상을 웹캠으로 재촬영해 실물과 비교해 본다. 두 이미지를 비교하기 위한 저차원의 특징으로 컬러, 텍스처, 히스토그램 등이 있지만 [15][16][17], 본 논문에서는 히스토그램으로 비교해 보고자 한다. <그림 5>는 감마별로 디스플레이 출력 영상을 웹캠으로 재촬영한 이미지와 각 이미지의 히스토그램이다. 감마 2.2에 비해 감마 1.6으로 출력된 영상을 재촬영한 영상의 히스토그램이 평활화되어 암부 구간이 살아났음을 볼 수 있다.

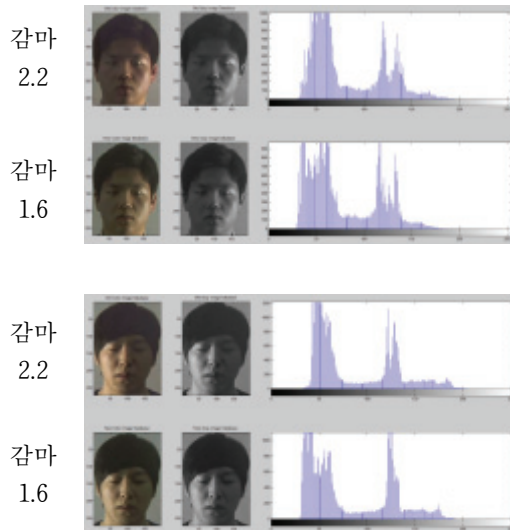


그림 5. 감마별 디스플레이 출력 얼굴 영상 비교
Figure 5. Comparison to facial images from display.

4. 디스플레이 감마값 조정에 따른 인식 성능 비교 실험

기존의 얼굴인식 성능평가를 위한 DB [18][19][20]는 알고리즘 평가용으로, 본 논문에서 검증하고자 하는 고화질의 출력 동영상으로는 적합하지 않다. 그리고 실물 영상과 동일한 조건하에서 촬영된 인식률 비교용 영상이 필요함에 따라 방송용 카메라와 웹 카메라를 이용 동시에 촬영한 얼굴 DB를 구축하였다. <그림 6>과 같이 촬영 환경을 구성하여 성인남녀 60명에 대해 정면의 균일 조명을 비롯해 총 9개의 조명별로 고해상도 동영상을 촬영한다.

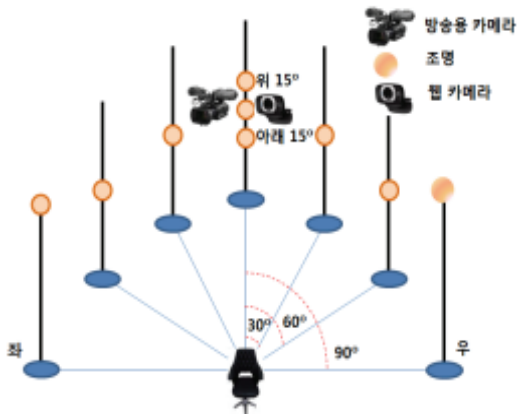


그림 6. 고해상도 얼굴 동영상 DB 구축 환경
Figure 6. Environment for capturing facial videos.

촬영된 동영상을 이용하여 조명별로 실물과 디스플레이 출력 영상의 인식 성능을 비교해 본다. 실물 영상은 방송용 카메라와 동시에 촬영된 웹 카메라 얼굴 영상을 이용한다. 실물과 유사한 크기의 얼굴 영상 출력을 위해 55인치 UHD 디스플레이 장치를 이용하고, 시험 전 밝기와 색역은 교정, 감마는 1.6으로 재조정한다. 디스플레이 장치를 통해 출력된 얼굴 동영상은 실물 영상 촬영에 사용

된 동일한 웹 카메라를 이용해 재촬영하고 실물 영상과 동기화 시킨다.

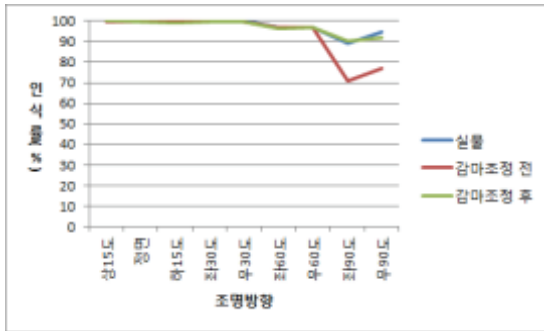
평가 항목은 인식률로 이미지 시퀀스에서 얼굴이 검출된 영상만을 대상으로 하여 인식의 정확률을 측정한다. 인식 성능 비교 검증 방법은 이전 연구와 동일 방법으로 상용 얼굴인식 엔진 4종을 이용 실물과 디스플레이 출력 영상의 인식 성능의 편차를 비교한다. <표 2>는 4개의 상용엔진에 대한 실물과 디스플레이 출력 얼굴 영상의 얼굴 인식 성능 비교로 인식률 최대 편차가 4.95에서 2.82로 줄어 들었다.

표 2. 감마 조정 후 실물과 디스플레이 출력 얼굴 영상 인식 성능 비교

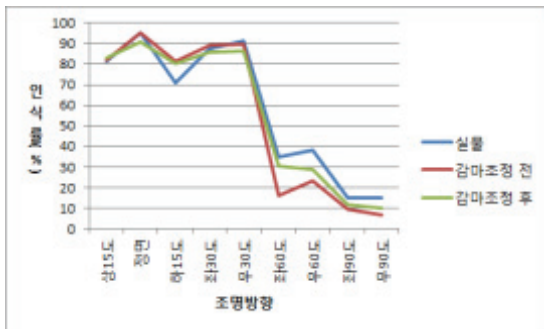
Table 2. Face recognition performance comparison after gamma adjustment.

| 엔진 | 인식률(%) | | |
|-----|----------------|------------------|------|
| | 실물 등록 실물 인식 | 동영상 등록 동영상 인식 | 편차 |
| L사 | 73.80 | 70.98 | 2.82 |
| N사 | 97.47 | 97.03 | 0.44 |
| F1사 | 58.79 | 56.34 | 2.45 |
| F2사 | 31.06 | 32.51 | 1.45 |

<그림 7>은 얼굴인식 성능비교 결과에 대해 조명 방향별로 상세하게 분석한 결과로 기존에 구축한 얼굴 동영상 DB에 비해 감마 조정 후 새롭게 구축한 얼굴 동영상 DB가 열악한 조명 환경(좌/우 60도, 90도)에서 인식 성능이 높아져 전체적으로 실물 DB와 편차가 줄어들었음을 볼 수 있다. 즉, 인식 성능 측면에서 이전 연구에서 구축한 얼굴 동영상 DB보다 실물 얼굴 영상과 더 유사해졌다고 볼 수 있다.



(a) N사 인식 엔진의 조명 방향별 성능



(b) F1사 인식 엔진의 조명 방향별 성능

그림 7. 감마조정 전과 후 동영상과 실물 얼굴 인식 성능 비교
Figure 7. Face recognition performance comparison after and before gamma adjustment.

5. 결론

본 논문에서는 디스플레이 장치를 이용한 얼굴 인식 성능평가 방법의 고도화를 위해 고해상도 영상 출력 장치를 기존 HD에서 UHD 장비로 바꿔 실물과 유사한 얼굴 영상이 재현되도록 했으며, 디스플레이 출력 특징 중 감마 조절을 통해 실물과 얼굴 동영상의 인식을 편차를 줄였다. 이러한 결과를 바탕으로 지능형 로봇뿐만 아니라 얼굴인식 엔진을 탑재한 제품 기반 성능평가에 응용 가능할 것으로 본다. 향후연구에서는 인식측면에서 뿐만 아니라, 컬러 및 텍스처 등 저차원 측면에서의 유사성을 비교해보고자 한다.

References

- [1] H. Inoue, and M. Inaba, *Hand eye coordination in rope handling*, Proceedings of the First International Symposium on Robotics Research (ISRR1), pp. 163-174, 1985.
- [2] H. Moribe, M. Nakano, T. Kuno, and J. Hasegawa, *Image preprocessor of model-based vision system for assembly robots*, Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 366-371, 1987.
- [3] H. Inoue, and H. Mizoguchi, *A flexible multi window vision system for robots*, Proceedings of Second International Symposium on Robotics Research (ISRR2), pp. 95-102, 1985.
- [4] J-H. Lee, *An Electronic Attendance- absence Recording System using AIDC (Automatic Identification and Data Capture) Technique and Face Recognition*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems(JKITS), Vol. 10, No. 6, pp. 735~743, December 2015.
- [5] Y. Kuniyoshi, M. Inaba, and H. Inoue, *Teaching by showing: Generating robot programs by visual observation of human performance*, Proceedings of 20th International Symposium on Industrial Robots and Robot Exhibition, pp. 119-126, 1989.
- [6] M-Y. Cho, Y-S. Jeong, and B-T. Chun, *A study on face recognition performance comparison of real images with images from LED monitor*, Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea 50.5 (2013): pp. 144-149, 2013.
- [7] M-Y. Cho, Y-S. Jeong, and B-T. Chun, *Similarity between real faces and facial videos from a display device: a face*

- recognition perspective*, Proceedings of the 2015 Conference on research in adaptive and convergent systems. ACM, 2015.
- [8] A. K. Jain, and S. Z. Li, *Handbook of face recognition*, Vol. 1. New York: springer, 2005.
- [9] Datacolor. SpyderCheckr. <http://spyder.datacolor.com/portfolio-view/spydercheckr/>, Jan. 2016
- [10] TTA.KO-10.0418 Performance evaluation method of face extraction and identification algorithm for intelligent robots: Part 1. Performance evaluation of recognition algorithm, 2010.
- [11] TTA.KO-10.0419 Performance evaluation method of face extraction and identification algorithm for intelligent robots: Part 2. System level performance evaluation using human model (mannequin) of human face recognition, 2010.
- [12] TTA.KO-10.0507 Performance evaluation method of face extraction and identification algorithm for intelligent robots : Part 3. Performance evaluation of face recognition using face photos, 2011.
- [13] ISO 15076-1:2010, Image technology colour management - Architecture, profile format and data structure - Part 1: Based on ICC.1:2010, 2010.
- [14] IEC 61966-2-1:1999, Multimedia systems and equipment - Colour measurement and management - Part 2-1: Colour management, 1999.
- [15] V. V. Kumar, N. G. Rao, A. L. N. Rao, and V. V. Krishna, *IHBM: Integrated histogram bin matching For similarity measures of color image retrieval*, International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, 2(3), 2009.
- [16] M. H. Saad, H. I. Saleh, H. Konbor, and M. Ashour, *Image retrieval based on integration between YCbCr color histogram and texture feature*, International Journal of Computer Theory and Engineering, 3(5), 2011.
- [17] R. Chakravarti, and X. Meng, *A study of color histogram based image retrieval*, Sixth International Conference on Information Technology: New Generations, 2009.
- [18] A. J. Toole, J. Harms, S. L. Snow, D. R. Hurst, M. R. Pappas, J. H. Ayyad, and H. Abdi, *A video database of moving faces and people*, IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, Vol. 27, No. 5, pp. 812-816, May 2005.
- [19] P. J. Phillips, H. Moon, P. J. Rauss, and S. Rizvi., *The feret evaluation methodology for face recognition algorithms*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(10), 2000.
- [20] H-S. Lee, S. S. Park, B-N. Kang, J. J. Shin, J-Y. Lee, H. M. Je, B. J. Jun, and D. J. Kim, *The POSTECH face database (PF07) and performance evaluation*, in Proc. IEEE Int. Conf. Automatic Face & Gesture Recognition, pp. 1-6, Sep. 2008.
-
- 디스플레이 장치 조정을 통한 실물과 디스플레이 출력 얼굴 동영상의 얼굴 인식 성능 유사성 향상**
- 조미영¹, 정영숙¹, 전병태²
- ¹한국전자통신연구원
²한경대학교 컴퓨터공학과
-

요 약

얼굴인식 기술은 다른 생체인식 기술과 달리 사용자의 특별한 동작이나 요구없이 비접촉식으로 자연스럽게 식별할 수 있는 기술이다. 최근 얼굴인식 기술의 발전으로 보안 시스템, 지능형 로봇 등 다양한 분야에 적용되고 있으나, 실 환경에서 제품의 얼굴인식 성능이 사용자의 기대에 미치지 못해 상용화에 어려움을 겪고 있다. 제품의 얼굴인식 성능은 실 환경에서 조명과 사용자의 포즈, 표정 변화 등에 영향을 받으며, 이로 인해 실험실 환경에서 알고리즘 성능과 차이가 발생한다. 알고리즘 성능과의 차이를 줄이고자 알고리즘, 인간모형, 고화질의 사진을 이용한 다양한 제품기반 성능평가 방법이 제안되었으나, 실 환경을 모사하기에는 한계가 있었다. 최근에는 디스플레이 장치와 캡처 장비의 발전으로 실제 사람 얼굴을 대신하여 디스플레이 장치로부터 출력되는 고화질의 얼굴 동영상을 이용한 성능평가 방법이 제안되었다. 본 논문에서는 디스플레이 장치의 감마 조절을 통해 인식 성능 측면에서 실물과 디스플레이 장치 출력 얼굴 동영상의 유사성을 향상시키고자 한다.

evaluation of service robots at the Electronics and Telecommunications Research Institute.

E-mail address: mycho@etri.re.kr



Young Sook Jeong is a principal researcher at Electronics and Telecommunications Research Institute. She received her B.S. degrees in computer science from the Ewha Womans University in 1988, and her M.S. degree in electronic engineering from the Chungnam National University in 2001, respectively. She has research experience in the field of the performance evaluation and standardization for service robot.

E-mail address: ysjeong@etri.re.kr

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 주관 산업원천핵심기술 개발사업 [이동/조작/HRI/통신성능 등 서비스 로봇 성능평가 및 표준화 기술개발] 과제의 일환으로 수행되었음.



Mi Young Cho is a senior researcher at the Electronics and Telecommunications Research Institute. She received her B.S. degrees in information and telecommunication engineering from Chosun University in 2002, and her M.S. and Ph.D. degrees in computer science from Chosun University in 2004 and 2008, respectively. Since 2009, she has been researching the testing and



Byung Tae Chun is a Master's degree from Graduate School of Soongsil University and doctor's degree from Graduate School of Korea University Worked as researcher for KIST (Korea Institute of Science and Technology)/System Engineering Research Institute (SERI) from 1999 to 1996 and worked as executive researcher for ETRI(Electronics and Telecommunications Research Institute) from 1996 to 2004. From 2004 to current: Professor of computer engineering Dept. of Hankyong National University. From 2013 to current: Vice president of TTA/TC4/PG413. From 2010 to current: Chairman of WG SC6 subcommittee of Intelligent Robot Standard Forum (KOROS) Committee

E-mail address: chunbt@hknu.ac.kr