

휴머노이드 로봇을 위한 실시간 초상화 드로잉 기법 및 시스템 설계

송명진, 김바울, 류윤지, 이근주, 김용덕, 김상욱
경북대학교 전자전기컴퓨터학부

e-mail:{mj song, bwkim, yjryu, gjlee, ydkim, swkim}@woorisol.knu.ac.kr

A Design of Real Time Drawing Techniques and Systems of Human Portrait for Humanoid Robot

Myeongjin Song, Baul Kim, Yunji Ryu, Geunjoon Lee, Yongduk Kim, Sangwook Kim
School of Electrical Engineering and Computer Science,
Kyungpook National University

요 약

유비쿼터스와 로봇 제어기술이 융합하여 상호작용 하면서 로봇 기술이 빠르게 발전하고 있다. 그 중 인간의 생각과 행동을 대신 해주는 서비스 로봇인 휴머노이드 로봇에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구는 휴머노이드 로봇을 이용하여 초상화를 실시간으로 빨리 그리는 새로운 기법과 그 기법을 적용하는 소프트웨어 시스템을 제안한다. 이때 사람을 인지하는 것, 종이위에서 붓(펜)이 움직이는 궤적과 속도를 제어하는 기술이 핵심이다. 더욱이 유비쿼터스 환경에서 중요한 컨트롤 포인트로 인식되고 있는 모바일 기기를 이용한 로봇 제어 기술도 계획 중이다. 본 과제에서는 로봇의 궤적을 최적화 하여 드로잉 속도를 빠르게 하고, 더 부드럽고 자연스러운 초상화를 드로잉 하며 실시간과 적응성을 높인다.

1. 서론

최근 IT 기술의 다양한 융합 중에서 로봇 기술은 빠르게 발전하고 있다. 특히 인간의 생각과 행동을 대신하는 휴머노이드 로봇에 대한 관심이 높아지고 있으며 실생활에서 직접 운용할 수 있다는 측면에서 성장잠재력이 크고 산업적 부가가치가 높다. 이러한 휴머노이드 로봇은 스마트폰 같은 휴대 단말기에서 로봇을 제어하기도 하며 다양한 콘텐츠를 실시간으로 제공하여 서비스의 질을 높여준다[1][2].

본 연구는 이러한 휴머노이드 로봇을 이용하여 로봇과 사람과의 인터랙션을 통해 로봇이 사람의 초상화를 실시간으로 정교하게 그리는 드로잉 기법과 시스템 개발을 목표로 진행 중이다. 기존의 초상화를 그리는 몇몇 휴머노이드 로봇이 있지만 실시간으로 사람의 얼굴 혹은 풍경화 같은 그림을 그리는 로봇은 흔하지 않다[3]. 즉, 사람이 개입하여 얼굴 사진을 찍고 저장한 후에 이미지 처리를 통하여 초상화를 그리는 것이 대부분이다. 이유는 로봇이 사람의 움직임을 인지하지 못하고, 로봇과의 상호작용이 미흡하며, 종이 위에 그림을 대응하여 매핑하는 과정에서 팔(암)의 각 축 방향으로 움직이는 속도가 느리다. 초상화를 원하는 사람은 그림이 그려질 동안 기다리는 것을 싫어할 수도 있다. 그러므로 실시간으로 사람을 빠르게 인지하고, 상호작용을 통하여 초상화를 빠르게 드로잉하는 기술과 로봇 시스템을 개발하는 것은 기술적인 분야뿐 아니라, 산업적인 부분에서도 매우 중요하다. 개발하는 로봇 팔이 드

로잉 하는 동안 가장 빠른 최적의 궤적을 찾는 기술은 로봇 팔의 움직임을 실시간으로 빠르고 정확하게 함으로써 초상화 그리기뿐만 아니라 CAD/CAM, 도면, 지도 등의 드로잉 기술과 접목 가능하여 효율적으로 적용할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 기존의 로봇을 이용한 드로잉 연구들을 소개하고, 3절에서는 본 논문에서 제안하는 초상화 드로잉 로봇의 시스템의 구조를 설명한다. 4절, 5절에서는 로봇 제어 및 영상처리 미들웨어를 설명하고, 6절에서는 스마트 폰에 의한 모바일 제어를 설명하며, 마지막 7절에는 본 논문을 요약하였다.

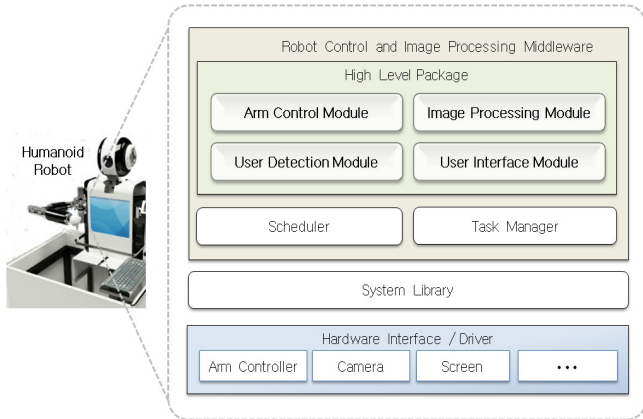
2. 관련 연구

휴머노이드 로봇을 이용하여 인간의 행동을 대신하는 것은 오래전부터 연구되어 왔다. 그 중 로봇을 이용하여 그림을 그리는 연구도 많이 진행되었다. 일반적으로 펜을 이용하여 선을 그어 드로잉을 하지만 스프레이를 이용하여 분사방식으로 드로잉하기도 하였다. 펜을 이용한 경우는 결과적으로 드로잉 속도가 늦거나 이미지가 정교하지 못하였고, 스프레이를 분사하는 방식의 드로잉은 선의 굵기 표현은 가능 하였으나 양 조절이 미흡하여 번지거나 흘러내리는 등의 단점이 있었다[3][4].

본 논문에서는 위와 같은 단점을 보완하고 개선하기 위해 실시간성과 적응성을 높여 드로잉 속도를 빠르게 하고, 이미지를 보다 정교하게 표현 할 수 있는 시스템을 제안한다.

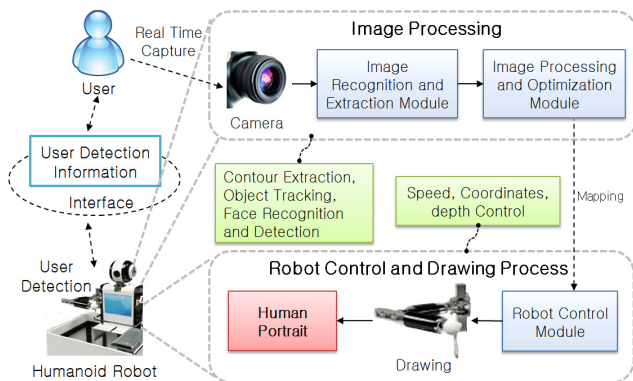
3. 초상화 그리기 로봇의 시스템 구조

본 과제에서 개발하는 실시간 초상화 드로잉 기법과 시스템의 전체 구조는 그림 1과 같다. 로봇 시스템은 로봇 제어 및 영상 처리 미들웨어, 시스템 라이브러리, 하드웨어 인터페이스와 드라이버 세 개의 계층으로 구성된다.



(그림 1) 로봇 시스템 구조

그림 1의 로봇 시스템의 구조에서 개발 시나리오에 따른 각 모듈 사이의 데이터 흐름은 그림 2와 같다. 로봇 앞에는 테이블이 있으며, 로봇의 비전 시스템이 사용자가 로봇 앞에 있는지 없는지를 탐지한다. 사용자가 접근해 오면 로봇은 사용자에게 머리를 돌리고, 음성 합성 시스템으로 사용자에게 초상화를 그려주기를 원하는지 묻는다. 사용자가 초상화 그리기를 원하면 로봇은 사용자의 얼굴을 사진 찍는다. 다음에 로봇 팔(암)에 달린 펜(붓)으로 머리를 테이블 쪽으로 돌리고 종이에 사용자의 초상화를 그린다.



(그림 2) 로봇 시스템 과정

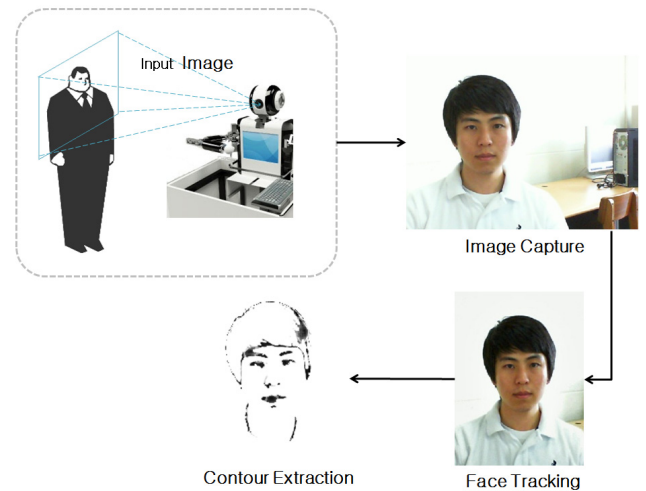
먼저 윤곽을 간략하게 그린 후에 반복적으로 자세하게 그린다. 그 후에는 명암 등을 위해 어두운 부분을 채운다. 시간이 가면서 초상화를 그리는 궤적을 조정하여 항상 최적의 궤적을 계산한다. 일단 그리기를 종료하면 그리기 종료료를 알린다.

4. 드로잉 준비

로봇이 실시간으로 초상화를 드로잉 하기 위해서는 로봇의 카메라 모듈을 이용하여 실시간으로 사용자의 움직임을 탐지하여 이전영상과 비교를 하며 사용자를 탐지한다. 카메라에 의해 실시간으로 입력 받는 영상으로부터 사용자의 선명한 정지 이미지 추출을 위해 사용자 추적기술을 개발한다. 정지 이미지로 변환된 사용자 얼굴에서 눈과 코 등의 특징 점을 분석하는 기존의 얼굴 인식 알고리즘과 이를 개선한 알고리즘을 개발하여 사용자의 얼굴 영역을 검출한다. 검출된 얼굴 영상에서 정밀하고 정확한 윤곽선을 추출하는 기술을 개발 중이다. 검출한 얼굴 이미지를 간결하면서도 완성도 높게 표현하기 위해 명도, 명암을 조절하고 윤곽선을 보정하는 이미지 프로세싱 알고리즘을 개발하여 얼굴 이미지를 최적화 한다.

4.1 사용자 탐지 및 인터랙션

로봇의 카메라에서 실시간으로 들어오는 정보를 그림 3과 같이 사용자의 움직임을 이전 영상과 주변의 색상 변화와 비교하여 오차를 구하여 사용자를 탐지한다. 사용자의 위치를 파악하고 드로잉을 하기 위한 조건을 인터페이스를 통해 맞추어 나간다. 이를 위하여 먼저 수집할 사용자의 정보를 정의하고 그 정의를 바탕으로 로봇의 움직임을 연동한다. 이후 로봇은 인터페이스를 통해 “앉으라”거나 “사진을 찍는다” 등의 합성된 음성을 내보낸다.



(그림 3) 얼굴 탐지 및 윤곽선 추출

4.2 사용자 얼굴 탐지 및 윤곽선 추출

휴머노이드 로봇의 인터페이스에 따라 사용자는 로봇이 캡처할 영상을 정하여, 사용자 얼굴을 인식하고 인식한 이미지에서 사용자 얼굴 이미지를 검출한다. 초상화를 그리기 위해 얼굴은 기존의 이미지의 특징 추출 알고리즘을 사용한다. 이 방법은 얼굴의 코, 눈, 입 등 여러 부분을 특징화하는 경사도 기반 정보를 사용한다[5]. 이미지가 결정되면 기존 얼굴 인식 알고리즘과 연구 개발할 개선된 얼

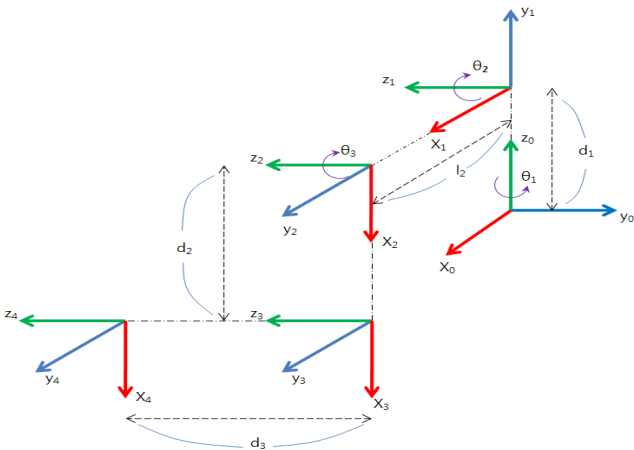
굴 인식 알고리즘을 병행하여 적용하고 사람의 얼굴 유, 무를 결정한 후 검출 프로세스가 진행된다. 검출 프로세스는 이미지에서 사용자의 얼굴 좌표와 외곽선 정보 등을 입력으로 받아 사용자의 얼굴 부분으로만 이루어진 이미지를 생성하게 된다. 이 때 이미지에서 영상과 얼굴의 비율 비교 기법과 확률 기법으로 구현할 검출 알고리즘을 연구 개발하여 모듈화 하고 테스트한다.

4.3 얼굴 윤곽선 최적화

얼굴이 검출된 이미지와 인터페이스 단계에서부터 입력으로 받은 정보들을 종합하여 이미지를 최적화 한다. 이 최적화 단계는 로봇이 그림 그리는데 팔 동작 제어를 위해 드로잉 좌표 값들을 생성하는 단계이다. 그러므로 최적화한 좌표 값을 생성하기 위해 이미지 처리 과정을 거친다. 이 최적화 값은 실시간 드로잉 로봇을 개발하기 위한 중요 과정으로 다음 네 단계를 거친다. 로봇의 팔과 손 관절들의 움직임을 반복 테스트한다. 그리고 반복 테스트 결과 범위와 속도 등을 정의하여 분석하고, 분석한 자료를 토대로 좌표 값을 만들어 낼 최적의 프로세싱 기법을 찾으며 입력으로 받은 얼굴 추출 이미지에 찾아낸 기법을 적용한다. 영상처리 과정에서 윤곽선 탐지와 노이즈 제거 과정을 거치면 드로잉 할 대략적인 초상화 이미지가 나온다. 그러나 이러한 방법은 입력 받은 영상을 축약하기 때문에 실제 이미지와 많은 차이가 있다. 그러므로 본 과제에서는 입력 영상과 드로잉 할 영상의 갭을 줄이는 새로운 방법을 연구 개발한다. 기본 아이디어는 로봇의 움직임 속도, 임의의 세기 등을 정확하게 측정해야 하며, 이 측정값을 바탕으로 변환할 이미지의 최대 허용치를 구하고 그 값을 바탕으로 이미지 프로세싱을 할 수 있도록 한다.

5. 드로잉 제어

로봇이 초상화를 드로잉 하기 위해서는 전처리 결과 값을 캔버스에 매핑하여 팔 움직임을 동기화해야 한다. 3축 제어를 함으로써 X, Y, Z축의 정밀한 로봇 제어가 가능하여 완성도 높은 이미지를 추출한다. 그리고 감정과 명암등을 표현하기 위한 다양한 드로잉 기술을 개발하려 한다.



(그림 4) 직교 좌표변환

5.1 로봇암 제어를 위한 좌표변환

드로잉 할 이미지가 최적화가 되면 그 이미지를 로봇 제어 모듈에 입력 값으로 설정한다. 이 때 개발에 필요한 기술과 개발 내용으로는 결과 값과 이미 분석한 로봇의 실제 움직임을 동기화 하는 기술, 이미지를 그릴 캔버스의 좌표와 최적화 된 이미지의 좌표를 매핑하는 기술, 좌표간의 드로잉 기법 기술과 제적 최적화 기술로 총 4가지 기술이 필요하다.

로봇이 드로잉을 하기위해 팔을 움직일 때는 그림 4와 같이 로봇 몸체를 기준으로 하여 링크와 링크를 연결하는 조인트의 회전과 직선운동으로 인한 각도의 변화에 대한 좌표변환 계산이 필요하다. 하나의 조인트가 움직이게 되면 그에 따른 다른 조인트의 각도도 변하게 되므로 이를 제어하기 위해 키네마틱스(Kinematics) 방법으로 모델링 한다.

$$A_n = Rot(z, \theta) Tran(0, 0, d) Tran(l, 0, 0) Rot(x, \alpha) \quad (1)$$

식 (1)에서 A_n 은 동차좌표변환이다. z 는 회전축이고 d 는 z 축 방향으로의 링크 길이이며, l 은 x 축 방향으로의 링크 길이이다. x 는 좌표계 변환 회전축이고 α 는 변환 각도를 나타낸다. 처음 기준좌표에서 z 축을 기준으로 회전을 하며 d_1 만큼 이동을 하고, 같은 평행선상에 있으므로 회전은 하지 않은 상태로 l_2 만큼 이동을 한다. 그리고 펜타그램 형태의 조인트를 θ_2, θ_3 으로 표현하였다. 식 (1)의 방식에 따라 좌표변환을 하게 되면 식 (2)와같이 공식이 나오게 된다.

$$A_1 = \begin{pmatrix} C_1 & 0 & S_1 & 0 \\ S_1 & 0 & -C_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} A_2 = \begin{pmatrix} -S_2 - C_2 & 0 & -l_2 S_2 \\ C_2 & -S_2 & 0 - l_2 C_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$A_3 = \begin{pmatrix} C_3 - S_3 & 0 & l_3 C_3 \\ S_3 & C_3 & 0 & l_3 S_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} A_4 = \begin{pmatrix} 100 & l_4 \\ 0 & 100 \\ 0 & 0 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

로봇 팔을 움직이기 위해 기준좌표에서 기계의 끝점 사이에 있는 변환 매트릭스인 A_1, A_2, A_3, A_4 를 모두 곱하면 동차변환 매트릭스가 나오게 된다.

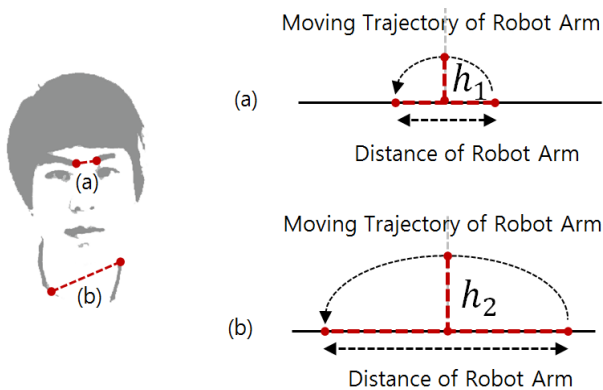
$${}^R T_H = A_1 A_2 A_3 A_4 \quad (3)$$

$$= \begin{pmatrix} -C_1 S_{12} & -C_1 C_{con} & S_1 & -C_1 (S_1 l_1 + l_3 S_{con} + l_4 S_{con}) \\ -S_1 S_{con} & -S_1 C_{con} & -C_1 & -S_1 (l_2 S_2 + l_3 S_{con} + l_4 S_{con}) \\ C_2 C_3 - S_2 C_3 & -S_{con} & 0 & C_3 (C_2 - S_2) (l_3 + l_4) - l_2 C_2 + d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

식 (3)의 ${}^R T_H$ 을 이용한 동차변환 매트릭스 방식으로 로봇의 팔을 제어하여 캔버스에 드로잉을 한다.

5.2 드로잉 궤적

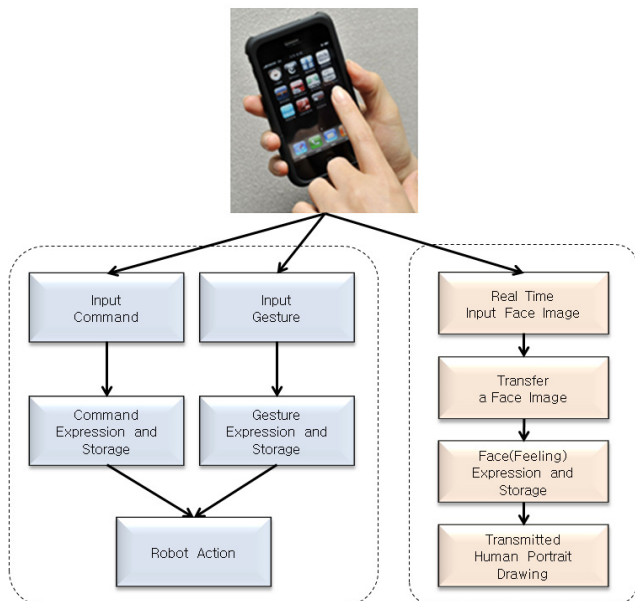
실시간성을 높이기 위해서 최적의 드로잉 경로와 궤적을 찾아 드로잉 속도를 빠르게 한다. 즉 그림 5의 (a)와 같이 외곽선 사이의 거리를 짧게 하여 로봇 암의 이동 궤적이 적어 h_1 의 거리도 줄어들기 때문에 빠르고 효과적인 드로잉이 가능하다. 그러나 (b)의 경우에는 외곽선 간의 거리가 멀어 로봇 암의 이동 궤적이 크므로 캔버스와 로봇 암의 이격 간격인 h_1 의 거리도 늘어난다.



(그림 5) 궤적 알고리즘

6. 안드로이드 스마트폰 기반의 로봇 제어

모바일 폰은 일반적으로 휴대하기 쉽고 사용이 간편하기 때문에 유비쿼터스 환경에서 제어하는데 쉽게 사용할 수 있고, 로봇 기술과 결합되기도 한다. 특히 안드로이드 플랫폼 기반의 로봇 제어 시스템은 여러 유용한 센서들이 있어 다양한 종류의 로봇을 효율적으로 제어할 수 있다 [6].



(그림 6) 안드로이드 스마트폰을 이용한 로봇 제어

모바일 폰은 제스처, 영상 등 사용자와 관련된 많은 정

보를 가지고 있다. 그림 6과 같이 명령, 제스처, 영상 정보가 무선 기술을 통해 로봇에게 입력되면 로봇은 그 명령에 따라 움직임이 제어된다. 뿐만 아니라 스마트폰은 사람 사이의 친밀도나 감정 등 높은 레벨의 상황 정보를 추론할 수도 있다. 그러기 위해서 모바일 장치는 정보를 수집하고 상황정보를 처리하는 로봇 제어 모듈인 미들웨어를 가지고 있어야 한다. 따라서 다양한 로봇을 위한 안드로이드 기반의 로봇 제어 시스템을 제안한다.

7. 요약

본 논문에서 우리는 휴머노이드 로봇을 이용하여 인간의 초상화를 실시간으로 보다 빠르고 정교하게 드로잉 하는 시스템을 제안한다. 드로잉 함에 있어 최단경로와 궤적을 찾음으로써 드로잉 시간을 단축시키는 것이 핵심 기술이다. 더 나아가 안드로이드 기반의 모바일 장치를 이용하여 다양한 종류의 로봇을 제어하는 로봇 컨트롤 시스템을 개발하려 한다. 이는 로봇 기술과 유비쿼터스 환경에서 다방면으로 사용될 수 있을 것이다.

Acknowledgements

본 과제(결과물)은 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 광역경제권 선도 산업 인재양성사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] M. Fujita, Y. Kuroki, T. Ishida, and T. Doi, "A small humanoid robot sdr-4x for entertainment applications," IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 2003.
- [2] A. Billard, "Robota: Clever toy and educational tool" Robotics & Autonomous Systems, Vol. 42, pp.259-269, 2003.
- [3] S. Calinon, J. Epiney and A. Billard, "A Humanoid Robot Drawing Human Portraits," IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, pp. 161-166, 2005.
- [4] K.W. Kwok, Y. Yam and K.W. Lo, "Vision System and projective rectification for a robot drawing platform," ICCA '05. International Conference on Control and Automation, Vol. 2, pp.691-696, 2005.
- [5] H. Chen, Z. Liu, C. Rose, Y. Xu, H.Y. Shum and D. Salesin, "Example-based composite sketching of human portraits," in Proceedings of the 3rd International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering, pp. 95-153, 2004.
- [6] D. Perzanowski, A.D. Schultz, W. Adams, E. Marsh and M. Bugajska, "Building a Multimodal Human-Robot Interface," IEEE Intelligent Systems, Vol. 16, Issue 1, pp. 16-22, 2001.