

인간-로봇 협업을 위한 패턴기반 경로 계획 알고리즘 Pattern-based Path Planning Algorithm for Human-Robot Cooperation

*#박정섭¹, 지상훈², 남경태², 이상무², 이승준², 임묘택¹

*#J. S. Park¹(pjsgod@korea.ac.kr), S. H. Ji², K. T. Nam², S. M. Lee², S. J. Lee², M. T. Lim¹

¹고려대학교 전기전자전파공학과, ²한국생산기술연구원 용복합기술연구본부 지능형로봇연구부

Key words : Pattern-based Path Planning, Human-Robot Cooperation, Intelligent Teaching Device

1. 서론

티칭 펜던트를 사용한 로봇 교시는 산업 현장에서 많이 사용된다. 하지만 로봇작업을 프로그래밍하는 능력을 갖추기 위해서는 많은 시간이 소요되고, 숙련된 조작자조차도 특정 작업을 프로그래밍하는데 많은 시간이 필요하다. 따라서 산업 현장, 특히 다품종 소량 생산을 해야 하는 중소기업에서는 로봇 비전문가도 쉽게 사용할 수 있는 직관적이고 사용자 편의성을 제공하는 지능형 티칭 단말기에 대한 요구가 대두되고 있다. [1]

이러한 요구와 맞물려 관련 연구가 활발히 진행되고 있으며, 기존 로봇의 단순반복 작업에서 벗어나 인간과 협업을 통한 직접교시 및 협업 작업에 대한 연구도 증가하고 있다. Fig. 1은 접촉식 교시 방법에 의한 인간-로봇 협업의 예를 표현하고 있다.

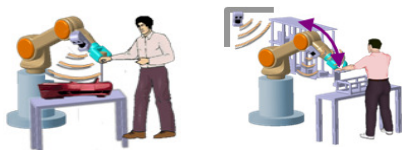


Fig. 1 Human-Robot Cooperation

직관적인 교시방법은 크게 힘/토크 센서 등을 사용하는 접촉식과 음성 또는 영상 신호 인식을 통한 비접촉식으로 분류된다. [2], [3]

비접촉식 교시방법은 사용자의 안전성을 보장할 수는 있지만, 소음이나 빛 등의 환경적인 영향에 따라 정밀도가 떨어지는 단점이 있다.

접촉식 교시 방법은 직관적이고 무충돌 이동 경로 생성 시간이 짧은 장점이 있으나 정밀도의 한계와 안전사고와 같은 단점이 있다. 하지만 최근 안전성과 정밀도를 보완하기 위한 연구가 다양하게 진행되고 있다.

이에 본 연구에서는 접촉식 교시 조작 방법을 통해 얻어진 정보의 패턴을 분석하여 경로 계획을 하는 알고리즘과 인간-로봇 협업에 적합한 지능형 교시 단말기를 제안한다.

2. 지능형 교시 단말기

지능형 교시 단말기는 기존의 티칭펜던트와는 달리 인간-로봇 협업에 적합하고 직관적인 교시가 가능한 다기능 단말기로서, 주 단말기와 보조 입력 장치로 구성된다.

사용자는 지능형 교시 단말기를 활용하여 로봇의 경로를 수정하고 생성할 수 있으며, 하드웨어 구성은 Fig. 2와 같다. 사용자는 3차원 보조 입력 장치를 통해 로봇의 경로를 교시하고 얻어진 데이터는 주 단말기를 통해 원하는 경로를 재생성할 수 있다.



Fig. 2 Hardware Configuration

또한 사용자는 Fig. 3과 같이 접촉식 교시 방법을 통해 매니플레이터의 경로를 생성할 수 있다. 생성된 경로는 지능형 교시 단말기를 통해 재생성할 수 있다.

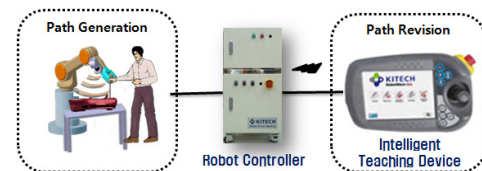


Fig. 3 Contact-type path generation

3. 패턴 기반 경로 계획 알고리즘

선형 허프 변환은 (x, y) 좌표계의 영상에 존재하는 윤곽선(edge)들로부터 선들을 찾아내는 방법으로서 허프(Hough)에 의해 제안되었다. 이 알고리즘을 지능형 교시 단말기에 적용하여 직접 교시를 통해 얻어진 입력 데이터를 분석하여 직선을 추출한다. 직선을 찾기 위해 (x, y) 좌표계의 점들을 식 (1)을 사용하여 (ρ, θ) 좌표계로 변환한다.

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (1)$$

식 (1)에서 ρ는 원점으로부터 점 (x, y)까지 수직 거리이고 θ는 이때 x축으로부터의 각도이다. 허프 변환은 모든 점들에 대해 가능한 θ값들에 대해 식 (1)을 계산하기 때문에 연산이 복잡하지만 비교적 정확한 직선을 추출할 수 있고 오차에 강인한 특성을 갖고 있다.

4. 모의 실험 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 Matlab을 사용하였다. 주 단말기의 프로그램은 Visual C++ 2008로 개발되었고 OpenGL을 이용하여 로봇을 3차원 모델링하였다. 개발된 프로그램의 GUI는 Fig. 4와 같다.

GUI의 좌측에는 로봇의 모습을 표시하고 우측 상단부와 중단부에는 기본 명령어와 교시 방법 선택 메뉴, 비상 정지 버튼이 있다. 중단부는 로봇의 현재 위치와 시작점, 중간점, 끝점에 대한 위치를 출력하고 하단부에서는 로봇과 교시 단말기 간의 통신 상태를 나타낸다.

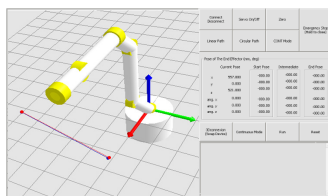


Fig. 4 GUI Configuration

이 프로그램은 지능형 교시 단말기의 주 단말기에 저장되고, 사용자가 직접교시를 통해 입력한 결과를 확인하고 원하는 직선의 형태를 추출할 수 있다. 실험에서는 z축이 고정된 매니플레이터를 사용하였다. 교시된 경로에서 43개의 입력 데이터

를 추출하였고, 선형 허프변환을 통해 가장 유사한 직선 경로를 생성하였고, 그 결과는 Fig. 5와 같다.

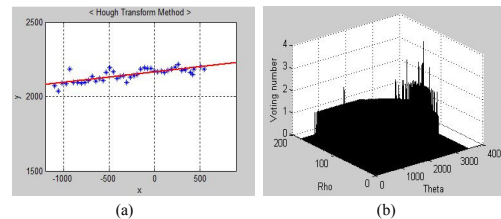


Fig. 5 Contact-type path generation (a) line extraction from input data (b) voting numbers in ρ, θ space

4. 결론

본 논문에서는 접촉식 교시 조작 방법을 통해 얻어진 정보의 패턴을 분석하여 경로를 계획하는 알고리즘을 제안하였고 이를 인간-로봇 협업에 적합한 지능형 교시 단말기에 적용하였다. 이 방법은 사용자가 직관적으로 로봇의 경로를 교시하고 지능형 단말기를 통해 원하는 경로를 재생성할 수 있다. 따라서 로봇 비전문가도 쉽게 사용할 수 있고, 향후 직선뿐 아니라 곡선, 원 등과 같은 다양한 형태의 패턴 분석 기반 경로 계획에 대한 기능이 보완되었을 경우 인간-로봇 협업 작업에 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

후기

본 연구는 지식경제부 전략기술개발사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. R.D. Schraft and C. Meyer, "The need for an intuitive teaching method for small and medium-enterprises," ISR 2006 - ROBOTIK 2006 : Proc. of the Joint Conf. on Robotics, no. 1956, 95-104, 2006.
2. Hirzinger, G., "Cartesian impedance control techniques for torque controlled light-weight robots," Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics & Automation, 657-663, 2002.
3. B. Hein, M. Hensel, and H. Worn, "Intuitive and model-based on-line programming of industrial robots: A modular on-line programming environment," IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, 3952-3957, Pasadena, 2008.