

LabView를 이용한 다중 로봇 협조 제어 시뮬레이션 프로그램 개발

Development a Simulation Program of Multi-Robot Cooperation Control Using LabView Program

*이성욱¹

*S. U. Lee(sulee@kaeri.re.kr)¹

¹한국원자력연구원 원자력융합기술개발부

Key words : Multi-Robot, Closest Point of Approach, Simulation Program, LabView

1. 서론

기존의 로봇 제조 라인으로는 시장의 다각화와 짧아진 제품 생명 주기에 대응하기 위하여 비변한 제품 모델의 변경을 더 이상 감당할 수 없게 되었다[1]. 그래서 부품조립공장에서는 장비들이 공간적으로 떨어지도록 한 쉼베이어 방식으로 부터 좁은 영역에서 다양한 많은 장비들이 시·공간적으로 격하게 동작하는 셀 생산방식으로 변경하고 있다. 이로 인하여 셀 안에서 여러 대의 로봇이 상호 협업하는 공정 시스템이 발달되고 있다.

본 논문에서는 여러 대의 로봇이 하나의 셀 안에서 작업 시에 충돌 감지 및 협업 작업을 수행할 수 있는 시뮬레이션 프로그램을 LabView를 이용하여 개발하였다. 여러 대의 로봇이 작업 시에 충돌을 감지하기 위하여 Closest Point of Approach(CPA) 방식을 이용하였다.

2. 다중 로봇 충돌 감지 알고리즘

좁은 셀에서 여러 대의 로봇이 동시 다발적으로 작업 시에 로봇끼리의 충돌이 심각한 문제로 야기된다. 그래서 로봇끼리의 충돌을 감지하기 위하여 CPA알고리즘[2]을 적용하였다.

CPA알고리즘을 이용하여 로봇 A의 각 링크와 로봇 B의 각 링크끼리의 초단 거리를 측정하여 충돌을 감지하였다.

로봇 링크끼리의 거리를 다음과 같은 방식으로 구하였다. 로봇 A의 i -th 조인트와 $(i+1)$ -th 조인트의 사이의 vector로 생성하였고, 로봇 B도 동일하게 vector로 생성하여 2 vector사이의 거리를 CPA알고리즘을 이용하여 계산하였다.

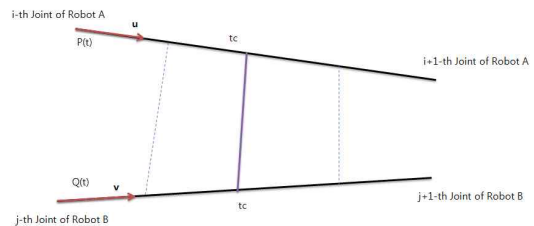


Fig. 1 The closest point between robots

먼저 Robot A의 i -th 조인트와 $(i+1)$ -th 조인트 사이의 vector를 $P(t)$ 라고 하고, Robot B의 j -th 조인트와 $(j+1)$ -th 조인트 사이의 vector를 $Q(t)$ 라고 하면, $P(t)$ 와 $Q(t)$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} P(t) &= P_0 + tu \\ Q(t) &= Q_0 + tv \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 u 와 v 의 unit vector이고, t 는 거리에 대한 정보이다. 만약 t 가 0이면 i -th 조인트의 위치(P_0 or Q_0)가 되고 t 가 1이면 $(i+1)$ -th 조인트 위치가 된다. $P(t)$ 와 $Q(t)$ 를 이용하여 CPA알고리즘을 적용하면 로봇 링크 사이의 최단 거리를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} d_{CPA}(P(t), Q(t)) &= |P(t_c) - Q(t_c)| \\ \text{where } t_c &= \frac{-(P(0) - Q(0)) \cdot (u - v)}{|u - v|^2} \end{aligned} \quad (2)$$

예로서 2대의 로봇 링크끼리의 최단 거리를 측정하는 알고리즘은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{for } i &= 1 : dof - 1 \\ \quad \text{for } j &= 1 : dof - 1 \\ \quad \quad d_{CPA}(i, j) &= |R_A(joint_i) - R_B(joint_j)| \\ \quad \quad \text{end} \\ \quad \text{end} \\ \min_{distance} &= \min(d_{CPA}(i, j)) \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 $R(joint_i)$ 는 로봇의 $joint_i$ 의 위치와 $joint$

t_{i+1} 의 위치 사이의 vector이다.

로봇 링크 사이의 충돌 감지 알고리즘을 LabView로 구성하면 그림2와 같다.

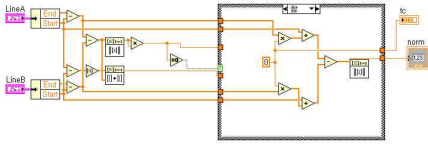


Fig. 2 LabView program of calculating the minimum distance between two robots

로봇 충돌 감지 알고리즘을 이용하여 충돌이 발생할 경우에는 alarm 발생 후 정지하도록 할 수 있다. 본 시뮬레이션 프로그램에서 적용한 로봇은 6자유도 로봇이기 때문에 자체적으로 로봇이 회피할 수 있는 자유도가 없기 때문에 우선권이 작은 로봇이 정지하도록 하였다.

3. 협조 제어 알고리즘

여러 대의 로봇이 개별적으로 움직일 경우에는 충돌 감지만 수행하여 사전에 충돌 여부를 확인할 수 있지만, 여러 대의 로봇의 동일한 물체를 들고 작업하거나 협조 제어를 수행 시에 이를 시뮬레이션이 가능하도록 협조 제어 알고리즘을 개발하였다.

협조 제어를 수행 시에는 여러 대의 로봇에 대한 조건식이 발생된다. 이 조건식이 반영될 수 있도록 기구적 관계식을 이용하여 협조 제어 알고리즘을 개발하였다.

2대의 로봇이 협조제어를 수행 시에 object에 대한 궤적과 조건식이 존재한다. 이 궤적과 조건식에 대한 2대의 로봇의 끝단 위치가 정해지게 된다.

4. 다중 로봇 시뮬레이션 프로그램 구축

LabView의 3D graphic을 표현할 수 있는 library, 충돌 감지 알고리즘과 협조 제어 알고리즘을 이용하여 다중 로봇을 기구학적으로 시뮬레이션을 해 볼 수 있는 프로그램을 구축하였다.

이 프로그램에서는 로봇 개별 동작도 가능하고 CoWork Switch를 작동하면 협조 제어 가능하도록 하였다.

- 이 프로그램에 있는 기능은 다음과 같다.
- Cartesian 좌표계 명령어 지령(x,y,z위치와 alpha, beta, gamma의 방향)
- 로봇 상태 정보 표시(위치, Joint angle값 등 표시)

- 로봇 사이의 거리 정보 표시
- 충돌 감지를 위한 로봇 사이의 최소 거리 표시

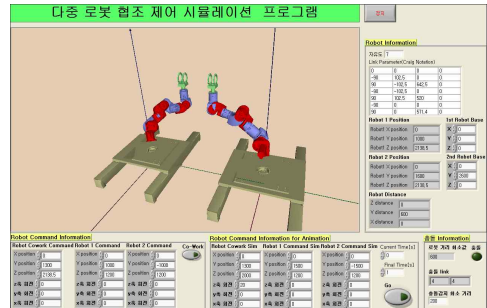
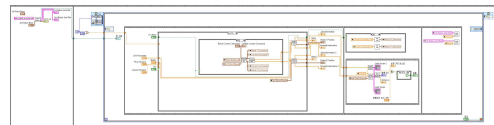


Fig. 3 Display of a multi-robot cooperation simulation program



< 다중 로봇 협조 제어 프로그램 소스 >

Fig. 4 Labview program of a multi-robot cooperation simulation program

4. 결론

본 논문에서는 LabView를 이용하여 다중 로봇 시뮬레이션 프로그램을 구축하였다. 이 프로그램에서는 다중 로봇을 기구학적으로 해석이 가능하고, CPA알고리즘을 이용하여 로봇 간의 충돌을 감지할 수 있도록 구성하였다.

후기

본 논문은 지식경제부 우수제조기술연구센터(ATC)사업(과제번호 : 10031483, 과제명 : 차세대 협업 생산 로봇을 위한 다자유도 Robot Arm 및 응용기술 개발)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. S. Harrand Azuma, "Cell production system for assembly", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 4, 379-385, 1988.
2. http://softsurfer.com/Archive/algorithm_0106/algorithm_0106.htm.
3. LabView 2011 Manual.