

B-Spline을 이용한 로봇의 경로 계획 기법에 대한 연구

Robot Path Planning of a Robot using B-Spline

*지용관¹, #박장현², 김현태²

*Y.K.Ji¹, #J.H.Park(jpark@hayang.ac.kr)², H.T.Kim²

¹한양대학교 미래자동차공학과, ²한양대학교 미래자동차공학과

Key words : Robot, Path Planning, B-Spline

1. 서론

로봇의 연구는 지도 작성(Map Building), 위치 파악(Localization), 장애물 회피(Obstacle Avoidance), 경로 계획(Path Planning) 등이 주된 연구 분야이다. 그 중 경로계획은 로봇에게 어떠한 임무가 주어졌을 때 그 임무를 수행하기 위해 이동할 수 있는 경로를 생성하는 분야이다.

경로를 생성하는 방법은 위치에너지 개념을 적용한 Potential Fields, 기하학적 해석법에 기초한 Geometric Algorithms, 격자 기반의 검색 알고리즘(Grid-Based Search), 확률문제로 해석하는 Sampling-Based Algorithms으로 나눌 수 있다. 이러한 경로 계획은 크게 2가지 문제점이 있다. 첫 번째는 경로를 직선으로 구성하여 로봇이 이동 중 방향 전환을 위한 정지 동작이 수반되어 총 이동시간의 증가를 가져온다. 두 번째는 시작지점과 목표지점에서 로봇의 자세를 고려하지 않는다는 점이다.

본 논문에서는 이러한 2가지 문제를 해결하기 위하여 B-Spline을 사용하여 경로를 곡선 형태로 생성하고자 한다.

2. Convex Hull Path

우선 본 연구에서는 3가지를 가정하고자 한다. 첫 번째, 지도상의 모든 장애물은 다각형으로 존재한다. 두 번째, 로봇과 지도는 2차원 상에 존재하고, 로봇에는 지도정보가 저장되어 있다. 세 번째, Workspace에서 로봇은 하나의 점으로 존재한다.

Convex Hull이란 임의의 주어진 여러 개의 점 중에서 이를 모두 포함하는 볼록다각형을 의미한다. 이 볼록다각형을 이용해서 Convex Hull Path를 정의하는데, 실제 경로가 아니라 B-Spline Path를 생성하기 위한 임시경로로 사용되고 생성된 임시

경로에서 Control Points를 추출한다.

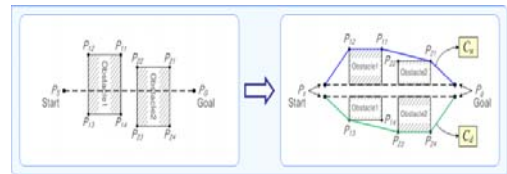


Fig. 1 Convex Hull Path

그림 1과 같이 어떠한 지도상에서 시작점과 목표점이 주어지면 Straight Path를 그릴 수 있다. 그리고 Straight Path에 교차하는 장애물을 윗 부분과 아래 부분으로 나눈다. 나눈 부분에 대해서 각각 Convex Hull을 취하고 위쪽은 C_u Path, 아래쪽은 C_d Path를 획득할 수 있다. 그리고 생성된 Convex Hull Path에서는 장애물을 크게 내부 장애물, 외부 장애물의 2가지로 나눈다.

3. Convex Hull Path 결정

발생된 여러 개의 경로 중에서 가장 좋은 Convex Hull Path를 결정하기 위해서는 경로의 총 길이와 가중치가 부여된 방향 전환 지수의 합으로 결정한다. 시작점에서 목표점까지의 총 길이는 식(1)로 구한다.

$$k_l = \sum_{i=2}^M |C(i) - C(i-1)| \quad (1)$$

방향전환지수는 로봇이 방향을 전환한 양의 총 합에 방향을 전환한 횟수를 곱하여 나타내어지는 값으로 이 값이 작을수록 더 좋은 경로를 나타낸다. 방향전환지수는 식(2)로 구해진다.

$$k_d = N \cdot \sum_{i=1}^N |\theta(i) - \theta(i-1)| \quad (2)$$

$\theta(0)$: initial orientation

N : the number of changed orientation

최종적인 경로의 결정은 식(3)을 통해 결정한다.

$$\min(k_l + \beta k_d) \rightarrow S_c \quad (3)$$

최종적으로 Convex Hull Path가 결정되면 Control Points를 선정이 가능하다. Control Points는 시작점과 목표점에서 요구되는 로봇의 방위에 대한 스케일 상수가 고정 Control Points로 지정된다.

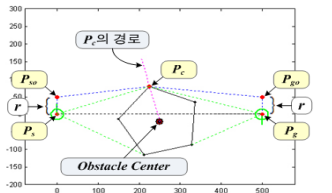


Fig. 2 Control Points on Map

그리고 Convex Hull Path와 Obstacle이 교차하는 점이 Pc가 되고, Pc는 B-Spline을 생성하면서 Obstacle Center에 따라 점점 증가하거나 감소한다. 이런 과정을 거쳐 Control Points Matrix를 구성하면 B-Spline Path를 생성 가능하다.

$$P = [P_s \ P_{s0} \ P_c \ P_{g0} \ P_g]^T \quad (4)$$

3. B-Spline 경로

B-Spline Path를 생성하는 방법은 Pc의 초기값으로 B-Spline을 생성하고 장애물과 교차하는지 검사를 수행한다. 이때 장애물이 경로에 교차를 하면 Pc의 값을 증가시키고 B-Spline을 재생성한다. 이 과정을 반복 수행하면서 장애물이 B-Spline에 교차하지 않을 때까지 Pc값을 증가시켜 B-Spline을 생성한다.

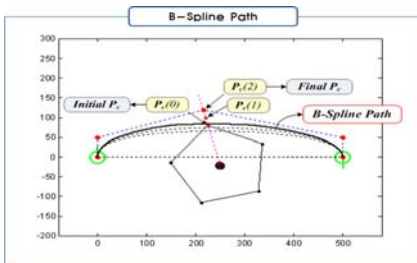


Fig. 3 B-Spline Path

4. 실험 및 시뮬레이션

가상의 지도에서 B-Spline의 경로가 생성되는

과정을 시뮬레이션을 수행하였다. 생성한 B-Spline의 order는 4로 지정하였고 오목 다각형, 지그재그한 형태, 볼록 다각형에 대해서 시뮬레이션을 수행하였다. 마지막으로 Potential Field와 비교 실험을 수행하였다.

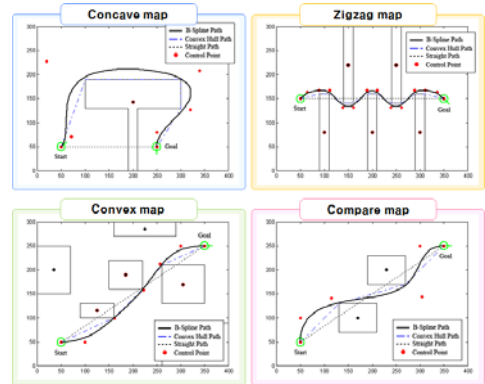


Fig. 4 Simulation Results

4. 결론

Convex Hull Path를 사용하여 로봇의 방향성을 고려한 경로를 설계하였고 Control Points를 추출하여 B-Spline Path를 생성할 수 있었다. 이로 인해 로봇의 이동이 부드러운 동작으로 이동이 가능함을 확인할 수 있었다. 향후에는 동적 장애물에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

후기

본 논문은 지식경제부 우수 제조 기술 연구센터(ATC) 사업(과제번호 20100000002171-차세대 협업 생산 로봇을 위한 다자유도 Robot ARM 및 응용 기술)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 니시카와 마사오. 한동순 역, “개설 Robot 공학”, 기술정보, 2008.
2. R. Siegwart, I. R. Nourbaksh, "Introduction to Autonomous Mobile Robots", A Bradford book, 2004.
3. H. Choset, "Principles of Robot Motion - Theory, Algorithms and Implementations", A Bradford book, 2005.
4. Edward Angel, "Interactive Computer Graphics", Addison-Wesley, 2008.