

이동형 로봇을 위한 무선전력전달용 파워매트

최수용*, 이성우**, 박창병**, 이우영**, 임춘택*
 *KAIST 원자력 및 양자공학과, **KAIST 전기 및 전자공학과

ABSTRACT

본 논문에서는 한정된 공간에서 배터리 용량에 제약 없이 이동형 로봇이 동작할 수 있도록, 연속적으로 로봇에 전력을 공급할 수 있는 무선전력전달용 파워매트를 제안하였다. 파워매트는 단선의 급전케이블을 사용하여 케이블끼리 겹치지 않고 넓은 면적에 자기장을 발생시킬 수 있도록 구성하였고, 집전코일은 이동로봇의 바닥에 부착하여 파워매트의 모든 위치에서 연속적으로 전력을 공급 받을 수 있도록 구성하였다. 제안된 무선전력전달용 파워매트와 집전장치를 제작하였고, 시뮬레이션과 실험을 통해 우수성을 확인하였다.

1. 서론

최근에 유비쿼터스 환경을 구축하기 위해 로봇이나 각종 이동형 기계·전자장치에 연속적으로 전력을 공급할 수 있는 기술이 요구되고 있다. 일반적으로 편리하게 전력을 공급하기 위해 배터리를 사용하는 방식이 잘 알려져 있다.

그러나 배터리를 사용하는 방식은 주기적으로 충전이 이루어져야 하고, 또 로봇이나 이동형 기계·전자장치의 작업 장소와 충전 장소가 서로 분리되어 있기 때문에 작업의 연속성이 떨어지고 충전하는 데에도 많은 시간이 소요되는 단점이 있었다.

이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 방법의 무선충전장치가 제안되었다 [1]-[3]. 그러나 넓은 면적에 전력을 전달할 수 있는 기존의 무선전력전달 기술들은 대부분 급전케이블이 서로 겹치게 구성되어 있어 급전바닥이 고르지 못하고, 이는 이동형 기기의 움직임에 제약을 준다 [4]. 또한, 대부분 이동형 기기의 위치를 감지하여 그 위치에 해당하는 급전코일만 온/오프 제어하는 방식을 많이 사용하므로 시스템이 복잡해지고 고가인 문제점이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 단선 급전케이블을 사용하여 케이블끼리 겹치지 않는 무선전력전달용 파워매트가 설치된 한정된 공간에서 집전장치의 위치에 상관없이 전력을 전달할 수 있는 기술을 제안하였고, 시뮬레이션과 실험을 통해 그 우수성을 입증하였다.

2. 무선전력시스템의 작동원리

그림 1은 제안된 무선전력전달용 파워매트의 개요도이다. 로봇 집전장치의 위치에 상관없이 연속적으로 전력을 공급하기 위해 이동경로 바닥에 급전케이블과 코어로 구성된 파워매트를 설치하고, 로봇의 바닥에는 집전케이블과 코어 그리고 로봇의 몸체내에는 정류기와 배터리로 구성된 집전장치를 설치한다.

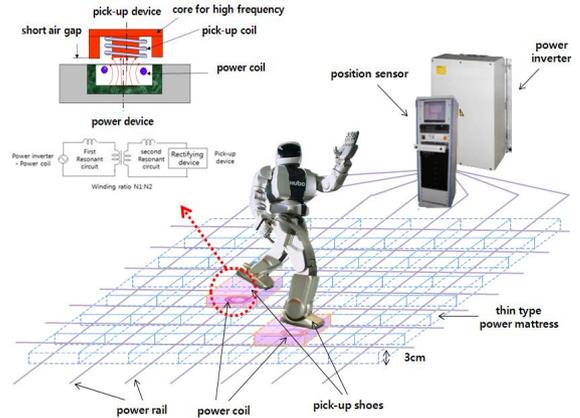


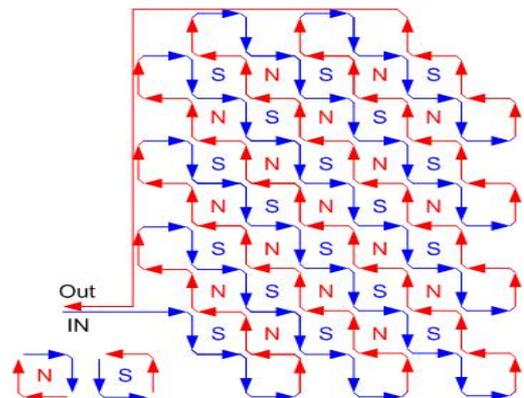
그림 1. 제안된 무선전력전달용 파워매트 개요도

무선전력전달 원리는 다음과 같다. 고주파 인버터를 사용하여 파워매트의 급전케이블에 고주파 전류를 흘려 자기장을 발생시키고, 이로 인해 이동로봇 집전장치의 집전케이블에 전압 및 전류가 유도되어 결국 이동로봇의 배터리에 전력이 지속적으로 공급된다.

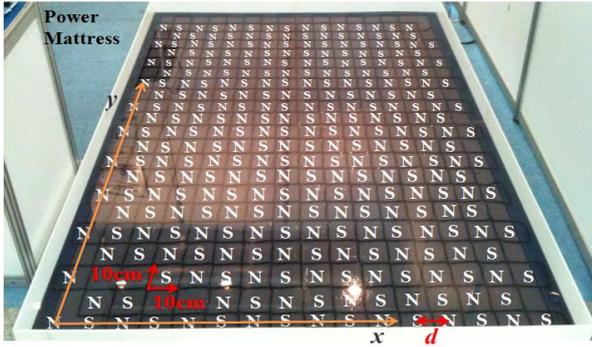
3. 파워매트와 집전시스템

단선의 급전케이블을 사용하여 케이블끼리 겹치지 않게 하기 위한 파워매트의 급전케이블 권선구조와 제작한 파워매트를 그림 2에 나타내었다.

파워매트는 사각형의 코어 위에 가로, 세로 길이가 각각 10cm인 급전케이블이 매트릭스 형태로 배열되어 있고, 인접한 급전케이블들은 서로 다른 자기 극성을 가진다.



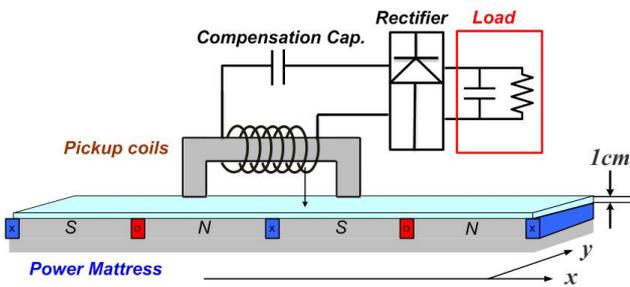
(가) 파워매트의 급전케이블 권선방법



(나) 제작된 파워매트

그림 2. 파워매트의 권선방법

그림 3은 로봇의 바닥에 부착된 집전장치를 보여주고 있다. 집전케이블에 유도된 고주파 전압 및 전류를 정류시켜 로봇의 배터리를 충전시킨다. 또한, 로봇이 파워매트 위에서 이동할 때, 로봇과 매트사이의 상대적인 위치에 둔감하게 전력을 공급 받을 수 있도록 3개의 집전장치를 위치와 각도를 다르게 하였다.



(가) 집전장치 개요도



(나) 제작된 집전장치

그림 3. 자기유도 파워매트와 집전코일

4. 시뮬레이션 및 실험을 통한 검증

입력전류가 10A_{rms}일 때, 시뮬레이션을 통한 파워매트의 위치에 따른 자기장의 세기를 그림 4에 나타내었다. 그래프에서 볼 수 있는 것처럼 자기장은 파워매트의 급전케이블 루프의 중심에서 최대가 되고, 루프의 중심에서 벗어남에 따라 점점 감소한다. 그러나 로봇 충전을 위해 위치와 각도가 서로 다른 3개의 집전코일을 사용하기 때문에 로봇의 상대적 위치에 둔감한 전력을 얻을 수 있다.

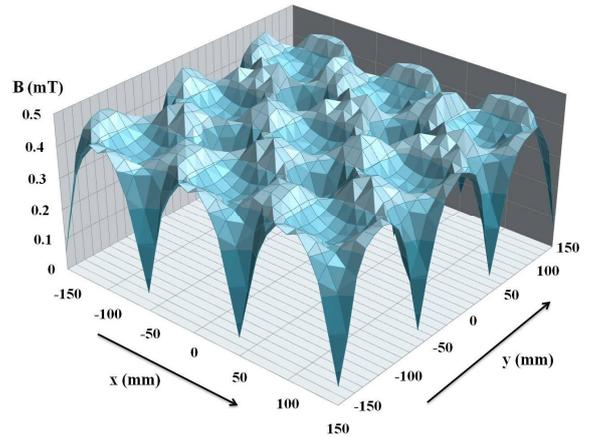


그림 4. 파워매트의 위치에 따른 자기장 시뮬레이션 결과

로봇에 전달되는 전력을 측정하기 위해 입력주파수 110kHz, 급전케이블과 집전케이블 사이의 공극 1cm 조건에서 실험을 수행하였다. 또한, 최대출력을 얻기 위해 급전코일과 집전코일에 각각 직렬로 보상커패시터를 연결하였다. 파워매트의 급전코일 루프의 중심과 루프사이에서 각각 18.6W와 2.2W의 전력을 얻었다. 각 코일의 상세한 파라미터는 표 1에 나타내었다.

표 1. 각 코일의 인덕턴스 및 커패시턴스

| | 인덕턴스 (μH) | 커패시턴스 (nF) |
|-------|-----------|------------|
| 급전케이블 | 70 | 29.9 |
| 집전케이블 | 286 | 7.3 |

4. 결론

제한한 무선전력전달용 파워매트를 이용하여 한정된 공간에서 배터리 용량의 한계에 따른 이동로봇의 시공간적 문제를 해결하였다. 이동로봇에 제한한 무선전력전달 시스템을 적용함으로써 기존의 로봇 대비 배터리의 충전 및 교체로 인한 임무 중단 시간 없이 연속적인 로봇의 임무 수행이 가능하다.

참고 문헌

- [1] S. W. Lee, J. Huh, C. B. Park, N. S. Choi, G. H. Cho, and C. T. Rim, "On-Line Electric Vehicle using inductive power transfer system," in IEEE ECCE, pp. 1598-1601, 2010.
- [2] J. Huh, S. W. Lee, C. B. Park, G. H. Cho, and C. T. Rim, "High performance inductive power transfer system with narrow rail width for On-Line Electric Vehicles," in IEEE ECCE, pp. 647-651, 2010.
- [3] J. Huh, W. Y. Lee, G. H. Cho, B. H. Lee, and C. T. Rim, "Characterization of novel inductive power transfer systems for On-Line Electric Vehicles," in IEEE APEC, pp. 1975-1979, 2011.
- [4] W. Zhang, S. C. Wong, C. K. Tse, and Q. Chen, "A study of sectional tracks in roadway inductive power transfer system," in IEEE ECCE, pp. 822-826, 2011.