

# 배전선로 점검로봇의 경량화 및 검출 프로그램 개발 Light Weight of the Inspection Robot for Power Lines Maintenance and Development of Monitoring Program

\*#고석조<sup>1</sup>, 김대경<sup>1</sup>, 김진봉<sup>2</sup>

\*#S. J. Go(sjgo@dit.ac.kr)<sup>1</sup>, D. K. Kim(kadrian@dit.ac.kr)<sup>1</sup>, J. B. Kim(daehong2332@daum.net)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>동의과학대학 컴퓨터응용기계계열, <sup>2</sup>(주)대홍전력

Key words : Inspection robot, Power line, Rapid prototype, Vacuum casting, monitoring program

## 1. 서론

현재 시행되고 있는 배전선로의 예방진단 방법의 하나인 승주 기별 점검은 인력을 이용하여 육안이나 열화상 카메라로 이상 유무를 식별하여 점검하는 방식이다[1,2]. 그러나 이 방법의 경우 연간 500억원의 예산을 투입하면서도 전체 지지물의 7%만을 점검하고 있으며 고장진단 과정에서 안전사고의 발생 위험을 안고 있다. 이와 같은 방식을 대신할 수 있는 방법으로 (주)대홍전력에서는 배전선 위에 설치된 가공지선을 따라 로봇이 이동하면서 가공선로의 점검과 애자의 열화 및 부식 상태를 점검할 수 있는 배전선로 점검로봇에 대한 연구가 있었다[3,4]. 그러나 배전선로 검사장치와 이동기구를 가진 점검로봇의 자체 중량이 무거워서 검사 중 전선의 처짐이 발생하였으며 처짐에 의해 주위의 다른 전선과의 접촉 등의 문제점이 나타났다.

본 연구에서는 기존에 개발된 배전선로 점검로봇에 대한 구조 분석을 통해 로봇의 경량화에 대한 연구를 하고자 한다. 그리고 배전선로 점검로봇에 열화상카메라와 소음원 검출기를 장착하여 로봇이 가공지선을 주행하면서 두 개의 검출기 중 하나라도 열화설비를 검출하면 로봇을 정지시키고 두 가지의 검출기 검출 데이터와 GPS 위치 데이터를 조합하여 정보를 로봇의 산업용 PC에 저장하고 운영자가 저장 데이터를 원격 및 수동접속으로 열화 진단 데이터를 확인해 볼 수 있는 검출 프로그램을 개발하고자 한다.

## 2. 배전선로 점검 로봇

전력 수송을 위해 사용되는 배전선에는 다양한 종류의 애자와 가공전선이 있다. 이러한 애자나 가공전선은 대기 중에서 장시간 운용되기 때문에 대기 화합물의 접촉이나 계절의 변화에 따른 부식 그리고 열화로 인해 전력 수송에 있어 많은 손실을 가져오게 된다. Fig. 1은 (주)대홍전력에서 개발한 배전선로 점검로봇으로 가공지선 상에서 전선을 검사한 후 지지대를 이동하는 모습을 나타낸다. 배전선로 점검로봇의 구조는 로봇의 이동을 위한 기구부, 전선주의 형태를 인식하여 로봇의 이동을 지시하는 제어부, 로봇에 원하는 움직임을 부여하기 위해 모터를 구동하는 구동부, 전선의 이상유무를 감지하기 위한 측정장비, 로봇과 측정장비의 구동에 필요한 전원공급을 위한 배터리, 각 부품을 연결하는 알루미늄 케이스 및 클램프 등으로 구성되어 있으며 전체 로봇의 무게는 35kg 이다.

개발된 점검로봇은 한국전력공사에서 설치한 배전선로 환경을 고려해서 제작되었으며 배전선의 온도를 파악할 수 있는 열화상 카메라와 그 불량상태의 유무를 판별하기 위한 영상 획득용 CCD 카메라를 이용함으로써 고압 설비의 불량을 점검하도록 구성되었다. 그러나 가공지선 상의 주행과 지지대를 이동하는 과정에서 35kg인 점검로봇의 무게로 인해 전선의 처짐 문제와 지지대 이동 시 로봇 자체의 흔들림을 유발하였다.

따라서 본 연구에서는 다양한 규격의 전선에 대응하고 무게에 따른 처짐 문제를 해결하기 위해 로봇의 각 부품에 대한 경량화를 하였다. 그리고 열화설비에 대한 검출 정도를 향상하기 위해 열화상카메라와 소음원 검출기 그리고 GPS를 이용하여 검출 시스템을 구성하였으며 검출 모니터링 프로그램을 개발하여 사용자의 편의성을 고려하고자 하였다.

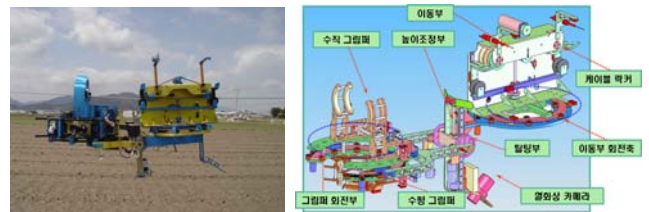


Fig. 1 Robot for power lines maintenance

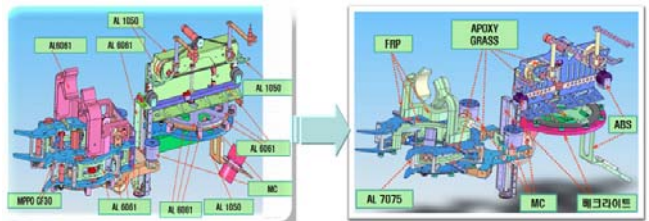


Fig. 2 Design of the Light weighted robot



Fig. 3 Rapid prototype of a tilt arm and a gripper

## 3. 로봇의 경량화

신제품을 개발할 때 제품 설계로부터 실제 눈으로 확인할 수 있는 시제품을 제작하는 과정은 반드시 필요하고 이에 소요되는 경제적·시간적 비용을 절약하기 위하여 쾌속조형(RP, Rapid prototyping) 기술과 진공주형(vacuum casting) 기술이 이용되고 있다[5,6]. 쾌속조형기술이란 3차원 형상을 여러 개의 2차원 단면으로 나눈 후 이를 순차적으로 적층함으로써 원하는 3차원 시제품을 만드는 기술이다. 그리고 10개 이상의 시제품을 한번에 필요로 하는 경우에는 RP에서 제작된 제품을 마스터 모델(master model)로 하여 진공 주형 기술에 의해 양산 제품과 동일한 제품을 얻을 수 있다.

본 연구에서는 배전선로 점검로봇의 경량화를 위해 로봇 본체를 구성하고 있는 각 부품에 대해 Fig. 2와 같이 설계를 하고 쾌속광조형기를 이용하여 마스터 모델을 제작한 후 진공주형기를 이용하여 제품을 제작하였다[7]. 그리고 로봇의 무게를 줄이고 충분한 강도와 강성을 가지기 위하여 Fig. 3과 같이 그립퍼를 지지하는 플레이트 및 프레임은 비강도를 고려하여 에폭시 글라스를 사용하였으며 비교적 고강도가 요구되는 부분은 대부분 알루미늄(6061)소재 사용하였으며 회전축은 S45C 금속을 사용하였다. 또한 제작의 용이성을 고려하여 복잡한 형상은 우레탄 몰드를 이용한 ABS를 적용하였으며 기타 재질로는 아세탈을 사용함으로써 기존 중량 35kg의 로봇을 16kg으로 줄일 수 있었다. Fig. 4는 경량화 된 검사로봇의 외형과 사양을 나타내며 Table 1은 기존로봇과의 비교를 나타낸다.



	Specification
Weight [kg]	16
Motor [EA]	13
Size [mm]	1068 × 765 × 508
Climbing angle	max 20°
Battery	3hour
Velocity	20m/min
Working time	5min/span

Fig. 4 Light weight of the inspection robot

Table 1 Design of the Light weighted robot

	Goal	Inspection robot	Developed robot
Weight	50% light weight	35kg	16kg
Velocity	5min/span	7min/span	5min/span
Fault detection	-	IR camera	IR camera & Sound Measurement
Fault position	real-time	-	real-time

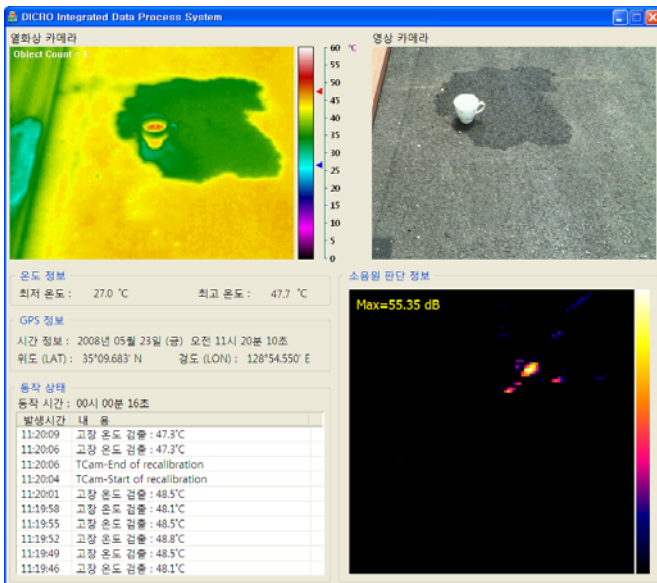


Fig. 5 Monitoring program

#### 4. 검출 프로그램

기존의 배전선로 점검로봇에 열화상카메라와 소음원 검출기를 장착하여 로봇이 가공지선을 주행하면서 두 개의 검출기 중 하나라도 열화설비를 검출하면 로봇을 정지시키고 두 가지의 검출기 검출 데이터와 GPS 위치 데이터를 조합하여 정보를 로봇의 산업용 PC에 저장하고 운영자가 저장 데이터를 원격 및 수동접속으로 열화 진단 데이터를 확인해 볼 수 있는 검출 프로그램은 개발하였다.

##### 4.1 검출 시스템 구성

검출 시스템은 산업용 PC, 열화상 검출기, 화상 카메라, 소음원 검출기, GPS로 구성된다. 산업용 PC는 열화상 검출 프로그램, 화상 카메라, 소음원 검출 프로그램, GPS 위치 검출 프로그램을

구동하고 검출 프로그램 구동 시 로봇 모션컨트롤러와 동작 및 정지 명령을 내리는 기능을 수행한다. 그리고 열화상카메라는 도체에서 발생하는 이상유무를 탐지하고 소음원 검출기는 애자에서 발생하는 이상유무를 탐지하게 된다. 열화상 카메라는 IEEE1394, 영상 카메라 및 소음원 검출기는 USB, GPS는 시리얼(serial) 통신으로 연결한다. 따라서 배전설비에 존재하는 열화설비를 측정기(열화상, 영상, 소음원, GPS)를 이용하여 가공지선을 주행하면서 검출할 수 있다. 단 포스트를 넘어가는 동작 중에는 검출기능을 정지한다. 측정기가 열화설비 검출 시에는 검출 화면을 자동 저장하게 되며 소음원 판단을 위해 로봇은 정지하고 소음원 판단을 한 후 검출데이터를 저장하고 다시 주행을 한다.

#### 4.2 검출 모니터링 프로그램

검출 모니터링 프로그램은 Visual C++로 작성 되었고, 검출된 데이터는 Fig. 5와 같이 하나의 데이터로 저장이 된다. 검출 데이터를 보면 좌측 상단에는 열화상이미지가 있고 우측에는 실영상 이미지, 하단에는 GPS 좌표와 소음원 데이터(거리, 방향)을 표시하는 영상을 나타낸다. 열화상 카메라 운용 시 환경 조건을 입력할 수 있도록 환경 및 온도 설정을 리모콘 상에서 설정하도록 하였다. 특히 열화상 카메라의 경우는 로봇과 개별적으로 측정이 가능하여 일반 테스트탑이나 노트북 컴퓨터에 통합 검출 프로그램을 설치한 후 열화상카메라만 운용이 가능하므로 현장 활용도를 증대시킬 수 있다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 배전선로 검사장치와 이동기구를 가진 점검로봇에서 문제가 된 자체 중량에 따른 전선 처짐 문제를 해결하기 위해 기존에 개발된 배전선로 점검로봇의 경량화를 하고자 하였다. 배전선로 점검로봇에서 대부분의 무게를 차지하고 있는 케이스와 클램프의 재질을 캐속광조형기와 진공주형기를 이용하여 ABS 수지로 대체함으로써 로봇의 무게를 35kg에서 16kg으로 감량할 수 있었다. 그리고 열화상카메라와 소음원 검출기를 장착하여 열화설비를 검출하고 열화 진단 데이터를 확인해 볼 수 있는 검출 프로그램을 개발하였다.

#### 후기

본 연구는 (재)부산테크노파크 2007년도 산학공동기술혁신사업의 지원에 의한 것입니다.

#### 참고문헌

1. 이기상, "적외선 카메라를 이용한 초고압 변압기의 온도특성 분석," 조선대학교 대학원 박사학위논문, 2003. 2
2. 이학현, "적외선 카메라를 이용한 배전선로 결합진단," 전남대학교 산업대학원 석사학위논문, 2003. 8
3. 한순신, 최재영, 이장명, "열화상 카메라와 CCD 카메라를 이용한 배전선 고장진단 로봇개발", 2007년도 정보 및 제어 학술대회(CICS'S 07) 논문집, pp.85-86, 2007. 10. 26
4. 정희석, 김득권, 이장명, "센서융합을 이용한 적응형 배전선 점검 로봇 제어", 2007년도 추계 합동 학술논문발표회 논문집, 울산대학교, pp1-4, 2007. 12. 1
5. 안동규, 양동열, "캐속조형공정의 원리 및 동향," 한국정밀공학회지, 제22권, 제10호, pp.7-16, 2005. 10
6. 김기대, "캐속조형과 진공주형 및 세라믹 몰드를 이용한 금속주조 시제품 제작 공정에서의 형상정밀도 변화," 한국정밀공학회지, 제24권, 제6호, pp.131-137, 2007. 6
7. 고석조, 김대경, 김진봉, 손태영, "배전선로 점검로봇의 경량화에 관한 연구," 한국정밀공학회 2008년도 추계 학술대회 논문집, pp. 637-638, 2008. 6. 11-13, 라마다프라자제주호텔