

주파수 변화에 따른 HH 스마트센서의 센싱능력 평가(I)

Analysis of the Ability of Recognize Objects for Smart Sensor According to Frequency Changing (I)

황성연* · 홍동표** · 박준홍***

Seong Youn Hwang, Dong Pyo Hong, Jun Hong Park,

Key Words : Smart Sensor(지적 센서), Sensing Ability Index(센싱능력지수), Auto-Correlation Function(자기 상관함수), Weighting Function(가중함수), R_{SAI} Index(인식지수)

ABSTRACT

This paper deals with sensing ability of smart sensor that has a sensing ability to distinguish materials according to frequency changing. We have developed a new signal processing method that can distinguish among different materials. The smart sensor was developed for recognition of materials. We estimated the sensing ability of smart sensor with the R_{SAI} method according to frequency changing. Experiments and analysis were executed to estimate the ability to recognize objects according to frequency changing. Sensing ability of smart sensors was evaluated relatively through a new R_{SAI} method. Applications of smart sensors are for finding abnormal conditions of objects (auto-manufacturing), feeling of objects (medical product), robotics, safety diagnosis of structure, etc.

1. 서론

지적센서를 이용하는 분야가 공장이나 산업현장 뿐만 아니라 의료분야, 통신분야 등에서 넓어지고 있다. 그래서 일반인들의 생활 가까이에서도 많이 볼 수 있는 상황이다. 이에 따라 지적 센서의 형상 및 재료, 그리고 신호 처리 방법도 다양하게 연구되어지고 있고, 지적센서의 성능 향상 및 평가 방법 또한 중요한 연구 과제가 되고 있다.

지적센서의 재료로는 PVDF(polyvinylidene fluoride) 필름과 초 탄성재료를 선택하였다. PVDF 필름은 최근 개발된 압전 소재로서 박막의 공학용 필름이다. 이는 그 가공이 다른 센서소재에 비해 매우 간단하고 가벼울 뿐만 아니라 사용 주파수 영역과 동적 범위가 넓다는 등의 여러 가지 장점을 지니고 있어 많은 분야에서 응용되어 사용되어지고 있고 확대될 전망이다. Royston⁽¹⁾은 금속 파이프에 물이 통과할 때 평면파를 검출하기 위한 경험적 비파괴 지적센서로서 PVDF 센서를 이용하였다. 대부분 지적센서는 정적인 상태에서 대상물의 형태나 특성을 파악하기 위한 센싱 기법이 연구되었다. 반면에 Howe⁽²⁾는 동적인 상황에서 공간과 순간적인 주파수를 센싱 할 수 있는 지적센서에 관한 연구를 수행하였다. Li⁽³⁾는 밀링 표면

의 파괴, 칩핑(chipping), 마모를 자동적으로 검출하기위한 지적 센서에 관한 연구를 하였다. Hwang^(4,5,6)은 대상물을 인식하기 위한 지적센서와 인식지수(R_{SAI})를 개발하여 경도가 다른 대상물을 파악하는 신호처리기법에 관하여 연구하였다. 그 외 로봇관절 강도나 손상정도를 파악하기 위한 비파괴 센서나 반구형 실리콘 고무에 PVDF 필름을 매트릭스 형태로 분포 시켜 접촉 위치와 특성을 파악할 수 있는 지적센서로 제안되어진바 있다.

이번 연구에서는 대상물을 인식할 수 있는 지적센서의 개발과 대상물을 인식할 수 있는 신호처리시스템을 개발하였다. 실험을 위하여 HH(Hard-Hard)타입의 지적센서를 개발하여 사용하였다. 이 HH 지적센서는 대상물 인식용으로 사용되는 센서이다. 본 논문에서는 새로운 평가 기법(R_{SAI})을 이용하여 주파수 변화에 따른 HH 지적센서의 대상물에 대한 센싱능력을 상대적으로 평가하여 최적의 센싱조건을 찾고자 실험을 실시하여 찾고자 한다. HH 지적 센서의 최적의 센싱조건을 찾고자 할 때 이 새로운 인식지수(R_{SAI})을 이용하여 대상물을 상대적으로 평가할 수 있는지를 연구하고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 새로운 인식 지수(R_{SAI}) 제안

현재까지 딱딱한 재료로 만들어진 대상물에 대한 이상유무를 검출하기 위한 지적센서가 개발되었고 유연한 대상물에 대한 이상유무를 판별할 수

* 정회원, 전북대학교 정밀기계대학원
E-mail:hwangsy37@chollian.net
Tel:063-270-2374, Fax:063-270-2368

** 정회원, 전북대학교기계공학부,
자동차신기술연구소

*** 정회원, 전북대학교 정밀기계대학원

있는 지적센서는 아직 개발 중에 있다. 또한 동적인 환경 중에서 지적센서를 이용하여 대상물을 평가하고 이를 향상시키기 위한 기법은 아직 개발 단계에 있다. 표면형태가 다른 지적센서의 센싱 능력을 평가하고자 새로운 인식지수(R_{SAI})를 이용해서 대상물의 동 특성에 따른 상대적인 인식능력 평가하고자 한다. 그러므로 대상물을 인식능력을 향상시키기 위해 센서의 서로 다른 부분에서 획득한 두 개의 SAI 값의 비를 이용하여 새로운 대상물 인식 지수(R_{SAI})를 다음과 같이 정의하였다. (4.5.6)

$$R_{SAI} = \frac{SAI_2}{SAI_1} \quad (1)$$

아랫 첨자 1, 2 는 센싱 포인트를 의미한다. 아랫 첨자 1 은 1 층(HH1) SAI 값을 의미하고 아랫 첨자 2 는 2 층(HH2)의 SAI 값을 의미한다.

2.2 지적센서 개발

본 연구에서는 지적센서의 동특성은 센서의 베이스(base) 부분과 표면의 형상 및 특성에 의해 크게 영향을 받음을 알 수 있다. 따라서 실험을 위하여 HH(Hard-Hard)Type 지적센서를 제작하여 사용하였다. 지적센서에 삽입할 압전 소자는 탄성적 유연성이 높아서 입력에 대한 출력이 정확한 PVDF 필름을 이용하였다. PVDF 필름은 필름의 두께 및 형상 등에 따라 독특한 응답 특성을 갖는다.

본 연구에서 사용되어진 지적센서의 규격은 Table 1에 나타내었다. Fig.1은 센서의 개략도이다. Fig.2는 실험장치의 개략도를 보여주고 있다.

Table 1. Specification of HH smart sensor

Base1 material	Base2 material	Surface material (thickness)	Sensor Type
Hard	Hard	0.5 mm	HH
PVDF film symbol			
PVDF1, PVDF2			HH1
PVDF3, PVDF4			HH2

실험 장치는 크게 지적센서를 제어 할 수 있는 입력 제어시스템, 제작된 지적센서를 고정시킬 수 있도록 제작된 지적센서 고정시스템 및 입력시스템, 센서에서 발생하는 신호를 획득하여

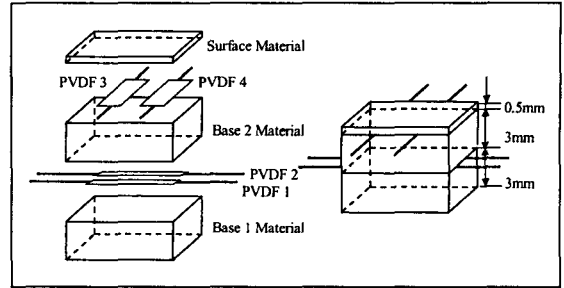


Fig 1. Schematic of HH smart sensor

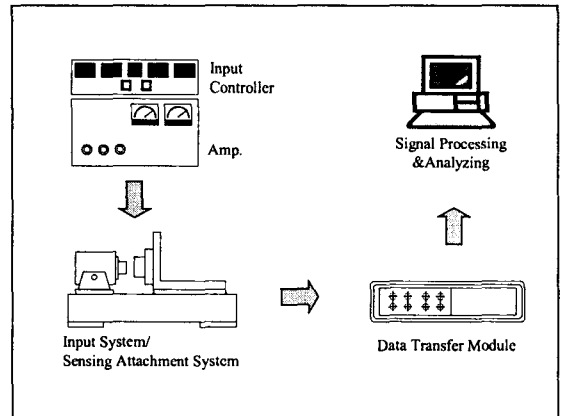


Fig.2 Schematic of the experimental set-up

변환시켜주는 데이터 획득 및 변환 시스템, 컴퓨터 프로그래밍을 통한 신호 처리 및 분석시스템으로 나눌 수 있다. 우리는 실험을 위하여 대상물을 준비하였고 이 4 종류의 대상물은 다른 강도를 가지고 있는 철(Fe), 알루미늄(Al), 나무(Wo), 스폰지(Sp)이다. 대상물의 두께는 3mm 이고 지름은 10mm 인 원형으로 제작하였다. 본 연구에서는 지적센서의 동특성 해석을 위해 주파수와 가진 변위를 변화시켜 그에 대한 동적인 응답 특성에 관하여 실험하였다. Table.2 는 실험에 사용된 입력변수 값이다.

Table 2. Input Variables for Experiment

Changing variable	Changing value
Acceleration	5g
Frequency	10Hz, 20Hz, 30Hz
Displacement	0.3, 0.5mm

Fig.3 는 분석 프로그램의 데이터 처리 방법에 대한 개략도를 보여주고 있다.

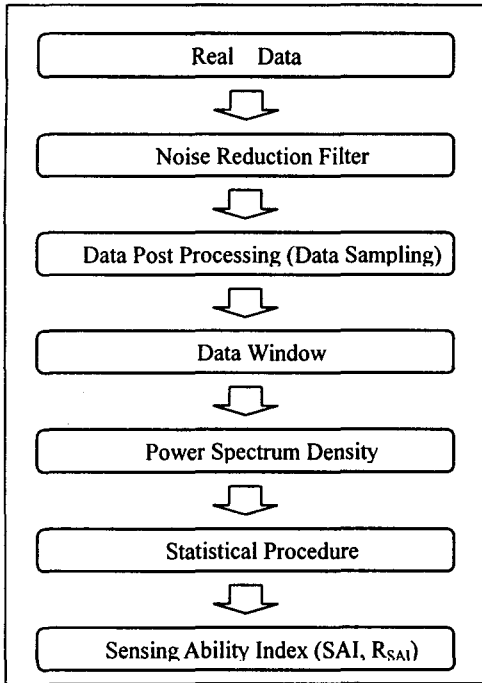


Fig 3. Schematic of Analysis Program

3. 실험결과 및 고찰

HH-type 지적센서를 이용하여 주파수 변화에 따른 HH 지적센서의 대상물의 인식능력을 새로운 인식지수(R_{SAI}) 방법으로 평가하여 보았다.

a) Fig.4,5 에서 살펴보면 각각의 대상물에 대한 R_{SAI} 값의 변화를 통해 대상물을 상대적으로 인식할 수 있음을 알 수 있다. 대상물의 정도차이는 $Sp < Wo < Al < Fe$ 순으로 철(Fe)이 가장 큰 값을 가지고 있다. 이러한 조건 하에서 새로운 인식지수(R_{SAI})을 이용하여 상대적으로 대상물을 변별해 낼 수 있음을 실험적으로 증명하였다. 즉 대상물의 정도차이에 의한 에너지 전달에 차이가 있음을 알 수 있고 이러한 개념의 새로운 인식지수(R_{SAI})가 대상물을 변별해 낼 수 있음을 알 수 있다.

b) Fig.4,5 에서 비교하여 보면 R_{SAI} 값이 10Hz-20Hz 에서는 거의 대상물인식에 변별력이 없음을 알 수 있다. 그러나 Fig.4-c 와 Fig.5-c 의 30Hz 에서 R_{SAI} 값의 경향은 $Sp > Wo > Al > Fe$ 순으로 정도(경도차이는 $Sp < Wo < Al < Fe$ 순으로 철이 가장 큼)가 약한 대상물일수록 R_{SAI} 값은 크게 나타남을 알 수 있다. 즉 입력 조건에 따른 가진에 의해 발생하는 에너지가 2층 PVDF 에서 직접적으로 전달되고 1 층 PVDF 까지는 정도가 작은 대상물일수록

에너지를 많이 흡수하여 에너지가 전달에 차이가 있다는 결론에 도달한다. 즉 대상물에 대한 에너지 전달비에 의해 대상물을 판별할 수 있음을 알 수 있다. 즉 새로운 인식지수(R_{SAI})를 통하여 지적센서의 최적의 대상물인식조건을 찾아낼 수 있고 이러한 가진조건중 30Hz 가 가장 센싱능력이 우수함을 알 수 있다.

c) Fig.4,5 의 30Hz 에서 R_{SAI} 값은 경향은 $Sp > Wo > Al > Fe$ 순으로 정도가 약한 대상물일수록 R_{SAI} 값은 크게 나타남을 알 수 있다. 또한 30Hz 에서 살펴보면 10Hz, 20Hz 보다 더욱 대상물에 대한 변별능력이 뛰어남을 알 수 있다. 즉 스마트센서의 설계 시 용도에 맞는 적절한 센싱조건을 새로운 인식지수(R_{SAI})를 통하여 상대적으로 평가 및 선정할 수 있음을 보여주고 있다.

e) 새로운 인식지수(R_{SAI})를 통하여 주파수 변화에 따른 스마트센서의 영향성도 평가할 수 있음을 알 수 있다. 즉 이러한 기초 실험을 통한 데이터 베이스를 구축은 좀더 신뢰성 있는 스마트센서의 센싱능력 범위와 센싱능력 한계를 평가하기 위한 중요한 요소이기도 하다. Fig.4,5 에서 즉 지적센서의 설계 시 용도에 맞는 적절한 센싱조건을 새로운 인식지수(R_{SAI})를 통하여 선정할 수 있음을 보여주고 있다.

4. 결론

본 논문에서는 대상물을 인식할 수 있는 지적센서를 개발하였고 여러 종류의 정도가 다른 대상물을 판별할 수 있는 신호처리시스템을 개발하였다. 대상물을 객관적으로 평가할 수 있는 새로운 인식지수(R_{SAI})를 제시하여 주파수 변화에 따른 지적센서의 대상물에 대한 변별능력이 상대적으로 평가할 수 있음을 실험적으로 증명할 수 있었다.

새로운 인식지수인 R_{SAI} 가 주파수 변화에 따른 지적센서의 센싱능력을 평가하고 최적의 지적센서를 설계하는데 유용한 평가 방법임을 증명하였다. 이러한 평가 방법을 이용하여 좀더 진보적인 센서들의 응용범위와 최적의 센서 조건을 찾아내는데 응용할 수 있으리라 사료된다

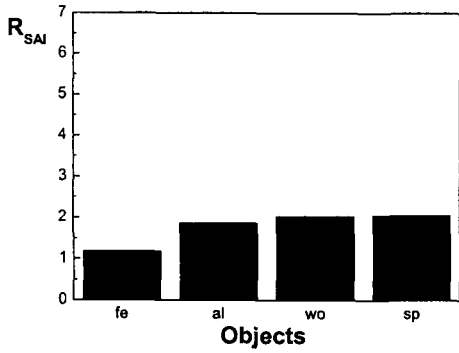


Fig 4-a. The R_{SAI} Value According to Frequency Changing (5g – 0.3mm-10Hz)

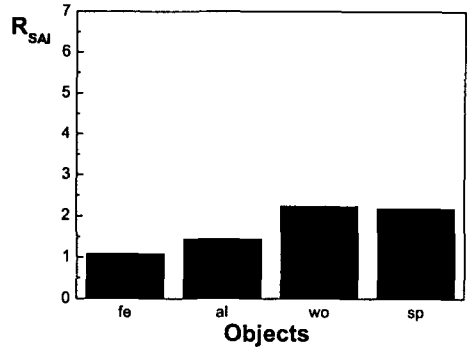


Fig 5-a. The R_{SAI} Value According to Frequency Changing (5g – 0.5mm-10Hz)

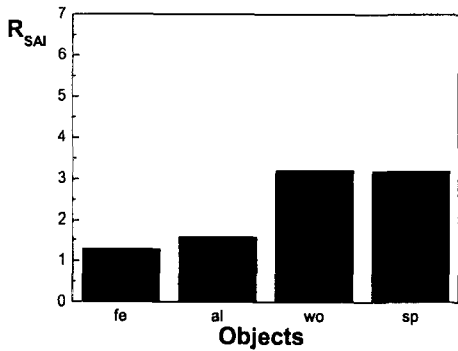


Fig 4-b. The R_{SAI} Value According to Frequency Changing (5g – 0.3mm-20Hz)

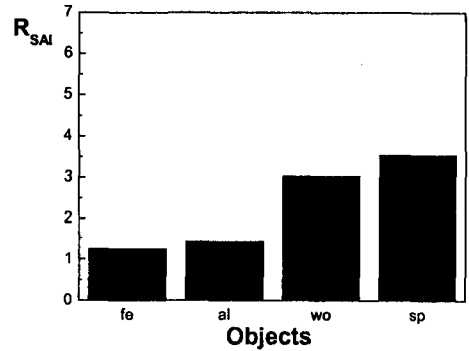


Fig 5-b. The R_{SAI} Value According to Frequency Changing (5g – 0.5mm-20Hz)

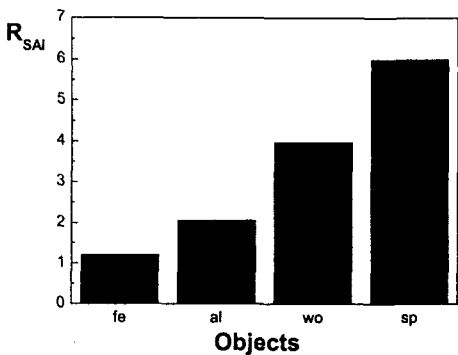


Fig 4-c. The R_{SAI} Value According to Frequency Changing (5g – 0.3mm-30Hz)

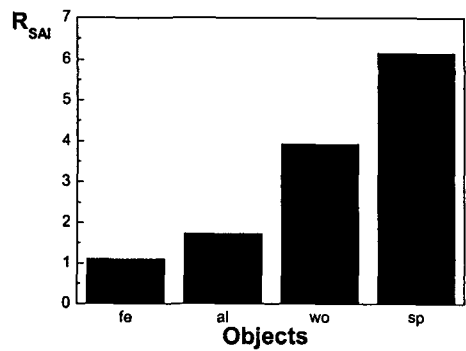


Fig 5-c. The R_{SAI} Value According to Frequency Changing (5g – 0.5mm-30Hz)

참고문헌

- (1) T.J.Royston,"Technical Note: Shaped polyvinylidene fluoride(PVDF) sensors for intelligent measurement of plant-wave acoustic pressure on liquid-filled pipes," Noise Control Engineering Journal, vol. 43. no. 1., pp. 15-20. 1995.
- (2) Robert D. Howe, "Dynamic Tactile Sensing: Perception of Fine Surface Features with Stress Rate Sensing," IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 9, no. 2. , April, 1993.
- (3) C. James Li and S. Y. Li, "A New Sensor for Real-Time Milling Tool Condition Monitoring," Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering, vol. 115. no. 2A., pp. 285-290, 1993.
- (4) Seong Youn Hwang, Dong Pyo Hong, et al. " Development & Estimation of Dynamic Characteristic Model of Sensor for Sensing Stiffness," Proc. of The Fifth Int. Symp. On Artificial Life and Robotics,pp. 62-65, January 2000.
- (5) Seong Youn Hwang, Dong Pyo Hong, et al. " Development of Estimation Method of Sensing Ability " Proc. of The Autumn Symp. KSNVE, pp. 330-335, November 2000.
- (6) Seong Youn Hwang, Dong Pyo Hong, Hee Yong Kang, et al. " Analysis of the Ability of Recognize Objects for Smart Sensor According to Frequency Changing",Proc. of Autumn Symp. Korea Society of Precision Engineering, pp23-26,September 2000.