

스마트센서의 표면 형태에 따른 센싱능력 평가(I)

Estimation of Sensing Ability According to Smart Sensor Surface Types(I)

• 황성연* • 홍동표** • 강희용** • 박준홍*** •

Seong Youn Hwang, Dong Pyo Hong, Hee Young Kang, Jun Hong Park,

Key Words : Smart Sensor(지적 센서), Sensing Ability Index(센싱 능력 지수), 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 surface types of smart sensor. We have developed a new signal processing method that can distinguish among different materials. The smart sensor was developed for recognition of materials. We made two types of smart sensors in our experiment. Then, we estimated the ability to recognize objects according to smart sensor type. We estimated the sensing ability of smart sensor with the R_{SAI} method. Experiments and analysis were executed to estimate the ability to recognize objects according to surface types of smart sensor. 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. 서 론

지적센서를 이용하는 분야가 공장이나 산업현장 뿐만 아니라 의료분야, 통신분야 등에서 넓어지고 있다. 그래서 일반인들의 생활 가까이에 서도 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 지적센

서에 관한 연구를 수행하였다. Li⁽³⁾는 밀링 표면의 파괴, 칡핑(chipping), 마모를 자동적으로 검출하기 위한 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 실험을 위하여 Ht(Hard-Tartan)타입과 Hp(Hard-Plain)타입의 지적센서를 개발하여 사용하였다. 이 지적 센서들은 대상물 인식용으로 사용되는 센서이다. 본 논문에서는 새로운 평가 기법(R_{SAI})을 이용하여 지적센서의 표면형태의 변화에 따른 지적 센서들의 대상물 센싱 능력을 상대적으로 평가할 수 있음을 실험적으로 증명하고자 한다. 또한 지적 센서의 최적의 센싱 조건을 찾고자 할 때 이 새로운 인식지수(R_{SAI})를 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

* 정희원, 전북대학교 정밀기계대학원

E-mail:hwangs37@chollian.net

Tel:063-270-2374, Fax:063-270-2368

** 정희원, 전북대학교 기계공학부,

자동차신기술연구소

*** 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 인식능력을 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, 2는 센싱 포인트를 의미한다. 아랫 첨자 1은 1층(HH1) SAI 값을 의미하고 아랫 첨자 2는 2층(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 Ht(Hard-Tartan) 지적센서와 Hp(Hard-Plain) 지적센서를 제작하여 사용하였다.

본 연구에서 사용되어진 Ht 와 Hp 지적센서의 규격은 Table.1에 나타내었다. Fig.1은 Ht 와 Hp 지적센서의 개략도이고, Fig.2는 Ht 와 Hp 지적센서의 1 층의 PVDF 필름의 배열을 나타내고 있으며 Fig.3은 Ht 와 Hp 지적센서의 2 층의 PVDF 필름의 배열을 보여주고 있다. Fig.4는 Ht 와 Hp 지적센서의 표면형태를 보여주고 있다.

Table.1 Specification of Ht and Hp Smart Sensor

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

2.3 실험 장치 시스템

본 연구의 실험 장치는 크게 지적센서를 제어 할 수 있는 입력 제어시스템, 제작된 지적센서를 고

정시킬 수 있도록 제작된 지적센서 고정시스템 및 입력시스템, 센서에서 발생하는 신호를 획득하여 변환시켜주는 데이터 획득 및 변환 시스템, 컴퓨터 프로그래밍을 통한 신호 처리 및 분석시스템으로 나눌 수 있다. Fig.5는 실험장치의 개략도를 보여주고 있다. 우리는 실험을 위하여 대상물을 준비하였고 이 2 종류의 대상물은 다른 강도를 가지고 있는 알루미늄(AI), 스판지 (Sp)이다. 대상물의 두께는 3mm이고 직경이 10mm인 원형으로 제작하였다(Fig.6). 본 연구에서는 지적센서의 동특성 해석을 위해 가속도(g)와 가진 진폭변위를 변화시켜 그에 대한 지적센서의 표면형태에 따른 응답 특성에 관하여 실험하였다. Table.2는 실험에 사용된 입력변수 값이다.

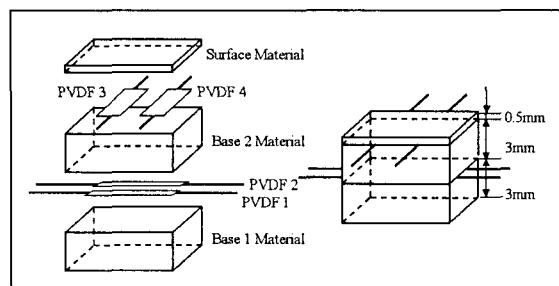


Fig.1. Schematic of Ht and Hp Smart Sensor

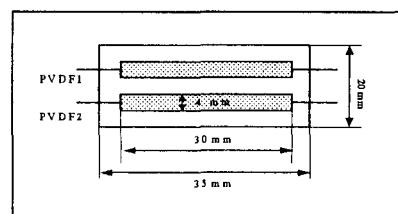


Fig.2. Schematic of Array of PVDF Film on the First Floor

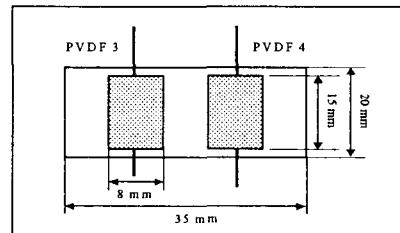


Fig.3. Schematic of Array of PVDF Film on the Second Floor

2.4 실험과 해석절차

본 연구에서는 지적센서의 표면 형태에 따른 센싱 능력을 비교하기 위하여 가속도(g) 값과 변위를 변화시켜 그에 대한 지적센서의 센싱 능력을

상대적으로 비교 평가하였다.

Ht 와 Hp 지적센서는 변위와 가속도 g 을 변화시켜 알루미늄(Al)과 스푼지(Sp)에 관한 변별능력에 어떠한 영향을 미치는지에 관하여 실험하였다. Fig.7 는 분석 프로그램의 데이터 처리 방법에 대한 개략도를 보여주고 있다.

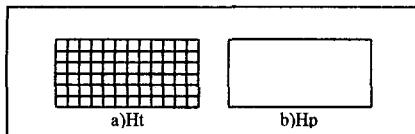


Fig.4 Surface Schematic of Smart Sensor

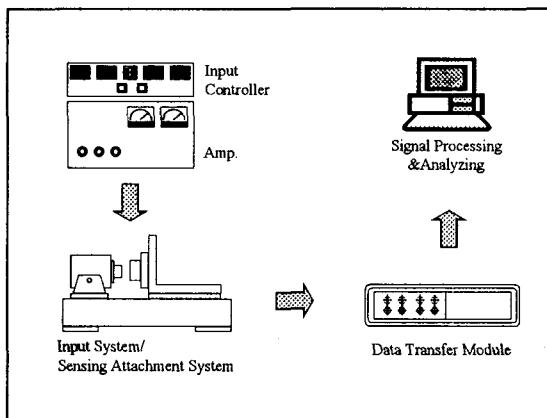


Fig.5 Schematic of the experimental set- up

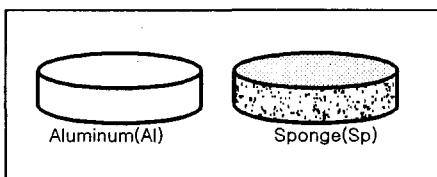


Fig.6 Schematic of Object

Table.2 Input Variables for Experiment

Changing variable	Changing value
Acceleration	1g, 5g, 10g
Frequency	20Hz
Displacement	0.5, 0.7, 0.9mm

3. 실험결과 및 고찰

3.1 가속도(g) 값 변화에 따른 지적센서의 센싱 능력 비교

a) Fig.8에서 보면 각각의 대상물에 대한 R_{SAI}

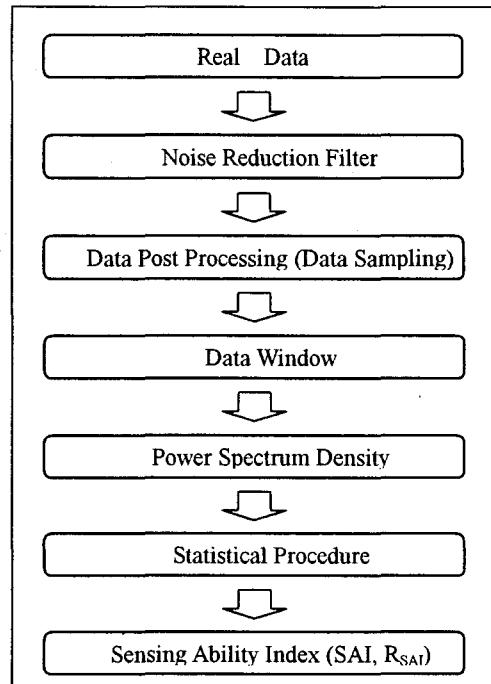


Fig.7. Schematic of Analysis Program

변화를 통해 대상물을 인식할 수 있음을 알 수 있다. 즉 대상물의 경도차이에 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.8에서 보면 g 값의 변화에 따른 Ht 지적센서의 R_{SAI} 값의 변화는 거의 없다고 볼 수 있다 즉 20Hz에서 Ht-Type의 지적센서는 대상물에 대한 변별능력은 g 값의 영향을 받지 않음을 알 수 있다.
- c) Fig.8에서 비교하여 보면 Hp 지적센서가 대상물변별능력이 우수함을 판단할 수 있다. 즉 표면이 격자형태의 지적센서(Ht)는 수직방향으로 가진이 되기 때문에 2 층 PVDF에 일정한 에너지 전달에 큰 효과를 발휘하지 못한 것으로 사료된다. 이 격자형 표면 지적센서(Ht)는 즉 인식지수(R_{SAI})를 통하여 대상을 인식능력이 Hp 지적센서보다 떨어짐을 알 수 있고 또한 평가 할 수 있다.
- d) Hp 지적센서는 Fig.8에서 비교하여 보면 R_{SAI} 값이 20Hz-1g에서 대상물인식에 변별력이 가장 우수함을 알 수 있다. 즉 새로운 인식지수(R_{SAI})를 통하여 지적센서의 최적의 대상을 인식조건을 찾아 낼 수 있음을 알 수 있고 또한 평가 할 수 있다.
- e) Fig.8에서 R_{SAI} 값의 경향은 $Sp > Al$ 순으로

경도가 약한 대상물일수록 R_{SAI} 값은 크게 나타남을 알 수 있다. 즉 대상물에 의해 발생하는 에너지가 2 층 PVDF에서 적접적으로 전달되고 1 층 PVDF 까지는 에너지가 전달되지 않는다는 결론에 도달한다. 즉 대상물에 대한 에너지 전달비에 의해 대상물을 판별할 수 있음을 알 수 있다.

f) Fig.8에서 살펴보면 Hp 지적센서가 Ht 지적센서보다 대상물에 대한 변별능력이 뛰어남을 알 수 있다. Ht 지적센서는 표면이 격자형이어서 수직방향 변위 이동 시 2층의 PVDF 층에 에너지를 골고루 전달하지 못하여 센싱 능력이 현저히 떨어짐을 알 수 있다. 즉 지적센서의 설계 사용도에 맞는 적절한 센서의 표면형태와 센싱 조건을 새로운 인식지수(R_{SAI})를 통하여 선정할 수 있음을 보여주고 있다.

3.2 가진 변위 값 변화에 따른 지적센서의 센싱 능력 비교

a) Fig.9에서 살펴보면 Hp 지적센서와 Ht 지적센서는 가진 변위 변화에 따른 경향은 비슷하나 대상물에 대한 변별능력은 Hp 지적센서가 월등히 뛰어남을 알 수 있다. Hp 지적센서와 Ht 지적센서 중 대상물 인식능력을 새로운 인식지수(R_{SAI})를 통하여 상대적으로 평가할 수 있음을 알 수 있다.

b) Hp 지적센서와 Ht 지적센서는 가진 진폭변위 변화에 따라 센싱 능력에 있어 큰 차이가 없음을 새로운 인식지수(R_{SAI})를 통하여 평가할 수 있고 인식지수(R_{SAI})를 이용하여 센서의 성능을 개선 할 수 있음을 알 수 있다.

c) 이러한 실험결과로 Hp 지적센서에 있어서 여러 조건 중 20Hz-1g-0.7mm 조건이 가장 센싱 능력이 우수함을 판단할 수 있고 최적의 지적센서의 센싱 조건을 제시할 수 있음을 살펴보았다.

4. 결론

본 논문에서는 재료에 대한 인식능력을 향상시키기 위하여 새로운 지적센서 두 종류(Hp 지적센서와 Ht 지적센서)를 개발하였고 새로운 인식지수를 통하여 평가하여 보았다. 새로운 인식지수(R_{SAI})를 이용하여 가속도 값(g) 변화에 따른 대상물인식능력에 차이가 있음을 변별해 낼 수 있었다.

a) Hp 지적센서와 Ht 지적센서 중 Hp 지적센서가 대상물 인식능력이 월등함을 알 수 있다. 즉 대상물 인식에 있어서 지적센서의 표면 형태에 따라 인식능력에 큰 차이가 있음을 실험적으로

증명할 수 있었다.

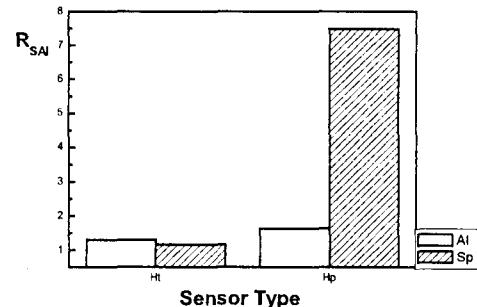


Fig .8-a. The R_{SAI} Value According to Acceleration (g) Changing (20 Hz – 0.7mm-1g)

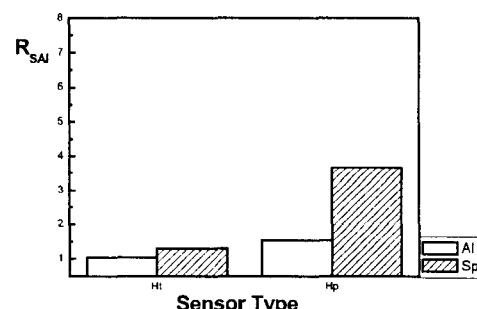


Fig .8-b. The R_{SAI} Value According to Acceleration (g) Changing (20 Hz – 0.7mm-5g)

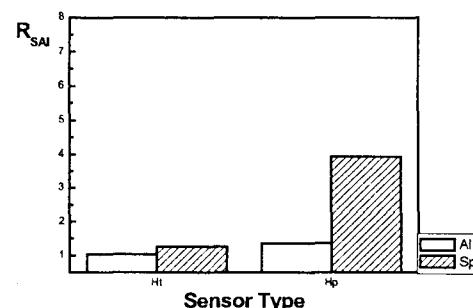


Fig .8-c. The R_{SAI} Value According to Acceleration (g) Changing (20 Hz – 0.7mm-10g)

후기

This research was supported by Mechatronics Research Center(MRC) in Chonbuk national University. MRC is designed as a Regional Research Center appointed by KOSEF. Chollabukdo Provincial and Chonbuk National University.

참고문헌

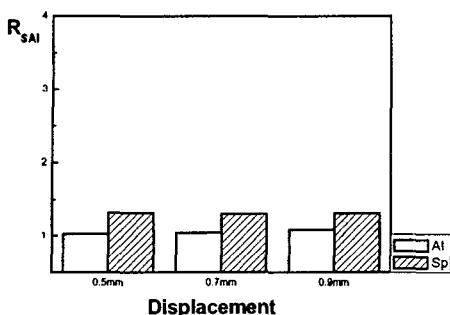


Fig.9-a The R_{SAI} Value According to Displacement Changing (20Hz -5g-Ht Smart Sensor)

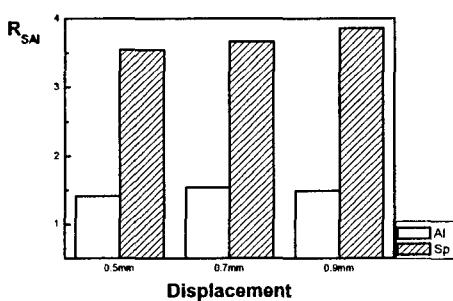


Fig.9-b The R_{SAI} Value According to Displacement Changing (20Hz -5g-Hp Smart Sensor)

- b) 표면 형태가 다른 지적센서의 센싱 능력을 새로운 인식지수(R_{SAI})를 통하여 평가할 수 있음을 실험적으로 증명하였다.
- c) 대상물을 객관적으로 평가할 수 있는 새로운 인식지수(R_{SAI})를 제시하여 가속도 값과 가진 진폭 변위의 변화에 따른 지적센서의 대상물에 대한 변별능력을 상대적으로 평가 할 수 있음을 실험적으로 증명할 수 있었다.
- d) 새로운 인식지수(R_{SAI})가 주파수 변화에 따른 지적센서의 센싱 능력을 평가하고 최적의 지적센서를 설계하는데 유용한 평가 방법임을 증명하였고 Hp 지적센서가 대상물 인식능력이 월등함을 실험적으로 평가하였다.

이러한 평가 방법을 이용하여 좀 더 진보적인 센서들의 응용범위와 최적의 센서 조건을 찾아내는데 응용할 수 있으리라 사료된다.

- (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.