

계측용 공간필터의 가변적 다치화된 가중치 실현에 관한 연구

정준의, 한영배*, 고현민, 노도환
전북대학교 전기공과대학

A Study on the Realization of Variable Spatial Filtering Detector with Multi-Value Weighting Function

Jeong Jun-Ik, Han Young-Bae*, Go Hyun-Min, Rho Do-Hwan
Dept. of Electrical Eng., Chonbuk National Univ.

Abstracts - In general, spatial filtering method was proposed to simplify measurement system through parallel processing hardware. Spatial filtering is a method of detection that we can get a spatial pattern information, as we process a special space pattern, to say, as we process spatial parallel process by using the spatial weighting function.

The important processing characteristics will be depended in according to how we design a spatial weighting function, a spatial sensitive distribution. The form of the weighting function which is realized from the generally used spatial filtering is fixed and the weighting value was already became a binary-value.

In this paper, we propose a new method in order to construct adaptive measurement systems. This method is a weighting function design to make multi-valued and variable.

1. 서 론

최근, 광학기술의 진전과 함께 광을 이용한 계측에 많은 관심이 고조되고 있다. 일반적으로 광학 기술의 중요한 특성은 공간 정보 처리의 병렬처리 기능이라 할 수 있다. 더구나, 센서 기능의 고도화 측면에서 지능화가 지향되어, 신호 처리도 병렬 처리의 효과를 가지는 공간적 정보처리의 유통성이 강조되고 있다.

공간필터법이란 공간적인 pattern 정보를 특정의 공간 pattern, 즉, 공간적 weighting function을 가지고 공간적으로 병렬처리함으로써 추출하는 계측수법을 말한다. 공간필터법은 공간적 특정정보를 가중함수 (weighting function)로 공간적 병렬처리함으로써 고속성, 측정계구성의 용이성, 비접촉 측정의 장점이 있다.

지금까지 연구되어온 공간필터법은 공간 가중함수(공간 패턴, 일반적으로 공간필터라고 함)의 형상이 고정적이고, 많은 정보를 표현하기에 적합하지 않은 2차의 가중치로 구성되어있다. 본 논문에서는 고정도로 적용계구성이 가능하도록 가중치의 다치화와 가중함수의 공간형상을 임의로 설정가능하며, 구조적으로 간소하고, 일반적으로 실현 가능한 새로운 공간필터를 제안하고자 한다. 즉, 공간을 소영역으로 분할하여 전류분할원리를 기초로 한 신호처리구조에 의해 실현한다.

2. 공간필터법의 원리

다양한 물리량을 계측하기 위하여 여러 다른 기능을 가지는 장치를 나타내는데 이용되는 데에도 불구하고 공간필터는 크게 다음과 같은 세 형식으로 분류할 수 있다.

① pattern-matching형[1] : 어떤 시야 내에 존재하는 특정 패턴, 예를 들어 비행기등을 하늘이라고 하는 배경 pattern으로부터 효율좋게 찾아내어 추적하기 위한 신호를 얻는 수법과 관련된 "pattern 검출법"으로서 사용되고 있다.

② 공간 주파수영역에서의 패턴 검출형[2] : 레이저와 같은 coherent광을 사용했을 때, 렌즈 초점면에 생기는 상을 Fraunhofer 회절상이라고 하는데, 원래의 pattern이 Fourier 변환된 것으로서, 이것을 공간주파수 성분에 대해서 spectrum 분석 결과가 화상의 형태로 얻어진 것을 의미하며, "공간 주파수 영역에서의 pattern 검출법"이라 할 수 있다.

③ 일반적인 변환형[3] : slit 열이라고 하는 특별한 투과율 분포를 가지는 공간 pattern을 통한 검출형으로, 속도 계측 실행에 이용된다.

이러한 공간필터법의 공통적인 특징은 실행된 공간적 병렬처리가 공간적분에 의하여 기술된다는 점이다. 공간필터법에서 취급하는 분포형 물리량에는 광학적 농도분포, 물체 표면형상의 변화에 유래한 전기적 용량분포, 전기물질, 액체증의 온도 분포등 다수로 알려져 있지만, 그 어느 경우도 수학적으로는 측정대상이 되는 공간 패턴 $f(x,y)$ 와 공간적 가중함수라 불리는 공간적 감도분포 $h(x,y)$ 의 곱에 대한 적분으로 기술된다.

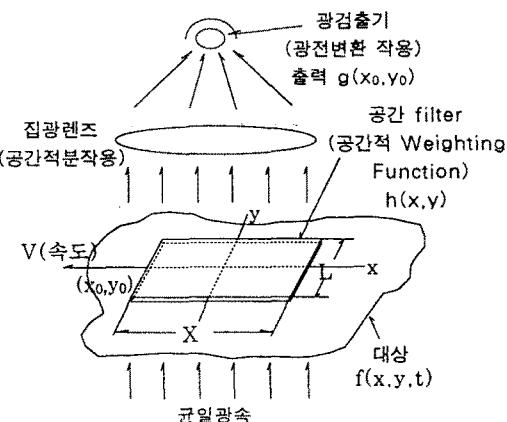


그림 1. 공간 filter에 의한 속도 계측의 model

공간필터링의 한 예로 2차원 직교좌표 시스템 (x,y) 안의 공간패턴 $f(x,y)$ 와 공간필터, 즉, 공간 가중 함수 $h(x,y)$ 의 각 출력은 다음과 같이 이용된다.

① 두 개의 출력으로 생성된 새로운 공간 패턴 $f(x,y) \cdot h(x,y)$ 의 기하학적인 구성.

② 두 개의 출력으로 생성된 공간 적분값

$$\int \int_D f(x, y) \cdot h(x, y) dx dy \quad (1)$$

③ $f(x, y)$ 와 $h(x, y)$ 의 상대적인 운동으로 인한 두 출력의 공간적분의 일시적인 변화

$$g(x_0, y_0) = \int \int_D f(x - x_0, y - y_0) \cdot h(x, y) dx dy \quad (2)$$

$$x_0 = v_1(t), y_0 = v_2(t)$$

여기에서, x_0, y_0 는 $f(x, y)$ 와 $h(x, y)$ 사이의 위치관계를 지시해주는 파라메터들이고, $v_1(t)$ 와 $v_2(t)$ 는 그들의 일시적인 운동이다. 그럼 1은 공간 필터에 의한 속도 계측의 model을 예로써 나타낸 그림이다.

3. Weighting function의 다치화 및 형상의 가변화

3.1 가변적 다치가중 실현을 위한 분할 매쉬화

공간 필터의 형상은 2차원 공간내에 목적에 따라 임의로 형상을 설정할 수 있는 것이 바람직하다. 그것을 위해서는 연속적인 영역을 변화시키게 하는 것이 필요하다. 영상처리와 알력분포계측등의 공간적 대상을 다루는 방법과 같이 공간영역을 몇 개의 소영역으로 분할하여 고려한다.

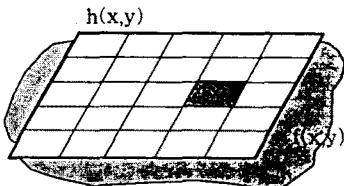


그림 2. 분할매쉬화된 공간필터를 이용한 공간필터링

그림 2에서와 같이 공간대상 패턴을 $f(x, y)$, 가중함수를 $h(x, y)$ 로 분할 매쉬화하여 얻은 소영역의 가중합수치를 Δ_{xy} 라 한다. 여기에서, 소영역은 x, y 축방향으로 폭 d 의 정방영역이고, Δ_{xy} 의 가중치는 식(3)과 같다.

$$\Delta_{XY} = \begin{cases} h(x, y) & (X \leq x \leq X+d, Y \leq y \leq Y+d) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

이 경우 공간 필터링의 기초식은 식(4)와 같이 정리되고 공간적인 적분연산이 이산적인 대수연산으로 대치된다.

$$g = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) h(x, y) dx dy$$

$$= \sum_X \sum_Y g_{XY} \quad (4)$$

$$g_{XY} = d \int_X^{X+d} \int_Y^{Y+d} f(x, y) dx dy$$

대수연산의 각 항은 위 식에 표시한 것처럼 소영역에 관하여 공간 필터링에 가중함수치를 승산한 것이다. 이 분할매쉬화에 대한 가중함수의 다치화는 소영역 Δ_{xy} 의 가중치의 다치화로써, 가중함수의 공간형상의 가변화는 소영역 Δ_{xy} 의 합으로 구성된 가변화로 해석할 수 있다.

3.2 소영역 가중치의 다치화

어떤 신호를 증폭 또는 감쇠 되어진 그 값을 변화시키는 방법은 일반적으로, 전기적 앰프등을 이용한 신호증폭방법과 집광렌즈나 시간적분동을 이용한 방법의 2개로 분류할 수 있다. 여기에서는, 소영역 Δ_{xy} 의 가중치 다치화, 즉, 소영역에 대응하는 센서감도의 다치적 변화를 실현하기 위해서 그림 3과 같은 구조를 제안한다.

Δ_{xy_k} 의 각각은 곱의 구조를 가지고, 이들의 덧셈인 합의 구조를 가지고 있다.

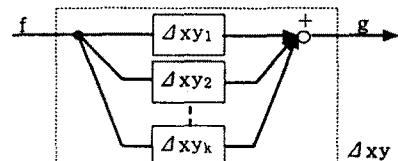


그림 3. 곱과 합의 구조를 이용한 가중치 다치화

3.3 소영역 공간 형상의 가변화

전체의 가중합수 영상을 메쉬 상에 분할된 소영역으로 가변적으로 설정하기 위하여 소영역 각각의 가중치 정보를 요소라고 하는 2차원 매트릭스의 가중 테이블을 채용한다. 즉, 공간좌표(x, y)의 소영역에 대한 가중치 Δ_{xy} 를 (X, Y)요소의 값, 또는, 다치적인 가중치를 실현하는 것이라 한다. 만약, 이 (X, Y)요소가 read/write가 가능한 디지털 메모리 소자라면 가변적인 가중합수형상 및 다치적 가중함수를 실현할 수 있다.

가변적 다치의 가중치를 실현하기 위해서 소영역으로 분할 매쉬화한 가중치 다치화와 조합된 가변화를 응합한 센서구조인 전류분할법에 대하여 기술한다.

4. 전류분할에 의한 가변적 다치화의 가중치 실현

본 절에서는 제 3절에서 제안한 합과 곱의 구조에 따라 실현되고, 가중 매트릭스기능을 함께 가진 가중 다치화 구조로서 전류분할법을 제안한다. 이 원리는 센서 출력에 대하여 적응된 방식이기 때문에 광범위한 물리량에 대한 공간 필터링에 적용 가능한 것이다.

많은 경우, 측정량은 센서로부터 전기적 신호로 출력된다. 전기적인 특성에 착안할 경우, 전류를 취급하는 방법과 전압을 취급하는 방법의 두 가지가 있다. 공간 필터법의 경우 최종적인 공간적분효과를 얻기 위하여 신호의 가산이 불가결하지만, 이것에는 전류의 방향이 많은 경우 이용이 쉽다. 또, 전류적인 신호에서는 외부로부터의 유전성장음에 강하다는 특성이 있기 때문에, 계측계의 신속성 향상에도 유용하게 쓰인다. 또한, 공간필터법에서 가장 많이 채용되어있는 광센서의 종류는 출력이 전류출력인 것을 고려하면 다치가중을 실현하기 위해서 전류치의 변환기구인 R-2R 레더(ladder)구조를 이용하는 것이 타당하다.

R-2R 레더 구조를 이용한 가변적 다치가중 실현을 위한 센서회로 구조는 그림 4와 같다.

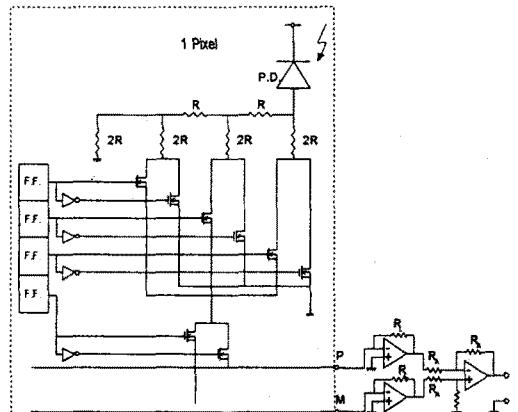


그림 4. R-2R 레더법을 이용한 전류분할의 기본회로

여기에서 제안한 센서구조는 다음과 같은 구성요소로 되어 있다.

① 입력신호를 전류로 변환한 센서(광센서)

- ② R-2R 레더에 의한 전류분할회로망
- ③ 전류의 출력력을 변환하는 FET스위치
- ④ FET스위치를 구동하는 n bit 메모리 셀과 인버터
- ⑤ 2개의 신호출력선과 차동앰프

R-2R의 레더회로는 저항의 직렬병렬접속을 되풀이함으로써 분기점의 병렬저항비가 항상 $2R : R$ 로 일정하다. 출력단으로 향하여 훌러온 전류를 FET스위치로 신호집합선까지 싱크로 그라운드로 선택적으로 분리한다면 최종적인 식(5)과 동일한 전류가 신호집합선상에 모이게 된다.

$$I_{out} = \left[\sum_{k=1}^{n-1} m_k \left(\frac{1}{2} \right)^{(n-k)} \right] \cdot I \quad (5)$$

여기에서, I 는 Photo Diode의 광전류이고, m_k 는 메모리셀의 제 k bit의 값으로 1 또는 0의 값을 갖는다.

그 후, 부호정보 비트의 m_n 을 이용하여 2개의 신호출력선 P, M으로 분리 출력하면 전류는 식(6)으로 나타난다.

$$I_{out} = (-1)^{m_n} \left[\sum_{k=1}^{n-1} m_k \left(\frac{1}{2} \right)^{(n-k)} \right] \cdot I \quad (6)$$

R-2R 레더 회로는 저항회로망의 임의 분기점에서의 부하 저항치가 일정하다. 또, 분할단수를 추가하여 분해 정도를 높이는 경우, 분할단수가 증가하고도 다른 분기점에서 부하 저항값이 전부 변화하지 않는다. 일반적으로 센서에 대한 부하저항은 변화하지 않아야 하므로, 전류분할 회로 중 R-2R 레더 회로가 적합하다. 또, n bit의 분할을 실현하는 것에 필요한 저항과 FET의 갯수が n에 비례한다.

R-2R 레더 구조를 이용하여 다치가중을 실현하였을 때의 특징은 다음과 같다.

장점 :

- ① n bit를 이용한 $(2^n - 1)$ 개의 다치가중 실현
- ② 디지털 가중치와 FET스위치 동작의 정합성이 좋다.
- ③ 단단화에 따른 고분해능화가 용이
- ④ 전류출력이기 때문에 전압성 외래잡음에 강함.
- ⑤ 규칙적 구조 및 이용소자 종류 한정에 따라

IC로의 집적화가능

- ⑥ 전류출력형 센서로의 일반적 적용가능
- ⑦ 수동소자(저항)의 정밀도로 결정되는 다치화의 정밀도

단점 :

- ① 이산적 가중
- ② 평균적 센서에너지 이용효율 50[%]
- ③ 센서출력에 대한 부하저항있음
- ④ 메모리 소자외에 인버터가 필요

여기에서, 단점의 ②의 문제는 전부의 가중치를 똑같게 실현한 경우의 값으로 응용여하에 따라 더 향상시킬 수 있다. 단, 원리적으로 전류분할의 기능을 이용하고 있기 때문에 어떤 정도의 효율저하는 피할 수 없다. 또, 부하 저항의 문제도 그 값의 설정 가중치에 따라 일정하고, 분해능을 향상하여도 크기의 변화가 없다는 성질이 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 다치화된 가변적인 가중함수를 실현하기 위한 회로 구조로써, 전류분할의 원리를 이용한 방법을 제안하였다. 이 방법은 저항회로망에 의한 전류분할이 꼴의 구조, 전류의 출력부분의 변환이 합의 구조로 대응되며 전류변환을 지시하기 위한 메모리 셀이 가중메트릭스에 대응하고 있는 것이다.

앞으로 이상의 이론적 고찰에 의거하여 실제로 시스템

을 구축하여 공간필터법의 유효성을 실험을 통하여 확인할 예정이다. 또한, 다른 물리량에 적용하고, 다치의 가중회로를 IC화하여 Hardware를 제작하고자 한다.

제안한 방법의 검토가 완료되면, 공간필터법의 형상등을 고려하여 적용하면 계측용 공간필터의 용용범위가 확대되리라 기대된다.

본 논문은 과학기술부·한국과학재단 지정 지역협력 연구센터인 전북대학교 메카트로닉스 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

(참 고 문 헌)

- [1] W. D. Montgomery, "Spatial Filtering", J. Opt. Soc. Am., Vol. 52, No. 11, pp. 1259-1275, 1962
- [2] A. V. Lugt, "Signal Detection by Complex Spatial Filtering", IEEE Trans., IT-10, pp. 139-145, 1974
- [3] J. T. Ator, "Image Velocity Sensing with Parallel-Slit Reticles", J. Opt. Soc. Am., Vol. 53, No. 12, pp. 1416-1422, 1963
- [4] Y. Itakura, A. Sugimura and S. Tsutsumi, "Amplitude-Modulated Reticle Constructed by a Liquid Crystal Cell Array", Applied Optics, Vol. 20, No. 16, pp. 2819-2826, 1981
- [5] D.H. Rho, "A Study on the Design Method of Spatial Filter for Non-Contact Speed Measurement", KITE Circuit and System Trans., Vol. 12, No. 1, pp. 50-54, 1988
- [6] A. Kobayashi, "The Progress of Spatial Filter Method for Measurement", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 52, No. 12, pp. 1007-1014, 1983
- [7] M. Naito, Y. Ohkami and A. Kobayashi, "Non-contact Speed Measurement Using Spatial Filter", Jpn. J. SICE, Vol. 7, No. 11, pp. 761-772, 1968
- [8] T. Inari, "Non-contact Velocimeter Using Speckle Patterns Produced by Laser", Jpn. SICE Trans., Vol. 13, No. 1, pp. 82-86, 1977
- [9] M. Naito, M. Ishigami and A. Kobayashi, "Spatial Filter and Its Application to Industrial Measurement", Proc. IMRKO-V, Versailles, p. JA-129, 1970
- [10] T. Asakura, "Differential-Type Velocimeter Using a Grating Spatial Filter in a Microscopic Region", Applied Physics, Vol. 51, No. 7, pp. 860-868, 1982