

論文95-32A-1-23

시간분할 회전격자를 이용한 적외선 영상구성방법

(Infrared Imaging Method Using Time Division Reticle)

裒長根*, 金喆洙**, 李承熙***, 金正雨**, 曹雄鎬****,
金秀重**

(Jang Keun Bae, Cheol Su Kim, Seung Hee Lee, Jeong Woo Kim,
Woong Ho Cho, and Soo Joong Kim)

요약

입력영상을 시분할 회전격자로서 화소 위치에 따라 각각 다른 시간에 표본화하고, 광검출기로 이 신호를 집중하는 새로운 영상구성 방법을 제안하였다. 영상의 구성은 격자의 회전시 회전속도에 관계되는 펄스와 동기시켜 점 검출기의 신호를 표본화하여 이루어진다. 제안된 시분할 격자 영상구성 방법은 기존의 방법에서 필요한 날카로운 차단특성을 가지는 대역통과 필터군의 필요성을 제거함으로써, 필터수의 증가없이 높은 해상도의 영상을 얻을 수 있다. 간략화된 모델로써 행한 컴퓨터 시뮬레이션과 가시광선을 사용한 실험결과로써 이 방법의 유용성을 확인하였다.

Abstract

A novel imaging method in which time-division spinning reticle samples different pixel location of input image in different time is presented. The lens collects the beam passing through the reticle to a photodetector. Image reconstruction is accomplished by sampling the detector output corresponding to the spinning speed of reticle. Since the time-division reticle system removed the necessity of bandpass filter bank which has sharp cut-off characteristic, high resolution image is obtained without increasing the number of filter. To confirm the validity of this method, a computer simulation and an optical experiment using visual light are presented.

* 正會員, 龜尾專門大學 電子科
(Dept. of Electronics, Kumi Junior College)

** 正會員, 慶北大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics, Kyungpook National University)

*** 正會員, 大慶專門大學 電算情報處理科

(Dept. of Computer Information Science, Daek-eung Junior College)

**** 正會員, 大邱工業專門大學 電子計算科
(Dept. of Computer Science, Taegu Technical Junior College)

接受日字: 1993年 10月 22日

I. 서 론

야간이나 악천후에서 물체의 형태를 인식하기 위해서는 물체로부터 방사되는 적외선을 이용하거나, 반사되는 레이더 신호를 이용한다. 이중 적외선을 이용한 망원경이나 카메라등의 장비는 아주 고가이다. 따라서 저가의 장비를 이용한 방법이 요구되며 회전격자(spinning reticle)와 적외선 점 검출기(point-detector)를 이용한 영상구성 시스템이 1991년 Driggers등^[1]에 의해 발표되었다. 이는 1961년 Lovell에 의해 발표된 위치 지정 시스템^[2]에 근거한 것으로 imaging 렌즈, 회전격자, 정지슬릿, 집속렌즈, 그리고 점 검출기로써 구성된다. 여기서 사용한 회전격자는 FM변조 방식이며, 이는 세계의 파라미터를 적절히 조정하여 물체의 궤도추적에도 이용할 수 있다.^[3] 이 영상구성 방법은 중심에서의 거리에 따라 각각 다른 주파수로 변조하며 이를 점 검출기로 보낼때는 모든 주파수 성분을 동일 시간에 모음으로써 주파수분할 전송으로 볼 수 있다. 그러나 이 방법은 해상도(resolution)가 높은 영상을 얻기 위해서는 회전격자 구성시 펄스수가 다른 많은 동심원들을 가져야 한다. 따라서 복조시 각 주파수 성분을 분석하기 위해서는 날카로운 차단 주파수를 가지는 대역통과 필터들을 구성하여야 하며 대역통과 필터의 수는 회전격자가 가지는 주파수 성분의 갯수 만큼이어야 한다.

본 논문에서는 주파수분할 방법 대신에 시분할 방식의 회전격자를 제안한다.

시분할 방식 회전격자는 입력영상의 위치에 따라 각각 다른 시간에 표본화(sampling)하여 하나의 시간합수를 구성한다. 시분할 회전격자 구성은 한순간에 격자의 중심으로부터의 거리에 따라 하나의 빛 펄스만을 가지며, 회전시 주기적으로 반복된다. 격자 1회전에 들어있는 빛 펄스의 갯수와 격자의 회전속도가 영상의 표본화시의 해상도를 결정한다. 빛 펄스에 의해 표본화된 영상은 집속렌즈에 의해 한점에 모이게 되고 점 검출기를 통해 전기적신호로 변환되고 일정한 시간마다 신호를 검출하면 영상을 재구성할 수 있다. 제안된 방법은 주파수 영역에서는 동일한 스펙트럼을 가지며 시간 영역에서는 동일한 간격을 가진 표본화 신호들로 구성되므로, 해상도가 높아지더라도 검출기의 전기신호를 표본화하는 시간간격만 좁혀주면 된다. 제안된 방법은 기존의 주파수 분할 회전격자의 장점인 저가로 영상구성을 할 수 있다는 특성을 살리면서 날카로운 차단특성을 가지는 대역통과 필터군의 필요성을 삭제 시킴으로서 보다 간단한 시스템을 구성하였다. 컴퓨터 시뮬레이션과 광학적 실험을 통하여 제안된 방법의 유용성을 확인하였다.

II. 시분할 회전격자의 제안

격자(reticle)의 정의는 “어떤 영상을 측정하거나 정확한 위치에 맞추기 위해 기기의 촛점에 위치한 눈금”이다.^[4] 일반적인 격자는 장총의 망원경에 부착된 “+”자 모양의 것이다. 이의 특별한 경우인 주파수변조

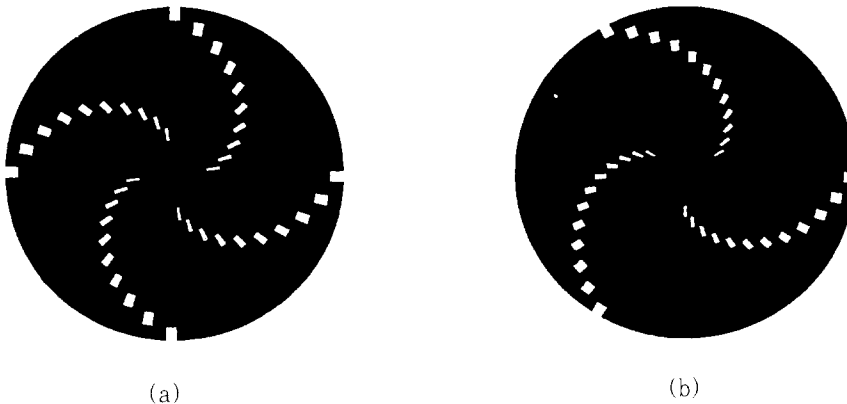


그림 1. 시간 분할 회전 격자

(a) 세로축의 해상도 10, (b) 세로축의 해상도 12

Fig. 1. Time-division spinning reticle.

(a) vertical resolution 10, (b) vertical resolution 12.

회전격자는 비취진 물체를 거리와 각도에 따라 각각 다른 주파수와 위상으로 변조하므로써 궤도 추적이나, 영상 구성에 이용한다. 이중 영상구성에 이용한 주파수 대 거리(frequency vs. radius)격자는 입력영상을 중심에서의 거리에 따라 각각 다른 주파수로 변조하고, 이를 렌즈로 점 검출기에 집중하여 복조한 후 영상을 재구성한다. 이 방법은 여러 주파수성분이 동일한 시간 영역으로 합쳐지므로 주파수분할 전송으로 볼 수 있다.

시분할 방식은 일정한 주파수 대역에 여러 신호를 실어 다중전송하는 통신방식이다.¹⁵⁾ 입력되는 영상을 격자의 중심으로부터의 거리에 따라 순서적으로 표본화하여 한순간에 하나의 신호만을 가지도록 격자를 재배치하면 영상의 시분할 전송이 가능하다. 제안된 시분할 회전격자의 형태는 그림 1과 같다.

그림 1에서 밝게 표시된 부분이 빛이 통과되는 부분이고 이것이 표적영상을 위치에 따라 순서적으로 표본화하는 빛 펄스의 역할을 한다. 표적영상에서 방사되는 적외선은 렌즈에 의해 격자의 표면위에 맺혀진다. 이때 렌즈는 가시영역(field of view)에 포함되는 모든영상을 격자의 최대동심원과 최소 동심원 사이에 재생할 수 있도록 배율을 조정한다. 맺혀진 영상은 격자가 회전하면서 그 위치에 빛펄스가 지나갈 때면 뒷면에 나오게 된다. 점 검출기에 집중되는 신호는 격자표면에 맺혀진 영상중 한열(column)이 위에서 아래로 순서적으로 통과된 신호이므로 시작펄스로부터 몇번째인가를 알면 그 화소의 위치를 알 수 있게 된다. 표적영상의 해상도는 빛 펄스가 위치하는 가장 작은 동심원과 최외곽 동심원 사이의 펄스의 갯수가 결정한다. 그림 1(a)에서 최소 동심원과 최대 동심원 사이의 펄스 갯수는 10개이며, 이것은 90°의 각도를 차지하고 있다. 그림 1(b)는 12개의 펄스로 구성되며 이는 입력영상의 세로축 해상도를 12개로 취하는 것이 된다. 그러므로 격자가 1회전시 그림 1(a)는 4개의 열을, 그림 1(b)는 3개의 열을 표본화 할 수 있고 해상도가 낮을수록 영상의 표본화시간은 짧아짐을 알 수 있다. 영상의 정확한 모양보다는 개략적인 형태에 관심이 있다면 한 열을 표본화하는 빛펄스의 수를 낮게하여 격자 1회전시 표본화 할 수 있는 열의 수를 높여주면 된다.

III. 결 과 및 고 찰

1. 시스템 구성

본 연구에서의 회전격자 영상구성 시스템은 점 검출기를 이용하고, 영상의 입력은 거울을 회전시켜 하나의 역마름모꼴형태의 슬릿에 비추어 주사(scan)하는 일차

원 주사 방법을 사용한다. 시스템 구성도는 그림 2와 같다.

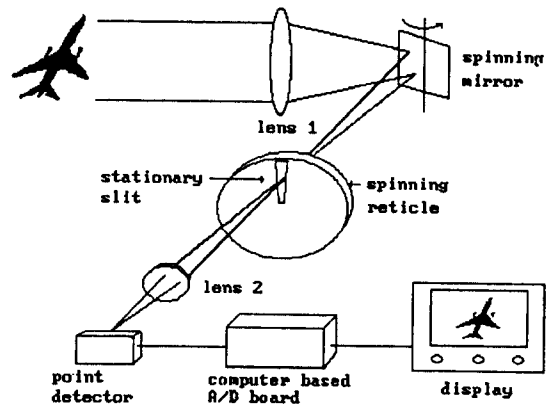


그림 2. 실험을 위한 시스템 구성도
Fig. 2. Schematic diagram for experiment.

이 시스템의 동작을 설명하기 위해서 입력영상은 행과 열로서 구성되는 2차원 화소의 배열이라고 생각한다. 격자 뒤의 정지슬릿은 하나의 열(column)만 통과시키고 나머지는 차단한다. 격자의 빛 펄스의 폭은 중심에서 멀어질수록 커지므로 영상구성시 동기를 맞추기 위해 정지슬릿은 격자의 폭과같이 위가 더 큰 형태를 가진다. 회전거울은 입력영상이 정지슬릿의 좌측에서 우측으로 1 차원으로 주사 되도록 한다.

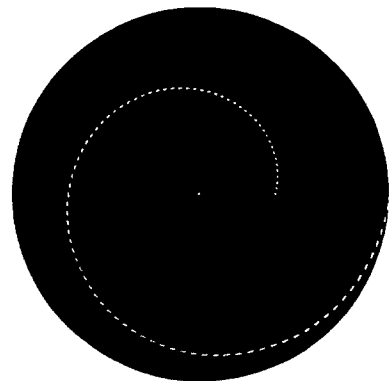


그림 3. 영상구성에 사용한 시분할 회전격자
Fig. 3. Time division spinning reticle for image reconstruction.

영상의 한 열이 격자에 비취지면 회전격자는 영상의

상단부터 하단까지 정해진 해상도로 표본화하고, 렌즈 2로써 점 검출기에 집속시킨다. 점 검출기는 슬릿을 통과한 빛을 전기신호로 변환하고, A/D 변환기를 이용하여 이 신호를 일정한 시간 간격으로 회전격자가 가지는 세로 펄스의 수만큼 표본화 한다. 표본화된 신호를 동기펄스와 비교하여 각 화소의 위치를 찾고 정확한 위치에 배열하여 비디오신호로 변환하면 입력영상을 재구성 할 수 있다. 이상의 과정을 입력영상이 정지슬릿을 완전히 통과할때까지의 신호에 대해서 계속 하면 완전한 영상을 얻을 수 있다. 그림 3은 영상구성에 사용한 시분할 회전격자이다. 회전격자는 1회전시 입력영상의 한 열을 표본화 하도록 하였고, 빛 펄스의 수는 90개로 제작하였다.

2. 컴퓨터 시뮬레이션

거울의 회전속도에 비해 격자가 아주 빠른 속도로 회전한다면 거울에 의해 주사되는 영상이 슬릿을 지날 때는 거의 정지상태라고 가정할 수 있고, 정지된 한 열의 영상을 격자의 90개 펄스가 지나간다고 생각할 수 있다. 본 연구에서는 이에 근거하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션에 사용한 영상을 그림 4에 나타내었다.

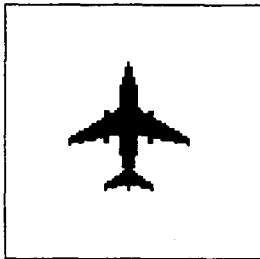


그림 4. 시뮬레이션에 사용한 항공기 입력영상 : DC-10
Fig. 4. Input aircraft image for simulation. : DC-10

영상의 크기는 90×90 으로 구성하고, 격자뒤의 슬릿의 크기는 영상구성의 최소단위인 1개 화소로 정하였다. 입력영상이 우측으로 1화소만큼 움직일 때 격자는 1 회전하여 슬릿에 나타난 90개의 화소를 각각 다른 시간에 표본화 한다. 사용한 격자의 모양은 격자가 슬릿을 지날때의 펄스모양에 근거하여 2차원 평면에 펼쳐진 그림 5와 같이 두었다. 즉 원형격자를 각도 θ 가 0인 위치에서 r방향으로 잘라서 펼쳐놓은 형태이므로 가로축은 θ 의 방향이고, 세로축은 r의 방향이다.

인접하는 빛 펄스가 동시에 정지슬릿을 통과하는 시간을 없애기 위해 격자한개의 빛 펄스는 2개의 화소로 두고 1개화소는 "0", 다른 1개화소는 "1"로 정하면 전

체크기는 90×180이며, 이는 격자가 1회전시 가지는 펄스열이다.

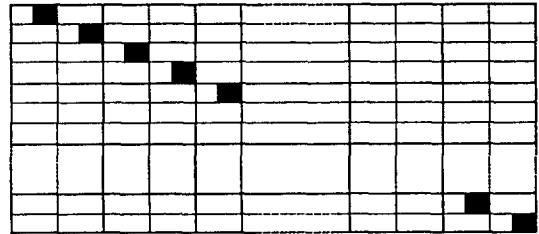


그림 5. 시뮬레이션을 위해 펼쳐진 회전격자의 형태

Fig. 5. Shape of spreaded spinning reticle for simulation.

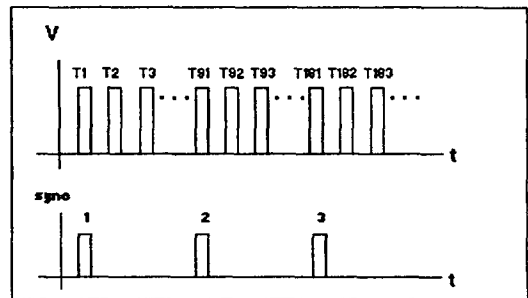


그림 6. 점 검출기의 출력신호와 동기 펄스
Fig. 6. Output signal from point detector and synchronization pulse.

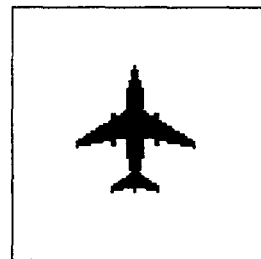


그림 7. 시분할 회전격자에 의해 재구성된 영상
Fig. 7. Reconstructed image by time division reticle.

입력영상의 한 열(90개의 화소)과 격자의 1회전시 가지는 모든 펄스열(180개의 화소)을 이동하면서 곱하고 그 결과가 시간합수를 구성한다. 격자의 모든 펄스와의

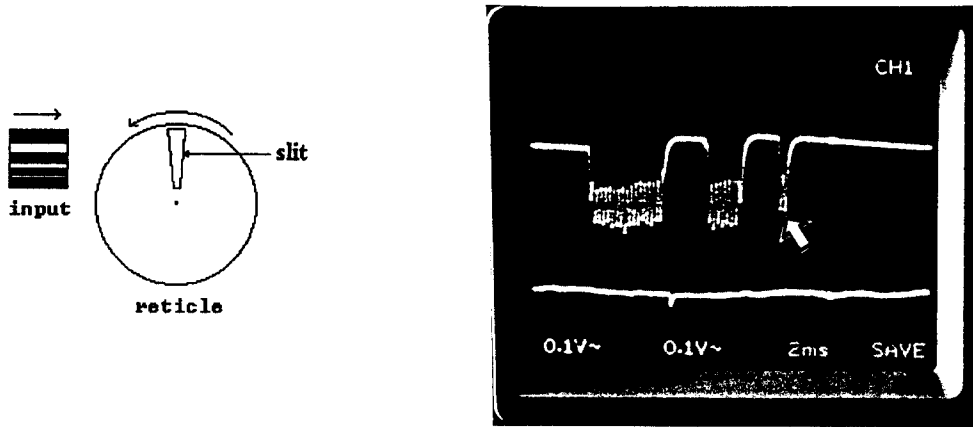
곱이 끝나면 입력영상의 다음열과 다시 격자와의 곱을 입력영상의 가로축 해상도인 90번 반복하여 전체영상에 대한 표본화를 수행한다.

이 곱의 결과들이 점 검출기에 모아지면 그 수는 16200개의 일차원 시간합수가 된다. 이 중 신호가 있는 부분은 2의 배수가 되는 부분이므로, 이를 추출하면 전체 8100개가 되고 이것이 $T_1 - T_{8100}$ 의 신호펄스이다. 격자의 외각부분은 영상재구성시 동기를 맞추기 위한 동기신호 발생부로 사용되며, 격자가 1 회전 할 때 마다 하나의 펄스가 나오게 된다. 그림 6은 균일한 밝기의 입력영상에 대한 검출기 출력과 동기펄스를 나타낸 것이다. 여기서 T1, T91, ...의 신호들로서 첫번째 행을, T2, T92, ...로서 두번째 행을 구성한다.

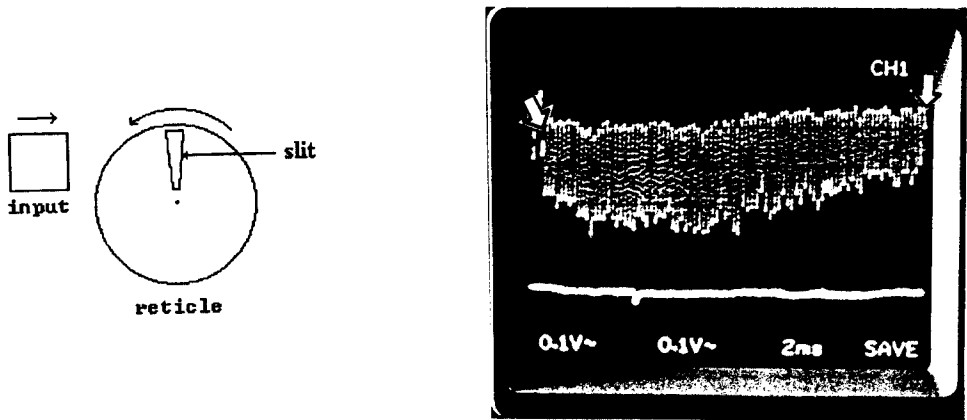
계속하여 T90, T180, ...으로써 마지막 행을 구성하면 전체영상의 구성을 마치게 된다. 위의 방법으로 재구성한 전체영상은 그림 7와 같다. 입력영상이 슬릿에서 정지된다고 가정한 시플레이션에서 재구성된 영상은 입력영상과 동일한 것을 볼 수 있다.

3. 광학적 실험

본 연구에서는 적외선 대신 가시광선을 사용하여 실험하였다. 그림 8은 빛이 전부통과하는 입력과 얼마의 빛을 차단하는 영상에 대한 검출기의 출력과 동기펄스를 오실로스코프에 나타낸 것이다. 그림에서 가로축은 시간축이며 세로축은 점 검출기와 동기펄스발생을 위한 광커플러의 출력전압을 나타내고 있다. 사용한 점



(a)



(b)

그림 8. 간단한 입력들에 대한 검출기의 출력
(a) 균일한 빛 입력, (b) 3개의 빛 통과 입력

Fig. 8. Detector outputs for simple inputs.
(a) uniform light, (b) light passing bars.

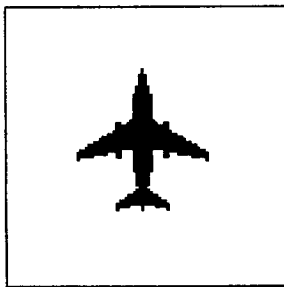
검출기와 광커플러는 빛이 들어올때 음전압을 내는것으로 출력신호의 윗부분이 0V의 위치이다. 그림 8 (a)에서 표시된 부분은 격자의 최외각 빛필스의 위치이며, 입력된 한열의 영상의 양끝부분을 표본화하는 지점이다. 출력신호의 크기가 동일하지 않은 것은 격자구성시 빛이 통과하는 부분을 잘라낼 때의 오차에 기인한 것이다. 또 정지슬릿의 형태에서 예측하듯이 중심에서 멀어질수록 통과되는 빛의 양이 증가함을 알 수 있다. 동기펄스는 제작상 격자의 25번째 빛필스의 위치에서 발생하도록 하였다. 그림 8 (b)는 3개의 빛 통과 입력에 대해 실험한 것이다. 입력영상에서 흰부분이 빛이 통과하는 영역이고, 나머지는 차단되는 부분이다. 결과에서는 표시된 부분이 빛이 통과되는 영역이다. 여기서 얇은 선은 칼날끝기 정도의 빛을 통과하는 입력으로 아주 얇은 형태의 입력영상도 출력신호에 영향을 준다는것을 알 수 있다.

실험에서의 입력영상은 시뮬레이션에서 사용한 비행물체를 사용하였다. 점 검출기로 모아진 빛신호는 전기신호로 변환되어 컴퓨터에 장착된 A/D 변환기를 통해 일정한 시간간격마다 표본화되어 저장하였다. 저장된 정보를 동기펄스의 시간과 비교하여 재배치하여 컴퓨터화면에 나타내었다. 실험에서 얻은 결과와 입력영상을 그림 9와 같다. 본 실험에서는 입력영상의 세로축 해상도를 90으로 하였고, 격자의 회전속도는 50회전/초 정도이므로 전체영상에 대한 표본화는 1.8초의 시간이 필요하였다. 결과가 입력영상과 차이가 많은것은 실험시 회전거울을 마이크로미터에 장착하여 수동으로 조정하였으므로 정확한 동기가 이루어지지 않은것에 기인한 것으로 생각된다.

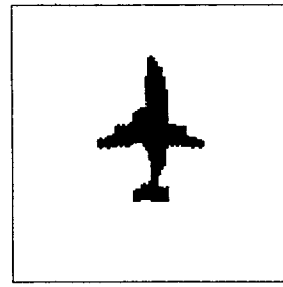
만약 거울을 stepping모터에 장착하여 격자회전시 발생하는 동기펄스를 stepping모터의 동작신호로 준다면 정확한 동기가 이루어져 보다 좋은 결과를 얻을 수 있으리라 생각한다. 또 균일한 빛이 입력되었을때의 출력신호를 기준으로하여, 영상입력시 출력신호와의 차를 계산하여 영상을 재구성하면 동일한 밝기화소의 위치에 따른 출력신호의 차이문제는 해결할 수 있으리라 생각된다. 시분할 영상구성방법의 단점은 격자의 해상도가 높아지면 영상의 가로축 해상도도 동시에 높아져야 하므로 동일한 시간에 표본화해야할 정보가 많아져서 격자의 회전속도와 A/D변환기의 표본화속도가 빨라져야 한다는 것이다.

IV. 결 론

적외선 영상구성을 위한 시분할 회전격자 시스템을 제안하였다. 거울을 회전시켜 격자뒤에 위치한 슬릿에 입력영상을 1차원 주사하고, 격자는 슬릿을 통과하는 열 영상을 위치에 따라 다른 시간에 표본화하여 점 검출기로 집속한다. 점 검출기의 출력신호를 격자의 회전속도에 동기시켜 표본화한후 순서에 따라 재배치하면 영상의 재구성이 가능하다. 해상도가 높은 영상이 요구될 경우 검출기 출력을 표본화하는 간격을 짧게하여 영상의 표본화 시간과 일치시키면 가능하므로 기존의 주파수분할 회전격자 시스템에서의 날카로운 차단특성을 가지는 대역통과 필터군의 필요성을 제거하였다. 거울의 회전속도보다 격자가 고속으로 회전한다고 가정한 컴퓨터 시뮬레이션과 가시광선을 사용한 광학실험을 통하여 그 타당성을 확인하였다. 광학적실험에서 회



(a)



(b)

그림 9. 광학적 실험결과

(a) 입력영상, (b) 회전격자에 의해 재생된 영상

Fig. 9. Experimental result.

(a) input image, (b) reconstructed image by spinning reticle.

전거울을 stepping모터에 장착하여 격자의 회전속도에 정확히 동기시키면 보다 좋은 영상을 재구성 할 수 있을 것이다. 또 이 시분할격자를 이동물체의 추적에 활용할 수 있는 방법에 대해서도 연구중에 있다.

참 고 문 헌

[1] J. S. Sanders, R. G. Driggers, C. E. Halford, and S. T. Griffin, "Imaging with-frequency-modulated reticles," *Opt. Eng.* vol. 30, no. 11, pp. 1720-1724, 1991.
 [2] D. J. Lovell, "Electro-optical position indicator system," *U.S. Patent* 2,997,699, 1961.
 [3] J. S. Taylor, Jr., R. G. Driggers, "Tra-

cking with two frequency-modulated reticles," *Opt. Eng.* vol. 32, no. 5, pp. 1101-1104, 1993.
 [4] R. G. Driggers, C. E. Halford, G. D. Boreman, D. Lattman, and K. F. Williams, "Parameters of spinning FM reticles," *Appl. Opt.* vol. 30, no. 7, pp. 887-895, 1991.
 [5] Ferrel G. Stremler, *Introduction to communication systems*, Addison Wesley, 1990.

"이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음"

저 자 소 개



裴長根(正會員)

1987년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1991년 2월 : 경북대학교 대학원 석사과정 졸업(공학석사). 1993년 2월 : 경북대학교 대학원 박사과정 수료. 1994년 3월 ~ 현재 : 구미전문대학 전자과전임강사. 주관심분야 : 광신호처리, 패턴인식, 영상인식 및 추적 등임

李承熙(正會員) 제 30 권 B 편 10 호 참조

曹雄鎬(正會員) 제 31 권 B 편 8 호 참조



金喆洙(正會員)

1989년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사) 1991년 2월 : 경북대학교 대학원 석사과정 졸업(공학석사) 1993년 2월 : 경북대학교 대학원 박사과정 수료 1994년 3월 ~ 현재 : 경북대학교 전자공학과 조교 주관심분야 : 광신호처리, 광메모리 소자, 패턴인식 등임

金正雨(正會員) 제 31 권 B 편 6 호 참조

金秀重(正會員) 제 31 권 B 편 8 호 참조