

## 적외선영상구성을 위한 주파수-시간 합성 회전격자의 제안

正會員 裴長根\*, 全相宇\*\*, 金喆洙\*\*\*, 金正雨\*\*, 都良會\*\*\*\*, 金秀重\*\*

### A Proposal of Frequency-Time Synthetic Spinning Reticle for Infrared Image Reconstruction

Jang Keun Bae\*, Sang woo Jeon\*\*, Cheol Su Kim\*\*\*, Jeong Woo Kim\*\*, Yang Hoi Doh\*\*\*\*, Soo Joong Kim\*\* Regular Members

#### 要 約

입력영상을 위치에 따라 광변조하는 새로운 주파수-시간 합성 회전격자를 제안하였다. 이 합성격자는 주파수분할 격자와 시분할 격자를 곱하여 구성하였다. 합성격자는 입력영상의 각 화소위치를 다른 주파수와 다른 시간으로 변조한다. 또 시분할격자와 원통형렌즈를 조합하여 입력영상의 일차원주사를 수행하였다. 영상의 재구성은 격자의 회전속도에 동기시켜 짐검출기의 출력신호를 표본화하고 필터링하므로써 이루어진다. 제안된 영상구성 시스템에서, 20개의 대역통과필터를 사용하여 재구성 가능한 영상의 해상도는 120이며 이것은 주파수분할방식에 비해 6배가 높아진것이다. 그리고 인접한 필터들의 중심주파수의 차이를 크게할 수 있으므로 필터구성이 쉬어진다. 또 재구성 영상의 해상도의 상한선을 주파수분할의 경우 120, 시분할의 경우 180에서 720으로 증가시킬 수 있음을 보였다. 컴퓨터 모의실험과 광학적실험의 결과로써 제안된 방법의 유용성을 확인하였다.

#### ABSTRACT

A novel imaging technique in which frequency-time synthetic spinning reticle encodes different pixel locations by light modulation is presented. The principle of the frequency-time synthetic reticle is the multiplication of frequency and time-division reticles. The synthetic reticle encodes the pixel locations of an input image to different frequency and time. The combination of cylindrical lens and time-division reticle are used in one dimensional scanning of the input image. Image reconstruction is accomplished by sampling and filtering the detector output corresponding to the spinning speed of reticle. In the proposed imaging sys-

\*龜尾專門大學 電子科

Dept. of Electronics, Kumi College

\*\*慶北大學校 電子工學科

Dept. of Electronics, Kyungpook National University

\*\*\*金泉專門大學 電波通信科

Dept. of Wave Communication, Kimchun College

\*\*\*\*濟州大學校 電子工學科

Dept. of Electronics, Cheju National University

論文番號 : 94257

接受日字 : 1994年 9月 27日

tem, the resolution of the reconstructed images 120 with the 20 bandpass filters. It is six times higher than that for the FM reticle system. And the filters design is easy because the difference of the central frequencies between the neighboring filters can be enlarged. And we present the upper bound of the reconstruction image resolution can be increased to 720 from 120(FM) or 180(TDM). To confirm the validity of this technique, the results of a computer simulation and an optical experiment are presented.

## I. 서론

야간이나 악천후에서 물체의 형태를 인식하기 위해서는 물체로부터 방사되는 적외선을 이용하거나, 반사되는 레이더 신호를 이용한다. 이중 적외선을 이용한 망원경이나 카레라등의 장비는 아주 고가이다. 따라서 저가의 장비를 이용한 방법이 요구되며 회전격자(spinning reticle)와 적외선 점검출기(point-detector)를 이용한 영상구성 시스템이 1991년 Driggers등<sup>(1)</sup>에 의해 발표 되었다. 이는 1961년 Lovell에 의해 발표된 위치 지정 시스템<sup>(2)</sup>에 근거한 것으로 imaging 렌즈, 회전격자, 정지슬릿, 집속렌즈, 그리고 점검출기로써 구성된다. 여기서 사용한 회전격자는 FM변조 방식이며, 이는 세계의 파라미터를 적절히 조정하며 물체의 궤도추적에도 이용할 수 있다.<sup>(3)</sup> 이 영상구성 방법은 중심에서의 거리에 따라 각각 다른 주파수로 변조하며 이를 점검출기로 보낼 때는 모든 주파수성분을 동일시간에 모음으로써 주파수분할 전송으로 볼 수 있다. 그러나 이 방법은 해상도(resolution)가 높은 영상을 얻기 위해서는 회전격자 구성시 펄스수가 다른 많은 동심원들은 가져야 한다. 따라서 복조시 각 주파수 성분을 분석하기 위해서는 날카로운 차단특성을 가지는 대역통과 필터들을 구성하여야 하며, 이 대역통과 필터의 수는 회전격자가 가지는 주파수 성분의 갯수 만큼이어야 한다.

시분할 방식 회전격자<sup>(4)</sup>는 입력영상의 위치에 따라 각각 다른 시간에 표본화(sampling)하여 하나의 시간합수를 구성하고, 이를 표본화 시기와 동기시켜 적절히 추출하여 영상을 재구성한다. 시분할 회전격자는 한순간에 격자의 중심으로부터의 거리에 따라 하나의 빛펄스만을 가지며, 회전시 주기적으로 반복된다. 격자 1회전에 들어있는 빛펄스의 갯수와 격자의 회전속도가 영상의 표본화시의 해상도를 결정한다. 이 방법은 주파수영역에서 동일한 스펙트럼을 가지며

시간영역에서는 동일한 간격을 가진 표본화 신호들로 구성된다. 시분할 회전격자는 재구성 영상의 해상도를 필터의 증가없이 높일 수 있으나, 하나의 빛펄스가 가지는 공간적 크기를 중복시킬 수 없으므로 무작정 해상도를 높일 수 없다는 단점이 있다.

본 논문에서는 주파수분할 회전격자와 시분할 회전격자를 합성하여 영상구성을 위한 새로운 격자를 제안한다. 슬릿을 통과하는 신호를 일정구간은 주파수분할방식을 사용하고 각 구간들이 시간에 따라 동일한 주파수가 반복되는 형태를 가지도록 하면 주파수-시간 합성격자를 구성할 수 있다. 주파수가 다르게 변조된 일정구간 신호들을 복조하여 원래신호를 찾아내고 이를 반복하므로써 영상의 완전한 재구성을 완료한다. 제안된 방법은 주파수분할 방식과 비교하여 동일한 수의 대역통과 필터로써 더 높은 해상도의 영상을 얻을 수 있으며 필터의 차단특성도 완화시킬 수 있다. 또 시분할 방식과 비교하여 해상도의 제한을 훨씬 높일 수 있다. 컴퓨터 시뮬레이션과 광학적 실험을 통하여 제안된 방법의 유용성을 확인하였다.

## II. 주파수분할 회전격자

격자(reticle)의 정의는 "어떤 영상을 측정하거나 정확한 위치에 맞추기 위해 기기의 촛점에 위치한 눈금"이다.<sup>(5)</sup> 일반적인 격자는 장총의 망원경에 부착된 '자' 모양의 것이다. 이의 특별한 경우인 주파수분할 회전격자는 비취진 물체를 거리와 각도에 따라 각각 다른 주파수와 위상으로 변조하므로써 궤도추적이거나, 영상구성에 이용한다. 격자에 의해 변조된 각각의 주파수성분들은 렌즈에 의해 시간영역에서 중복되므로 이 영상구성방법은 주파수 분할이라 할 수 있다. 주파수분할 회전격자의 특성을 나타내는 세가지 파라미터는  $f(\theta)$ ,  $m(r)$ ,  $\rho(r)$ 이 있다.<sup>(5)</sup>  $f(\theta)$ 는 물체의 각도에 따른 위상의 변화를,  $m(r)$ 은 물체의 중심에서의 거리에 의한 차단 펄스의 갯수를 조정하므로

써 생기는 주파수의 변화를, 그리고  $\rho(r)$ 은 회전격자의 전체모양을 결정한다 파라미터에 의한 회전격자의 투과함수는

$$T(r, \theta) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos[ m(r) \int_0^{\theta + \rho(r)} f(a) da ] \quad (1)$$

로 표현된다. 세개의 파라미터를 모두 사용하여 격자를 구성하면 분리해내야 할 정보가 너무 많아 지므로, 하나의 값만 변수로 두고 나머지는 상수로 두어 격자를 구성하면 거리 또는 각도에 따라 주파수변조 또는 위상변조를 할 수 있다. 구성된 주파수 또는 위상변조 격자를 병렬로 구성하면 완전한 추적이 가능하다. 격자중심에서의 거리에 따른 주파수변조를 위해서는  $m(r)$ 성분만 가지고,  $f(\theta)$ 는 '1',  $\rho(r)$ 은 '0'으로 하여 구성한다. 이 격자의 투과함수는

$$T(r, \theta) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos[ m(r)\theta ] \quad (2)$$

로 표현한다. 식 (2)에 의한 격자는  $\theta$ 에 따라 연속적인 투과도를 가지므로 제작상 문제로 인해 실제 실험에서는 연속적인 함수를 이진화하여

$$T(r, \theta) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \text{sgn}[ \cos[ \text{int}[ m(r) ] \theta ] ] \quad (3)$$

로 구성한다.<sup>(6)</sup> 식 (3)에 의해 구성된 격자의 형태는 그림 1과 같다.

격자를 화살표 방향으로 회전시키면, 중심에서부터의 거리에 따라 그려지는 동심원은 일정한 수의 차단펄수(검은 부분)를 가지게되고 이것이 이 위치에 표적이 있을 때의 주파수가 된다. 이 주파수는 격자의 회전속도와 동심원내의 펄스의 갯수에 의해 결정된다. 그림 1(a)의 격자에 대한  $m(r)$ 을 거리의 함수로 나타내면 그림 1(b)와 같다. 여기서 격자는 20개의 동심원을 가지고 각 동심원의 0~19개의 펄스들을 포함하고 있다. 즉 격자에 비춰진 영상은 각 화소의 위치에 따라 20개의 다른 주파수로 변조되며, 변조된 신호는 렌즈에 의해 짐검출기에 접속된다. 이는 다른 주파수 성분들을 시간영역에서 합하는 것을 의미하며 주파수분할 다중송신으로 볼 수 있다. 짐검출기의 출력신호로 부터 원래의 신호(격자에 비춰진 빛의 위치)를 찾아내기 위해서는 격자가 가지고 있는 만큼의 주파수를 분리하기 위한 대역통과 필터가 필

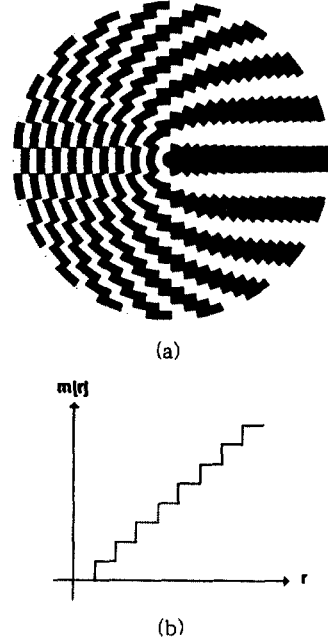


그림 1. 거리에 따른 주파수변조 회전격자

(a) 주파수변조 회전격자의 형태

(b) 거리  $r$ 에 대한  $m(r)$

Fig. 1. Frequency vs. radius reticle

(a) shape of FM-modulated reticle

(b) distance  $r$  vs.  $m(r)$

요하다. 격자의 형태가 이진값으로 구성되어 있으므로 각 위치에서의 영상을 변조하는 반송파는 펄스형태이다. 그러므로 격자에 의해 변조되는 주파수의 최대는 최소주파수의 제 3고조파보다 작아야 다른성분과 섞이지 않는다. 펄스형태를 만들기 위해서 최외곽의 한 펄스의 0과 1부분이 각각 1°의 간격을 가진다면 펄스의 수는 180이며, 최소동심원이 포함하는 펄스의 수는 61이상이어야 한다. 펄스수의 변화를 61~180으로 1개씩의 차이를 둔다면 격자에 의해 구성되는 영상의 해상도는 120이며 필요한 필터의 수도 120개이다. 만약 격자의 회전속도를 100회전/초로 둔다면 인접한 대역통과필터의 중심주파수의 차이는 100Hz이므로 필터의 차단특성은 아주 날카로워야 한다.

### Ⅲ. 시분할 회전격자

시분할 방식은 일정한 주파수 대역에 여러 신호를 실어 다중전송하는 통신방식이다.<sup>(7)</sup> 입력되는 영상을

격자의 중심으로부터 거리에 따라 동일한 주파수를 가지고, 이를 순서적으로 표본화하여 한순간에 하나의 신호만을 가지도록 재 배치 하면 영상의 시분할 전송이 가능하다. 제안된 시분할 회전격자의 형태는 그림 2와 같다.

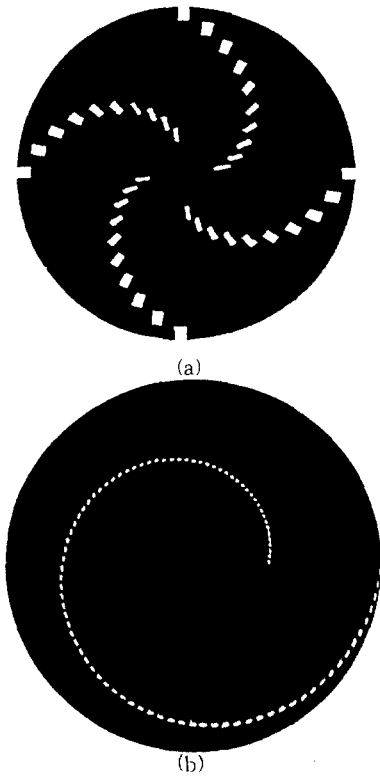


그림 2. 시분할 회전격자  
(a) 세로축의 해상도 10, (b) 세로축의 해상도 90  
Fig. 2. Time-division spinning reticle.  
(a) vertical resolution 10, (b) vertical resolution 90

그림 2에서 밝게 표시된 부분이 빛이 통과되는 부분이고 이것이 표적의 위치를 표본화하는 빛 펄스의 역할을 한다. 표적영상에서 방사되는 적외선은 렌즈에 의해 격자의 표면위에 맺혀진다. 이때 렌즈는 가시영역(field of view)에 포함되는 모든영상을 격자의 최대동심원과 최소동심원 사이에 재생할 수 있도록 배율을 조정한다. 맺혀진 영상은 격자가 회전하면서 그 위치에 빛펄스가 지나갈 때만 뒷면에 나오게 된다. 점검출기에 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 빛펄스가 위치하는 가장 작은 동심원과 최외곽 동심원 사이의 펄스의 갯수가 결정한다. 그림 2(a)에서 최소 동심원과 최대 동심원 사이의 펄스 갯수는 10개이며, 이것은 90°의 각도를 차지하고 있다. 그림 2(b)는 90개의 펄스로 구성되며 이는 입력영상의 세로축 해상도를 90개로 취하는 것이 된다. 그러므로 격자가 1회전시 그림 2(a)는 4개의 열을, 그림 2(b)는 1개의 열을 표본화 할 수 있고 해상도가 낮을수록 영상의 표본화시간은 짧아짐을 알 수 있다. 그림 2(b)와 같이 격자가 가지는 0°~360°의 각도를 90개로 나누면 하나의 빛펄스가 4°를 차지하고 이 각각이 영상구성시 겹치지 않으려면 빛 통과 부분은 2°의 영역을 가진다. 빛통과 부분이 1°이하로 떨어지면 광효율이 낮아지므로 실제 사용하기 어려워진다. 그러므로 시분할 격자의 해상도의 상한은 180개 정도로 볼 수 있다.

#### IV. 제안된 주파수-시간 합성 회전격자

본 논문은 전술한 두 방법의 단점을 보완하기 위하여 주파수와 시분할을 적절히 조합한 새로운 형태의 회전격자를 제안한다. 제안된 주파수-시간 합성 회전격자의 형태는 그림 3과 같다.

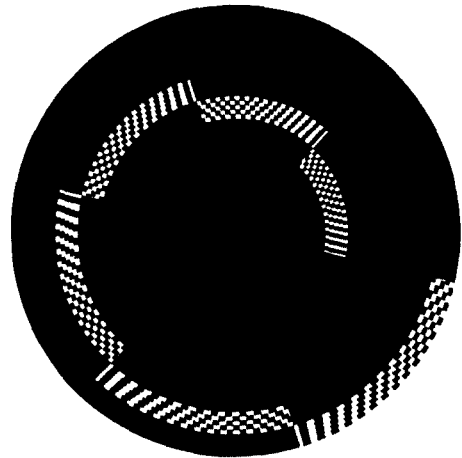


그림 3. 주파수-시간 합성 회전격자  
Fig. 3. Frequency-time synthetic spinning reticle

격자영역을 동심원과 섹터로 나누고 유효영역은 기준에서의 각도에 따라 시분할 격자형태를 따른다. 유

효영역은 다시 내부동심원형태로 나누고, 거리에 따라 펄스수를 달리하는 동심원들을 일정수만큼 내부에 배치한다. 이 유효영역이  $2\pi$ 의 격자영역을 모두 채울 때까지 동일한 주파수를 가지도록 반복한다. 그림 3의 격자는 유효영역인 6개의 섹터가 각각  $\pi/3$ 를 차지하고, 그 내부에는 5개의 다른 펄스수를 가지는 동심원들로 이루어져 있다. 이 합성격자는 처음  $\pi/3$  회전 시 5개의 동심원이 차지하는 거리에 존재하는 신호들은 각각의 주파수로 변조되고 이것을 한점으로 모아 지므로 주파수분할 격자로 동작하고, 다음  $\pi/3$  회전 시는 출력신호의 주파수는 동일하나 그 시간이 달라 지므로 시분할 격자로 동작한다. 출력신호의 주파수와 시간을 판정하여 각신호의 중심으로부터의 거리를 구분 가능하다는 것으로 합성격자의 동작을 설명할 수 있다. 5개의 대역통과 필터로써  $\pi/3$  통과시 신호를 필터링하여 각 주파수성분을 찾아내고 이는 격자를 통과하는 하나의 열신호의 1/6에 해당하는 것이다. 격자 1회전시 포함되는 유효영역의 수인 6번을 반복하면 한 열에 대한 영상재구성은 완료된다. 이렇게 함으로써 5개의 필터로써 재구성할 수 있는 영상의 해상도는 30이다. 즉 동일 해상도의 영상구성시

필요한 필터의 갯수를 1/6으로 줄일 수 있다. 또 격자의 최외곽 동심원에 포함되는 펄스의 갯수를 180으로 두고 해상도를 주파수 분할 방식의 최대인 120으로 하기 위해서 필요한 필터의 갯수는 20이다. 이때 최소동심원의 펄스의 갯수를 61로 둔다면 인접동심원의 펄스수는 6개의 차이를 둘 수 있게 된다. 격자의 회전수가 100회전/초이면 인접주파수와의 차이는 600Hz이므로 100Hz인 주파수분할 방식에서보다 필터의 차단특성을 크게 완화시킬 수 있다. 해상도의 상한선 측면에서 보면, 최외곽의 펄스수를 180으로 필터의 갯수를 120으로 둔다면 재구성영상의 해상도는 720으로 높일 수 있다.

### V. 실험 및 결과

본 연구에서 사용한 시스템은 기존의 회전격자를 이용한 방법과 유사한 형태의 구성을 가진다. 다만, 회전격자는 본 논문에서 제안한 합성격자를 사용하였고, 시분할 격자와 원통형(cylindrical)렌즈를 사용하여 일차원 주사거울의 역할을 대신하였다. 시뮬레이션과 실험의 근간이 되는 시스템 구성도는 그림 4와 같다.

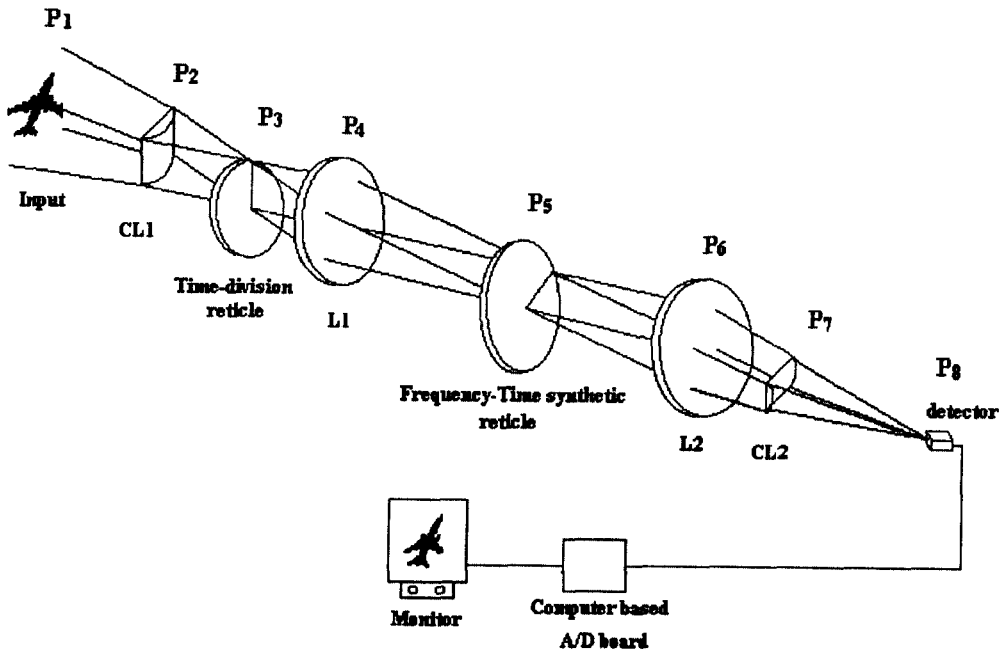


그림 4. 실험과 시뮬레이션을 위한 시스템 구성도  
Fig. 4. System configuration for experiment and simulation

물체( $P_1$ )에서 방사되는 적외선 영상은 원통형렌즈( $P_2$ )에 의해  $P_3$ 평면에 가로축의 하나의 선으로 집속되고 이 평면에 놓인 시분할 격자가 회전하면서 위에서 아래로 영상을 순서적으로 표본화한다. 시분할 격자를 통과한 빛신호는 입력영상이 한 열에 대한 정보이고 이는  $P_4$ 의 렌즈에 의해 합성격자의 표면위에 재생되며, 합성격자( $P_5$ )는 이를 변조하게 된다. 변조된 신호는 렌즈  $L_2$ 와  $CL_2$ 에 의해 한점으로 집속되고 이를 점검출기( $P_6$ )가 전기적인 신호로 변환한다. 전기신호로 변환된 정보는 A/D 변화기로 표본화하고, 시분할된 시간에 따라 추출한 다음 필터링하여 원래 영상을 재구성한다.

1. 컴퓨터 시뮬레이션

입력영상은 행과 열로 구성된 디지털 영상이라고 생각하고 이를 합성격자로 변조한 후 순서대로 각 주파수성분을 검출하여 영상을 재구성 하였다. 사용한 입력영상을 그림 5에 나타내었다. 입력은 '0'과 '1'만을 가지는 이진영상이며, 크기는 사용한 합성격자의 해상도에 맞추어  $60 \times 60$  화소로 구성하였다.

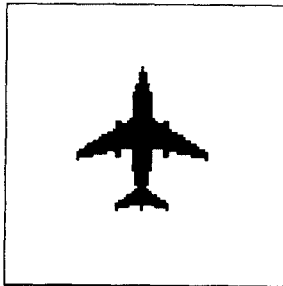


그림 5. 시뮬레이션에 사용한 입력영상  
Fig. 5. Input image for simulation

시뮬레이션에서는 그림 6과 같은 합성격자를 사용하였다. 이 격자의 시분할 간격은  $\pi/3$ 이며 격자영역 내부에는 5개의 다른 주파수성분을 포함한다. 주파수를 달리하여 동일한 방법으로 외부영역에 추가하면 재구성 가능한 영상의 해상도는 60이며, 복조시 필요한 필터의 갯수는 10개이다. 입력영상은 전술한 방법에 의해 합성격자의 표면위에 한 열만 비춰지고 이 영상을 격자는  $\pi/3$ 회전시간동안 거리에 따라 10개의 다른 주파수로 변조하고 1 회전동안 이를 6번 반복한다. 시뮬레이션에서는 격자가  $\theta$  방향으로 회전하는 것을 X방향으로 이동하는 것으로 대체하였다. 이를 위하여 원형격자를  $\theta$ 가  $0^\circ$ 인 축을 기준으로 r방향으로 잘라서 펼쳐 직교좌표로 변환<sup>(9)</sup>하였고, 그 형태는 그림 7과 같다.

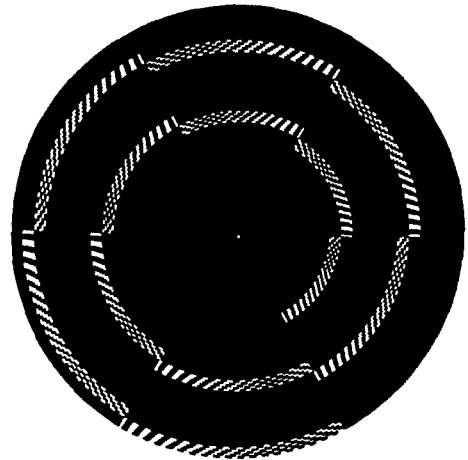


그림 6. 시뮬레이션에 사용한 주파수-시간합성 회전격자  
Fig. 5. Frequency-time synthetic reticle for simulation

합성격자의 크기는  $60 \times 6144$ 이며 시뮬레이션에서 격자의  $\pi/6$ 에 해당하는 신호를 1024개의 표본화신호



그림 7. 시뮬레이션을 위해 펼쳐진 합성격자  
Fig. 7. Spreaded synthetic reticle for simulation

로 두어 복조시 고속 푸리에 변환하여 그 주파수성분을 찾도록 하기 위해서이다. 그림 7은 보기쉽게하기 위하여 크기를 적절히 조정하여 나타낸것이다. 균일한 빛을 입력하였을 때 처음 나오는 1024개의 표본화 신호를 푸리에 변환하여 그 주파수 스펙트럼을 그림 8에 나타내었다.

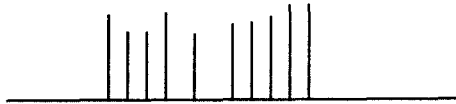


그림 8. 격자 1/6회전시 표본화된 신호의 주파수 스펙트럼  
Fig. 8. Frequency spectrum of sampled signal in 1/6 rotation

여기서 주파수성분은 10개인 것을 볼 수 있으며 이들중 저주파 영역의 5개 성분은 거리 1~5까지에 신호가 있다는 것이며 나머지 5개 성분은 거리 31~35까지에 신호가 있다는 것을 나타낸다. 그림 9는 입력으로 사용한 항공기 영상의 한 열이 입력되었을 때의 6개의 주파수 스펙트럼을 나타낸것이다. 첫번째 스펙트럼은 1~5영역과 31~35영역에 영상의 유무를 판정하므로 31, 32, 33영역에 영상이 있으며, 두번째 스펙트럼은 6~10과 36~40 영역중 7,8,9,10,38,39

에 영상이 있음을 알 수 있다. 계속하여 여섯번째 스펙트럼은 25~30영역과 55~60영역중 27,28,29,30 영역에 영상이 있음을 알 수 있다. 이 신호로부터 입력영상의 한 열을 재구성한다. 이를 열의 수 만큼 반복하여 재구성한 영상은 그림 10과 같다.

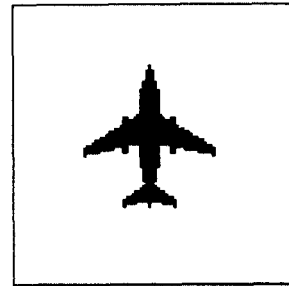


그림 10. 시뮬레이션에 의해 재구성된 영상  
Fig. 10. Reconstructed image by simulation

## 2. 광학적 실험

본 연구에서는 적외선 대신 가시광선을 사용하여 실험하였다. 격자가 초당 50회전 한다고 가정하고 시뮬레이션에서 행한것과 같이  $\pi/3$  회전시 1024개로 표

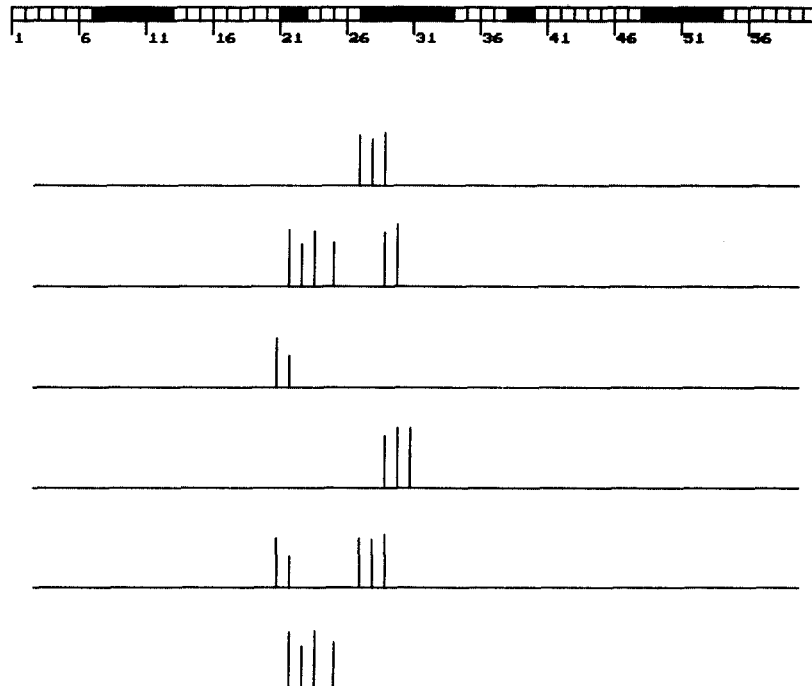


그림 9. 입력영상의 한 열에 대한 주파수 스펙트럼  
Fig. 9. Frequency spectrum of one column of input image

본화하려면 A/D 변환기의 표본화 주파수는  $1024 \times 6 \times 50 = 307.2 \text{kHz}$  이어야 한다. 표본화 주파수를 낮게 하기 위해서는 격자의 회전속도와, 1회전당 시분할하는 영역을 줄여야 한다. A/D 변환기의 성능을 고려하여 본 연구에서는 25 회전/초의 격자속도와  $2\pi/3$ 의 시분할 간격의 합성격자를 사용하였다. 격자의 펄스수는 가장 안쪽이 70개이며 각 동심원이 4개씩의 펄스수의 차이를 두고 86개까지 5가지 종류이고, 이것을 2번 반복하여 3개의 유효영역을 채운다. 다음 3개의 유효영역은 90~116개 까지의 5종류의 펄스수를 가진 동심원들로 채우게 된다. 합성격자가 가지는 주파수는 최소 1.75kHz에서 최대 2.9kHz이다.  $2\pi/3$ 에 해당하는 유효영역을 330개로 표본화 한다면 필요한 A/D 변환기의 표본화 주파수는  $330 \times 3 \times 25 = 24.75 \text{kHz}$ 이며 이는 신호의 Nyquist 주파수를 충분히 만족한다. 실험에 사용한 합성격자의 형태는 그림 11과 같다. 격자의 최 외곽에는  $2\pi/3$ 마다 동기펄스를 발생하도록 하여 복조시 이를 이용한다.

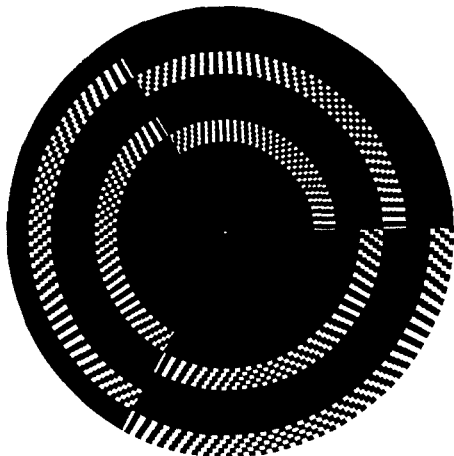


그림 11. 실험에 사용한 주파수-시간 합성격자  
Fig. 11. Frequency-time synthetic spinning reticle for experiment

그림 12는 합성격자의 변조능력을 확인하기 위하여 두개의 시험영상을 입력하고, 변조된 신호의 점검출기 출력신호를 오실로스코프로 측정한 것이다. 여기서 채널 2의 신호는 1/3 회전마다 나타나는 동기펄스이며 펄스 사이의 출력신호는 각각 다른 유효영역의 출력신호를 의미한다. 그림 12(a)에서는 모든 부분이 전부통과되므로 각 펄스사이의 신호는 동일한 형태이

며 이들은 10개의 주파수성분이 섞여있다. 그림 12(b)에서 첫번째 부분은 10개의 주파수성분이 다 통과하며, 두번째 부분은 몇개의 주파수성분만이 통과되며, 마지막 부분은 통과되는 주파수성분이 없다는 것을 알 수 있으며, 이는 입력영상과 동일하다.

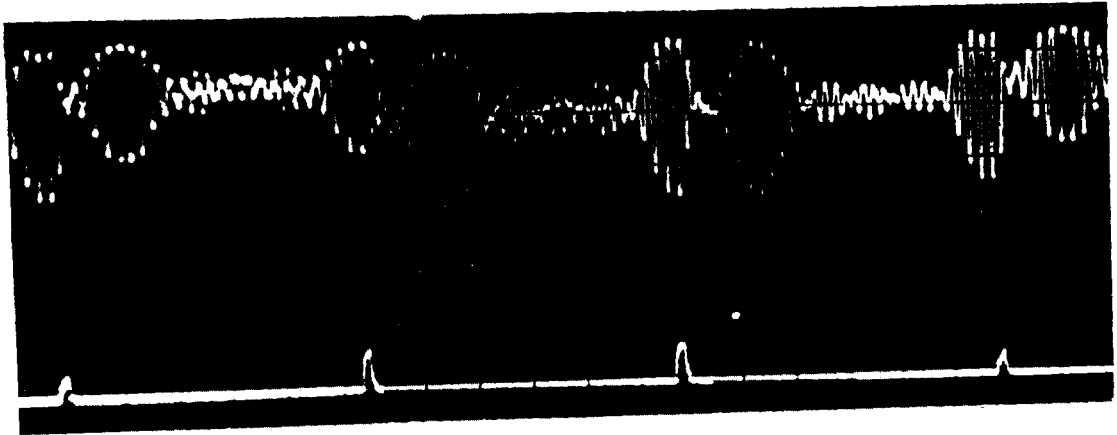
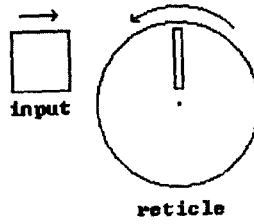
이 신호를 컴퓨터에 내장된 A/D 변화기로써 각동기 펄스사이의 출력신호를 330개로 표본화한다. 처리 프로그램은 각 펄스사이에서 표본화 된 신호에 '0'를 첨가하여 표본치의 개수를 8192개로 만들고, 이를 고속 푸리에 변환하고 정규화(normalization)과정을 거쳐 미리 규정한 크기로 진폭(amplitude)정보를 확대한다. 합성격자의 중심에서의 거리에 따라서 가지는 각 주파수성분의 위치에서 첨두치를 추출하면 이것이 입력영상의 한 열에 대한 세기에 비례하는 값이 된다. 이 결과를 그림 13에 나타내었다. 격자 1회전에 시분할된 유효영역은 3개이며 각 영역에는 10개의 다른 주파수 성분이 포함되어 있음을 알 수 있다.

실험을 간단히 하기 위하여 삼각형영상을 입력하여 위 방법으로 실험하여 재구성된 영상과 입력영상을 그림 14에 나타내었다. 전체 시스템구성시 동기는 합성격자에서 발생하는 동기펄스를 분주하여 3개의 펄스마다 하나의 펄스를 발생하도록 하여 시분할 격자가 장착된 Stepping 모터의 동작펄스로 사용하였다. 즉 합성격자 1회전시 시분할 격자는 한단계(step)씩 이동하여 전체영상 구성하였다. 시험결과에서, 1차원 주사를 위한 시분할 격자와 합성격자 사이의 정확한 동기가 이루어지지 않았고, 사용한 A/D변화기가 표본화하는 동안 데이터의 일부를 소실하여 재구성형상의 형태가 입력영상과 차이가 있는것으로 생각된다. 모터의 회전속도를 정확히 제어하고, A/D변화기의 표본화 주파수를 높이면 더 좋은 영상을 얻을 수 있으리라 생각한다.

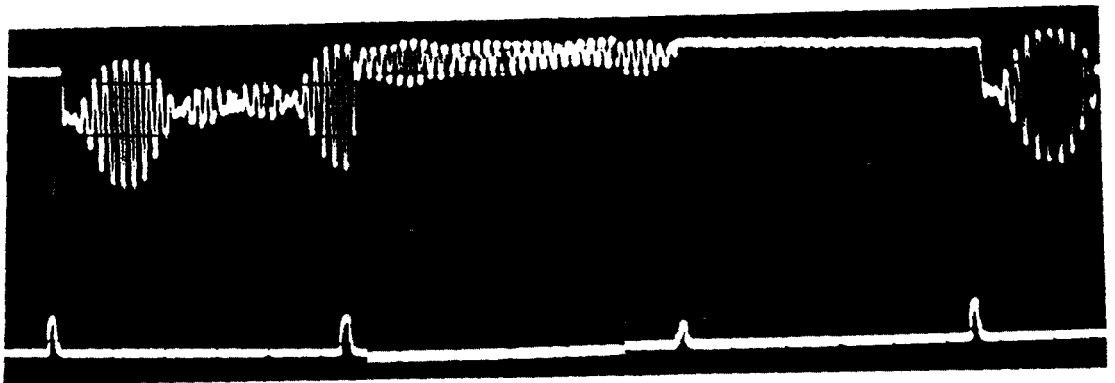
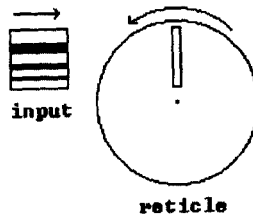
## Ⅶ. 결 론

적외선 점검출기를 이용하여 적외선 영상구성을 위한 주파수-시간 합성 회전격자의 구성을 제안하였다. 시분할 회전격자와 원통형 렌즈를 사용하여 입력영상을 격자 표면위에 일차원의 주사 하였고, 이를 변조하여 영상을 재구성 하였다. 제안된 합성회전격자는 주파수분할과 시분할을 합성하여 신호를 변조하고,





(a)



(b)

그림 12. 합성격자에 의해 변조된 시험영상의 점검출기 출력  
(a) 균일한 빛 입력, (b) 3개의 빛 차단 입력

Fig. 12. Detector output for test images modulated synthetic reticle.  
(a) uniform light input, (b) three light block bar input

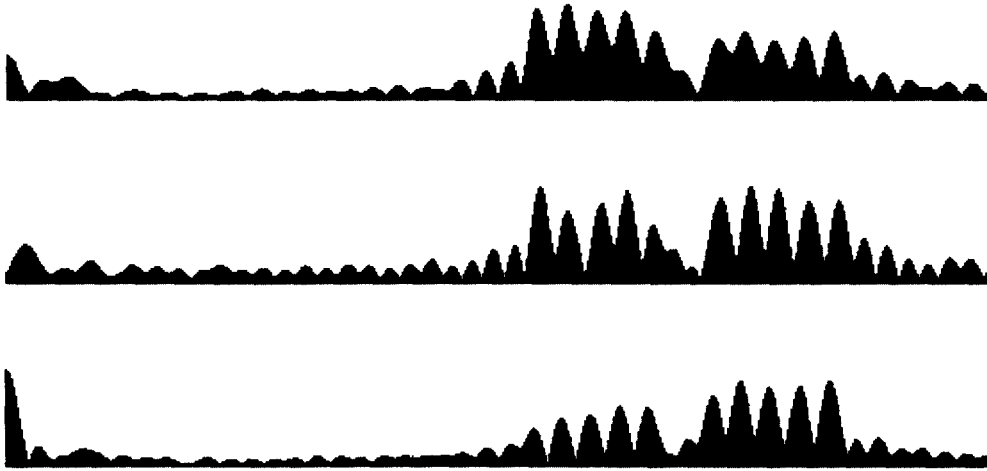


그림 13. 균일한 입력이 조사되었을 때 신호의 푸리에 변화  
Fig. 13. FFT output for fully illuminated input

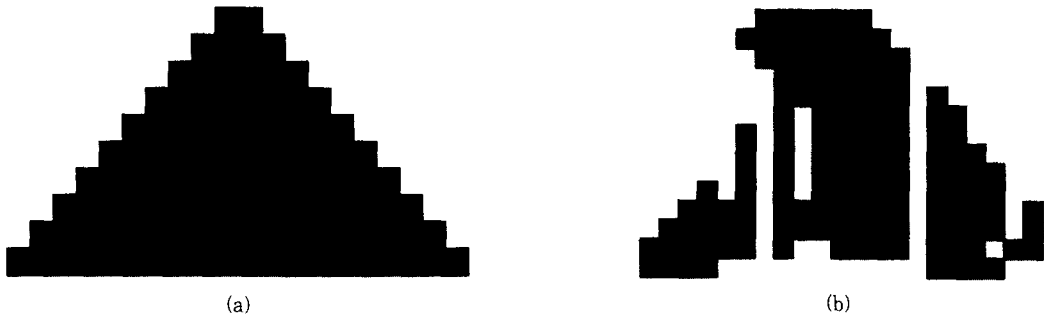


그림 14. 광학적 실험결과  
(a) 입력영상, (b) 재구성된 영상

Fig. 14. Result of optical experiment.  
(a) input image, (b) reconstructed image

복조시는 포함된 주파수 성분을 주어진 시간영역안에 서만 동일 위치로 인식하고 이를 시분할 유효영역의 수 만큼 반복하여 전체 영상을 재구성하였다. 기존의 방법과 비교해 보면, 10개의 대역통과필터로써 재구성한 영상의 해상도는 60이며 주파수분할방식의 해상도 10보다 훨씬 높아졌으며, 인접주파수와의 차이를 크게 하므로써 필터의 차단특성도 완화시킬 수 있었다. 또 재구성영상의 해상도의 상한선은 격자의 최외곽펄스폭을  $2^\circ$ 로 두었을때 720으로 180인 시분할 격자보다 크게 향상되었음을 알 수 있었다. 항공기 영상을 사용한 컴퓨터 시뮬레이션과, 가시광선에서 행한 광학적 실험을 통하여 제안된 주파수-시간 합성격자의 유용성을 확인하였다.

### 참고문헌

1. J. S. Sanders, R. G. Driggers, C. E. Halford, and S. T. Griffin, "Imaging with frequency-modulated reticles," *Opt. Eng.* vol. 30, pp. 1720~1724, Nov. 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, "Tracking with two frequency-modulated reticles," *Opt. Eng.*, vol. 32, pp. 1101~1104, May 1993.
4. Jang Keun Bae, Sang Woo Jeon, Yong Hoi Doh, "Infrared imaging system using time-

- division reticle," *SPIE*, vol. 2321, pp. 528~833, Aug. 1994.
5. R. G. Driggers, C. E. Halford, G. D. Boreman, D. Lattman, and K. F. Williams, "Parameters of spinning FM reticles," *Appl. Opt.* vol. 30, pp. 887~895, July 1991.
  6. J. S. Sanders, R. G. Driggers, C. E. Halford, and S. T. Griffin, J. S. Taylor, Jr., and M. Welfare, "Comparison of continuous and discrete frequency-versus-radius frequency-modulated reticles," *Appl. Opt.* vol. 31, pp. 1638~1640, Oct. 1992.
  7. F. G. Stremmer, *Introduction to communication systems*, Addison Wesley, 1990.
  8. 전상우, 배장근, 도양희, 김수중, "시분할 회전격자 주사방식을 이용한 영상구성 시스템," *신호처리합동학술대회 논문집*, vol. 7, pp. 791~795, Sep. 1994.
  9. R. G. Driggers, C. E. Halford, G. D. Boreman, "Use of spatial light modulators in frequency modulation reticle trackers," *Opt. Eng.*, vol. 29, pp. 1398~1403, Nov. 1990.

이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음



裴長根 (Jang Keun Bac)

1987년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1991년 2월 : 경북대학교 대학원 석사과정 졸업(공학석사)  
 1993년 2월 : 경북대학교 대학원 박사과정 수료

1994년 3월~현재 : 구미전문대학 전자과 전임강사  
 \* 주관심분야 : 광신호처리, 패턴인식, 영상인식 및 추적 등



全相宇 (Sang woo Jeon)

1993년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1995년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사과정 졸업(공학석사)  
 1995년 2월~현재 : 현대자동차(주) 연구원

金 赫 洙 (cheol Su Kim)

현재 : 김천전문대학교 전파통신과 전임강사  
 제 19권 12호 참조

金正 兩 (Jeong Woo Kim)

현재 : 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정  
 제 19권 12호 참조

鄒 良 會 (Yang Hoi Doh)

현재 : 제주대학교 전자공학과 조교수  
 제 19권 12호 참조

金 秀 重 (Soo Joong Kim)

현재 : 경북대학교 전자공학과 교수  
 제 19권 12호 참조