

光波電子工學의 發達과 特徵

金 映 權

建國大學校 電子工學科 教授 (工博)

1. 序 言

光波技術과 電子技術의 發達は 初期에는 別個의 분야로 연구 발전되어 왔다. 그러나 Maxwell의 光의 電磁波說과 Hertz의 電磁波 발생을 시점으로 전파의 단파화 기술이 향상됨과 더불어 광과 전자공학 상호간에 배어 놓을 수 없는 관계가 유지되어 왔다. 그러다가 Maiman의 Ruby Laser를 위시하여 각종의 Laser에 의한 Coherent光의 發振, 增幅등 光波利用技術의 向上에 의하여 오늘에 와서는 電波 卽 光波로 생각하게끔 되었다.

먼저 光波技術과 電子技術의 發展略史를 略로 살펴보고, 光波電子工學의 特徵으로 光波와 情報, 그리고 時間, 空間情報處理에 관한 기본적인 성질을 살펴보고자 한다.

2. 光波와 情報

1888년에 처음으로 독일의 물리학자 Hertz가 전자파의 발생에 성공했다. 그 이래 인류는 보다 짧은 波長의 Coherent 電磁波를 차차로 발생시켜 이들을 전기 통신에 의한 정보처리에 잘 이용해 가면서 電子技術을 발전 시켜왔다. 즉 전자기술 발전의 역사는 전자파의 발생 파장의 단축화의 역사로부터 시작되었다고 할수가 있다.

그림 1은 이용주파수 spectrum이 時代와 함께 확장되어 각 시대에 이들이 정보처리에 이용된 것을 보인다.

한편 광은 구약성경의 창세기에 보면 「하나님이 가라사대 빛이 있으라 하시매 빛(光)이 있었고(창세기 1장 3절)」라고 기록되어 있듯이 고대에는 신비적인 것으로 알고 있었으나

표 1. 광파기술과 전자기술발전

年 度	광 파 기 술	전 자 기 술
1600	현미경	
	굴절 망원경	
1650	Snell의 법칙	
	반사 망원경	
1700	광파동설 (Huygens)	
1750	광입자설 (Newton)	
1800		Coulomb의 법칙
	공간섭실험 (Young)	
1850	편광의 발견 (Malus)	Ampere의 법칙
	회절 (Fresnel)	Ohm의 법칙
	회절격자 (Fraunhofer)	전자유도 작용 (Faraday)
	광속도 측정 (Kohlrusch)	전자파 예언 (Maxwell)

年度	광 파 기 술	전 자 기 술
1900	광의 전자파설 (Maxwell) 회절적분 (Kirchhoff)	전화 (Bell) 전자파의 발생 (Hertz) 무선통신 (Marconi)
	Fabry - Perot 간섭계 주기구조 회절조건	전자의 발견 (Thomson) 삼극진공관 (De Forest) 전자현미경 Television 송수신기 Klystron
1950	Holography의 원리	도파관, Radar, Transistor
1970	크라프트부 Fiber	Laser 이론 (Townes) He - Ne Laser 이광속 Holography 발광 Diode
	유리 Fiber 광 IC	반도체 Laser 광통신 방식 Computer Micro과 중계 IC, LSI VLSI.

17세기 이후의 천재적 物理學者들에 의해 차츰 신비의 베일을 벗기 시작했다. 光이 電磁波라는 것은 19세기 후반에 Maxwell에 의해 처음으로 규명되었다. 그러나 그 뒤에도 inco-

herent인 광파만을 얻을 수 밖에 없었기 때문에 광파의 응용은 제한되었으며 통신을 시작으

로하는 情報處理에는 거의 이용되지 못 했었다. 1960년 Maiman에 의해 처음으로 만들어진 Laser 光은 Coherent인 전자파로 파장의 단축화의 한 획기적인 실현이었다. 이렇게 Laser의 발명에 의해 인류는 Coherent인 光波가 얻어지게 되므로 光波에 의한 情報處理技術이 비약적으로 발전하게 되었다. 우리가 사회생활을 하는데 있어서 얻는 정보를 크게 나누면 時間情報(temporal information)과 空間情報(spatial information)으로 분류할 수가 있다. 전자는 음성등과 같은 시간적으로 변화하는 정보이고, 주로 聽覺에 호소하는 것이다. 이에 반해 후자는 물체의 形狀 및 인쇄된 文字등과 같은 공간적으로 변화하는 정보로서 주로 視覺을 통해서 얻을 수 있는 것이다.

Laser 光이 생겨나기 이전에는 電磁波는 주로 시간정보의 처리에 사용되어 왔다. 공간정보 처리를 하기 위해서는 波長의 數10배 정도 큰 장치가 필요하고 예를들면 마이크로波를 사용한다고 하더라도 그 디멘존이 매우 커지게 되어 (10,000 MHz의 마이크로波에서 數 10 cm 정도) 실용상 부적당하다. 그러나 광파는 波長이 마이크로 미터(미크론) 이하이므로 空間情報處理에 편리할 뿐만 아니라 處理情報量이 크게 늘어나는 이점이 있다. 이와 같이 光波電子技術의 특

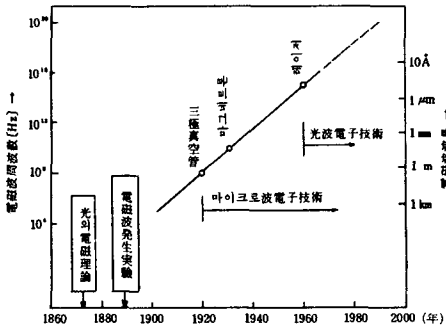


그림 1. 전자파 발생광파의 단축과 전자기술의 발전

herent인 광파만을 얻을 수 밖에 없었기 때문에 광파의 응용은 제한되었으며 통신을 시작으

로하는 情報處理에는 거의 이용되지 못 했었다. 1960년 Maiman에 의해 처음으로 만들어진 Laser 光은 Coherent인 전자파로 파장의 단축화의 한 획기적인 실현이었다. 이렇게 Laser의 발명에 의해 인류는 Coherent인 光波

徵을 알아볼 수가 있다.

그러므로 이와 같은 光波電子技術의 原理를 취급하는 광파전자공학의 범위는 光波의 時間情報를 포함한 表現과 空間情報를 포함하는 表現의 對應關係를 잘 理解할 必要가 있다.

3. 時間情報와 空間情報

時間情報와 空間情報를 포함하는 光波의 基本적 성질에 관하여 이것을 수식으로 나타내서 양자의 대응관계를 살펴보자. 波動은 일반적으로 다음과 같은 식으로 나타낸다.

$$A(\mathbf{r}, t) \cos[\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r} + \phi(\mathbf{r}, t)] \dots (1)$$

여기서 A는 진폭이고, 平面波일때에는 상수이다. t는 시간 ω는 시간(각)주파수, k는 波動 벡터, r는 位置벡터이다. 이 파동을 살펴 볼때, r를 고정하고 시간좌표 t를 보면 이 파동은 시간적으로 변화하는 정현파를 나타내고, 또 역으로 t를 고정하여 공간좌표로 보면 공간적으로 변화하는 정현파를 나타낸다. 이와 같이 정보가 시간정보인가 공간정보인가는 단적으로 말하면 파동을 cos ω t에 착안하는가 cos k · r에 착안하는가에 달려 있다.

한예로 그림 2에 보인 것과 같은 時間情報 S(t)를 생각해 보자. Fourier 해석의 정리에 의하면 S(t)는 많은 周波數成分 S(ω) cos(ωt + φ)의 和를 나타 낼수가 있다.

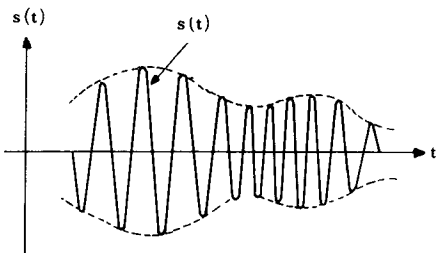


그림 2. 時間情報의 한예

$$S(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S(\omega) \cos(\omega t + \phi(\omega)) d\omega \dots (2)$$

여기서 S(ω) cos(ωt + φ) Δω는 -∞ < t < ∞

에 걸쳐있는 정현파이다.

다음으로 空間情報의 한예로 그림 3에 보인 물체에서 반사되어 오는 Laser 光波를 생각해 본다. 그 波面은 고려하고 있는 x-y면을 횡단하여 진행해 간다. 어느 시각 t에 어떤 Z의 위치를 고정하여 x 좌표를 따라 이 波를 보면

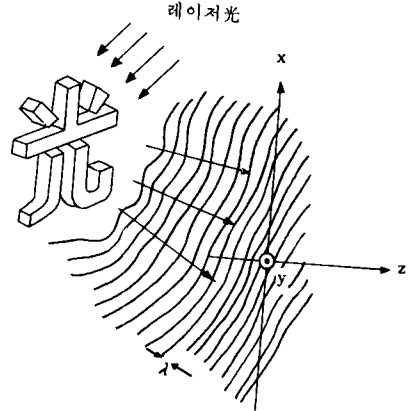


그림 3. 空間情報를 갖는 光波面의 傳播

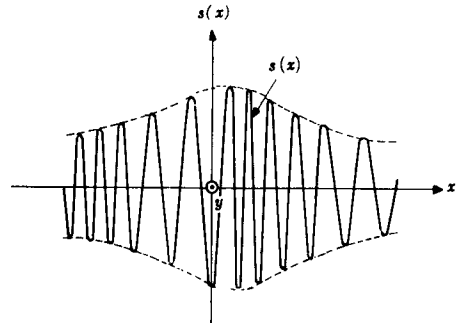


그림 4. 空間情報의 한예

이 空間情報는 그림 4에 보인 S(x)되는 x의 函數로 주어진다. 이 S(x)는 식(2)에 대응하여 Fourier 해석이 되고, 다음과 같이 表示할 수가 있다.

$$S(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(k_x) \cos(k_x x + \phi(k_x)) dk_x \dots (3)$$

여기서 $\frac{k_x}{2\pi}$ 는 空間周波數 (spatial frequency) 라고 부르며 空間情報를 취급하는데 중요한 개념이다. 식(3)의 한 성분 S(k_x) cos(k_x x + φ(k_x)) Δk_x는 x 축을 따라 보면

정현파 함수이고, 또 그림 3의 공간을 전파하는 波面으로 보면 z 축에 대하여 어떤 기울기를 가지고 傳播하는 하나의 平面波에 대응한다. 서로 다른 k_x 를 갖는 정현파는 전파방향의 다른 平面波에 대응한다. 이와 같이 임의의 時間函數가 時間周波數가 다른 정현파의 和로 표시되는 것에 대응하여 임의의 空間波面은 傳播方向이 다른 (그러므로 空間周波數가 다른) 平面波의 和로 나타낼 수가 있다. 式(2)의 $S(\omega)$ 는 보통 周波數 spectrum이라고 부르는데, 대응하여 式(3)의 $S(k_x)$ 는 空間周波數 spectrum 또는 方向 (angular) spectrum이라고 부른다. 이 두 情報에 서로 대응되는 관계를 표로 정리해 보면 표 2와 같다.

4, 結 言

光波電子工學의 發展은 1966年에 IBM에서

蓄積密度가 10^6 비트/cm²의 冗長성이 있는 高密度記錄可能한 光memory가 개발되었고 1967년에는 Bell 研究所에서 64×64 비트/페이지, 64×64페이지의 Hologram memory를, 1969年, RCA에서는 color 画像用의 Holotape를 개발 발표했다.

또한 1972年경에 코닝유리회사에서 石英유리를 使用한 100μm 傳送損失 20dB/Km의 Fiber를 개발하여 光通信의 可能性을 이룩했고, 1969年에 Bell 研究所의 Miller가 integrated circuit optics를 提案했다. 두께數 μm 程度의 固體薄膜中에 光導波路, 光波, 變調器, Lens, 分岐, 檢出器등을 포함시켜 光에 의한 情報處理를 實現할 수 있도록 했다. 이제, 各國에서 以上の 研究영향에 의해 급격히 光波電子工學의 研究에 박차를 가하고 있다.

표 2. 時間情報系와 空間情報系の 比較

	時間情報系	空間情報系
좌 표	t (sec)	x (mm)
周波數	時間周波數 $f = \frac{\omega}{2\pi}$ (Cycles/sec) (ω : 角周波數)	空間周波數 $U = \frac{k_x}{2\pi}$ (Cycles/mm) (k_x : x 軸에 따른 傳播常數)
Spectrum	周波數 spectrum	空間周波數 spectrum 또는 方向 spectrum
情報函數表示	f 가 다른 多數의 正弦波의 和	U 가 다른 (傳播方向이 다른) 多數의 平面波의 和

