

자유공간 광학과 출력 버퍼 메모리를 이용한 광 Asynchronous Transfer Mode(ATM) 교환방식

正會員 池 尹 圭* 正會員 李 相 信*

An Optical Asynchronous Transfer Mode(ATM) Switching System Using Free-Space Optics and an Output Buffer Memory

Yoon Gyu JI*, Sang Shin LEE* *Regular Members*

要 約 자유공간 광학과 출력 버퍼 메모리를 이용한 Optical Asynchronous Transfer Mode(ATM) 스위칭 시스템을 제안하고, Huygens-Fresnel 원리와 렌즈 변환을 이용하여 이 스위칭 구조에 있는 분배 시스템을 분석했다. 단색광 조명의 경우, 입력 분포의 부리에 변환과 유사한 패턴이 출력평면에서 관측되었다. 부분적으로 코히런트(coherent)한 유사 단색광으로 시스템을 조명할 때는, 출력평면에서 단색광 때보다 공간적으로 넓어진 빛의 세기 분포가 나타났다. 100fs 정도의 코히런트(coherent)한 단펄스는 심한 공간적 확장 없이 분배기를 전파할 수 있음을 알 수 있었다.

ABSTRACT We propose an optical Asynchronous Transfer Mode (ATM) switching system using free-space optics and an output buffer memory. The distributor system in the switching fabric was analyzed using the Huygens-Fresnel principle and lens transformation. For monochromatic illumination, a pattern similar to the Fourier transform of the input distribution was observed across the output plane. A Spatially broadened intensity distribution across the the output plane can be expected when the system is illuminated with a partially coherent, quasimonochromatic beam. Spatially coherent pulses as short as 100fs can propagate through the distributor without severe spatial broadening.

I. 서 론

지금까지의 교환기는 주로 음성 또는 데이터 등을 교환하는 역할을 수행해 왔다. 그러나 앞으로는 음성 및 데이터 뿐만 아니라 화상까지 통신하는 Broadband Integrated Service Digital Network (B-ISDN)이 실현화됨을 기대함에 따라 매우 많은 정보를 취급할 수 있는 교환기의 연구 개발이 필요하다. 이 B-ISDN의 실현을 위해 Asynchronous Transfer Mode(ATM)가 표준화되었고, 이를 위한 ATM교환기에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 ATM교환기의 구현을

위해 여러가지 방법으로 연구되고 있으나, 앞으로 전자시스템에 비해 더 넓은 대역폭을 제공할 수 있는 광기술이 성숙되어 감에 따라 광을 이용한 ATM network을 구성할 가능성은 매우 크다. 이런 점을 감안해 볼 때 광을 이용한 ATM 교환기 구조에 관한 연구는 매우 중요하다 하겠다.

현재는 공간분할(space-division) 광 ATM교환기에 관한 연구가 활발하다. 그러나, 빛은 자유공간을 진행해 나가는 장점이 있기 때문에 parallel interconnection이 가능하므로 이를 이용한 throughput 이 매우 높은 광ATM 교환기의 구성이 가능할 것으로 믿어진다. Packet switch 에서는 같은 출력으로 여러개의 입력이 동시에 연결되려 하는 현상을 해결하기 위하여 buffer memory가 필요한데 그 위치에 따라 input

*韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科
Department of Electrical Engineering Korea Advanced
Institute of Science and Technology.
論文番號 : 91-31(接受1990. 12. 22)

buffer switch, crosspoint-buffer switch와 output-buffer switch로 구분될 수 있다. 그 중에서도 output-buffer switch는 control logic이 단순하고 traffic 특성이 매우 양호하다는 점에서 사용가능성이 많다 하겠다.¹⁰⁾ 이 부분은 자유공간 분할방식과 output buffer를 이용한 광ATM 교환기 구조에 관한 연구결과이다.

II. 자유공간 분할 광ATM 교환기의 구조

ATM 교환기는 매우 높은 처리 능력이 필요하므로 전기적으로 구성할때 다단식의 교환 방법이 될 것이며 따라서 전기적인 소자들 사이에 많은 고속 연결이 필요하다. 전기소자들 사이의 전기적 고속 연결은 높은 시스템 수행능력을 얻는데 제약요소가 되며 이를 극복하기 위하여 광연결 방법이 연구되고 있다. 또한 전자 교환기를 broadcast and select의 방법으로 구성할때 time-division multilex(TDM)된 부분에서는 매우 높은 data rate가 필요하므로 ATM교환기에서 필요한 multicast의 기능을 수행하기가 쉽지 않다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 자유공간 분할방식을 이용한 교환 방식을 아래와 같이 제안한다.

자유공간 분할방식과 output buffer를 사용한 광 ATM 교환기의 구조를 그림 1과 같이 구성하였다. 입력의 수가 m 이고 cell길이가 p bit인 serial로 들어오는 전기적인 입력 신호는 2개의 $(m\text{-column}) \times (p\text{-row})$ shift register에서 m 개의 p -bit의 parallel configuration으로 바뀐다. ATM은 한 cell의 길이가 53 byte가 되므로 이 구조에서는 $p=424$ bit가 된다. 이 parallel 신호는 latch에 저장되며 한 순간에 한 packet만 laser diode array를 동작시킨다. 이렇게 얻어진 optical packet은 distributing optics를 통하여 $(d\text{-column}) \times (p\text{-row})$ 2D output optical buffer memory에 broadcast된다. 한개의 cell이 송신되는 시간 동안에 m 개의 time-slot으로 나누어서 각 time slot 동안에 한개의 입력을 distributing optics를 통하여 output buffer memory에

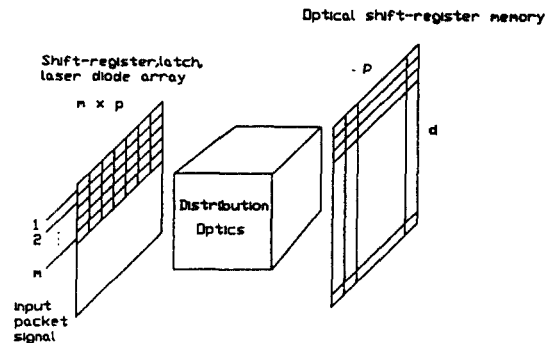


그림 1. 자유공간 분할 광 ATM 교환기의 구조
The configuration of free space optical ATM interchanger.

broadcast 시킨다. 이렇게 공급된 packet은 controller에 의하여 activate된 하나의 optical buffer memory에 저장된다. 물론, broadcasting이 필요한 경우는 여러개의 optical buffer memory에 동시에 저장될 수 있다. 따라서 분배 시스템에 사용되는 소자들의 동작속도가 빠르지 않아도 된다.

Serial로 들어오는 packet들을 parallel로 변환시키지 않고 TDM하면 bus에서의 속도는 입력수 m 배 만큼 빨라야 한다. 즉 입력의 속도가 V 이던 data bus에서는 $m \times V$ 의 속도가 필요하다. 그러나 이 시스템에서는 parallel로 변환하였으므로 분배시스템의 속도는 $(m \times V) / p$ 이던 된다. 이 optical buffer memory는 optical shift register로 동작되도록 구성한다. 따라서 이렇게 저장된 cell은 출력 buffer memory controller에 의해 activate되어 serial bit 형태로 바뀌어 출력으로 나가게 된다. 이때 optical shift register의 갯수 d 는 cell loss rate와 input link utilization에 의하여 결정된다. 즉 이 광교환방식에서는 한 순간에 한 cell만이 전달되므로 동시에 같은 곳으로 가려는 conflict는 없다. 그러나 parallel로 변환된 packet은 교환이 끝난후 serial로 바뀌어 전송되어야 하므로 한 packet cell의 전송시간 동안에 같은 address로 들어오는 packet들은 packet을 저장하고 있지 않은 다른 optical shift register에 저장되어야 하므로 d 의 값은 m 보다 크다.

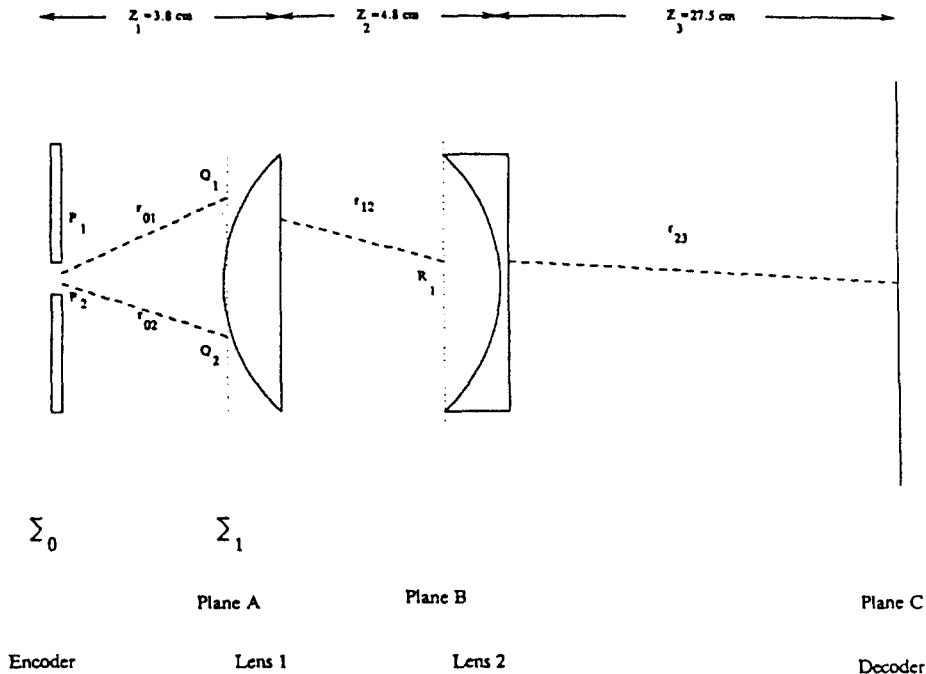


그림 2. 분배 시스템
A distributor system.

이와 같이하여 1개의 cell이 송신되는 시간동안 m개의 packet이 교환되고, 그 동안에 들어오는 m개의 packet은 또하나의 memory bank에 저장되어 다음 cell length 동안에 처리된다. 따라서, 두개의 input memory bank는 그 역할을 교대로 하여 하나가 m개의 cell을 저장하는 동안 다른 하나는 교환을 하고, 그 다음 cell length 동안에는 그 역할이 반대로 된다.

이 광분배시스템은 입력을 모든 출력에 broadcast 하는 역할을 수행하므로 분배시스템(distribution optics)는 그림 2와 같이 구성될 수 있다. 이 분배 시스템을 구현하는데는 원통형의 볼록 렌즈(첫번째 렌즈) 한개와 원통형의 오목 렌즈(두번째 렌즈) 한개가 필요하다. 원통형의 볼록 렌즈는 입력배열의 i번째 열에 있는 입력 pixel들을 원통형의 오목 렌즈의 광축에 집중시킨다. 그러면, 원통형의 볼록 렌즈는 수직 방향으로 광선을 분산시키서 입력의 i번째

packet 이 모든 출력 pixel들에 도달하도록 한다.

분배기의 기능을 상세히 이해하기 위해서, 단색광과 부분적으로 coherent 광과 short pulse 로 차례로 조명해서, 분배 시스템을 분석하였다.

Ⅲ. 단색광 조명

광파가 광시스템을 전파할때 회절이 像시스템의 성질을 결정하는데 중요한 역할을 한다. Maxwell 방정식에 의한 전기장과 자기장의 여러 요소들 간의 커플링을 무시하면, 스칼라 회절 이론은 광시스템 공학자에게 흥미있는 거의 모든 실험을 충분히 설명할 수 있다. 그래서, 스칼라 회절 이론이 그림 2에 그려진 분배기를 분석하는데 이용하였다. 단색 조명의 경우에, 광시스템이

복소장의 진폭에 선형이라는 사실 때문에 Huygens-Fresnel 원리로 알려진 중첩 적분을 적용할 수 있다. 분배 시스템에서 복소장의 진폭은 Huygens-Fresnel 회절 공식과 렌즈 변환을 이용하여 다음 과정에 의하여 계산될 수 있다.

입력 바로 뒤의 선형으로 편광된 파의 전기장 또는 자기장은 식(1)과 같이 쓰여진다.

$$U(P_1,t)=U(P_1)\exp(-j2\pi\nu t) \quad (1)$$

여기서, $U(P_1)$ 은 복소장의 진폭이고, ν 는 광 주파수이고, P_1 은 입력 평면에서의 위치이고, t 는 시점이다. 첫번째 렌즈 앞의 평면(평면 A)에 입사하는 복소장의 진폭 $U(P_1)$ 은 Huygens-Fresnel 원리의 형태로 표현된다. P_1 에서 Q_1 까지의 전파 거리 r_{01} 이 파장 λ 보다 훨씬 크므로 ($r_{01} \gg \lambda$) 다음 식으로 표시된다.

$$U(Q_1)=\frac{1}{j\lambda} \iint_{\Sigma_0} U(P_1) \frac{\exp(jkr_{01})}{r_{01}} \cos\theta ds \quad (2)$$

위 식에서, Σ_0 는 부호기의 유한 구경(finite aperture)이고, $k=2\pi/\lambda$ 이고, θ 는 P_1 과 Q_1 을 연결하는 선과 입력 평면의 법선 사이의 각이다.

렌즈가 얇아서, 렌즈의 각 지점의 두께에 비례하는 양만큼 입사 파면을 지연시킬뿐이고, 렌즈에서 광선의 진행은 무시할만하다고 가정한다. 그러면, 원통형의 볼록 렌즈 바로 뒤의 평면에서의 복소장의 진폭 $U'(Q_1)$ 은 다음 (3)식에 의해 렌즈 앞의 복소장의 진폭 $U(Q_1)$ 과 관계된다.

$$U'(Q_1)=t_m(Q_1)U(Q_1) \quad (3)$$

위 식에서 $t_m(Q_1)$ 은 첫번째 렌즈에 의한 위상 변환형이다. 평철 렌즈(planconvex lens)에 대해서, 관측점 Q_1 의 좌표 (x,y) 에서의 위상 변환은 식(4)와 같다.

$$t_m(Q_1)=\exp [jk(n\Delta_0-(n-1)$$

$$(R-\sqrt{R^2-(x^2+y^2)})] \quad (4)$$

위 식에서, n 은 굴절률이고, R 은 곡률 반지름이고 ($R>0$), Δ_0 는 렌즈의 최대 두께이다.

두번째 렌즈 바로 앞의 평면(평면 B)에서의 복소장의 분포는, $U(P_1)=U'(Q_1)$ 과 $r_{01}=r_{12}$ 로 치환하면 식(2)에 의해 결정된다. 여기서 r_{12} 는 두 렌즈간의 거리이다. 원통형의 평요 렌즈(plano-concave lens)에 의한 위상 변환은 식(5)와 같이된다.

$$t_m(R_1)=\exp[jk(\Delta_0-(n-1)(R+\sqrt{R^2-(x^2+y^2)})] \quad (5)$$

두번째 렌즈 바로 뒤의 평면 위의 한점과 출력 평면 위의 한점 사이의 거리, r_{23} ,를 전파한 후에, 출력 평면(평면 C)에서의 복소장의 분포는, 두번째 렌즈 바로 뒤의 평면에서의 복소장 $U'(R_1)$ 을 $U(P_1)$ 에, r_{23} 를 r_{01} 에 각각 치환하면 식(2)로 표현된다. 각 평면에서의 빛의 세기는 식(6)으로 주어진다.

$$I(P)=|U(P)|^2 \quad (6)$$

입력 평면 위의 가동 중지된 pixel들을 통해 새는 빛은 이 시스템에서 잡음의 한 원인이다. 입력의 복소장의 대조비(contrast ratio)가 9(0)일때, 평면 A,B,C에서의 세기 분포를 일차원의 경우에 수치해석적으로 계산하였다. 이 계산에 사용된 입력은 48 pixel 배열이다. $\lambda=0.633\mu\text{m}$ 이고 각 pixel의 폭은 $108\mu\text{m}$ 이고 pixel들의 모서리 간의 거리는 $18\mu\text{m}$ 이라고 가정하였다.

입력의 모든 pixel들이 가동 중지되었을 때, 평면 A,B,C에서의 세기 분포가 수직 거리(μm)의 함수로, 그림 3-a, 그림 3-b, 그림 3-c에 각각 나타나 있다. 입력 평면과 평면 A 사이의 거리가 입력 평면의 최대 선형 크기에 대해 그리 크지 않기 때문에, 평면 A에서의 세기 분포는 국한된 구조의 근거리 패턴을 보여준다. 볼록 렌즈의 초점 거리에 위치한 평면 B에서의 세기 조차 같은 이유 때문에 입력 평면의 분포에서의

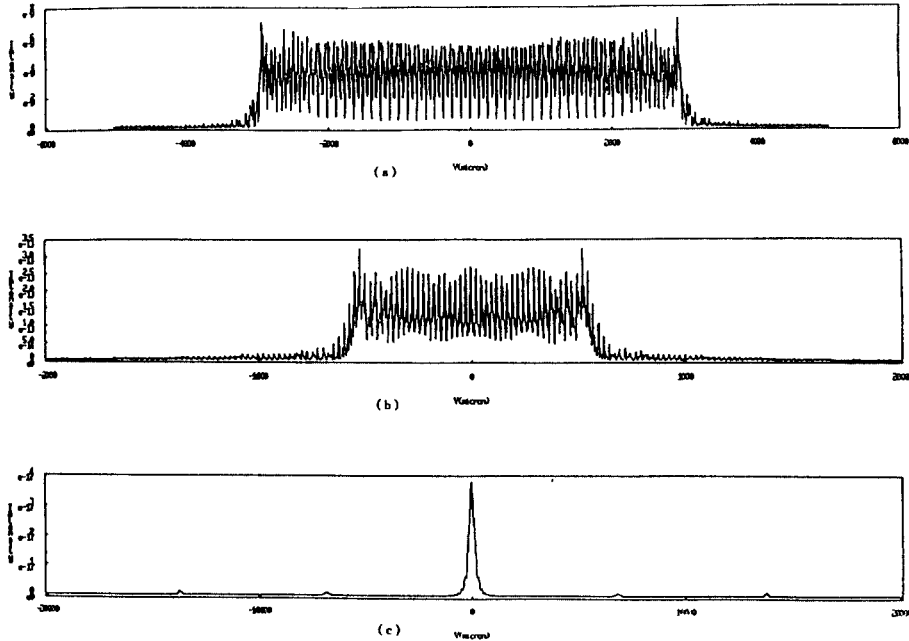


그림 3. 출력 배열의 모든 pixel들이 가동 중지되었을 때, (a) 평면 A, (b) 평면 B, (c) 평면 C에서의 빛의 세기 분포
Intensity distributions across the (a) plane A, (b) plane B, (c) plane C when all of the pixels in the output array are disabled.

잡음 분포의 푸리에 변화 (그림.3 c)와는 거리가 멀다.

Fresnel 근사를, $(z_2^3) \gg \frac{\pi}{4\lambda} (y_0 - y_1)^2$, 볼록 렌즈와 촛점 평면 간의 빛의 진행에 적용하면, 볼록 렌즈는 촛점 평면에 푸리에 변환을 수행한다.⁽²⁾ 오목 렌즈와 z_0 의 장거리를 전파한 후에, 출력 평면에서의 잡음 세기는 그림.3 c에서처럼 광축 근처에 집중된다. 패턴이 입력 평면에서의 잡음 분포의 푸리에 변화와 매우 유사하다.

광축 근처의 입력 pixel이 가동될 때, 입력의 Fresnel 패턴을 그림. 4 a와 같이 평면 A에서 관찰할 수 있었다. 볼록 렌즈는, 오목 렌즈의 오른쪽에 위치한 볼록 렌즈의 촛점 평면에 신호의 장의 진폭을 푸리에 변환할 수 있다. 그래서, 평면 B에서의 장의 진폭이 푸리에 변환(그림. 4 b)에 근사한다. 오목 렌즈는 출력 평면에

수직하게 분산시킨다. 그림 4-c에 나타난 것처럼, 가동 중지된 pixel로부터 나오는 장의 진폭 (시스템 잡음)은 입력 pixel로부터 나오는 장의 진폭에 중첩된다. 잡음으로부터 나오는 장의 진폭은, 광축 주위에 집중된다. 광선이 분배기를 전파할 때의 신호대 잡음비(SNR, dB)가 그림. 5에 나타나 있다.

IV. 부분적으로 코히런트한 협대역 광조명

부분적으로 coherent한 빛으로 분배 시스템을 조명할 때, 상호 코히런스 함수(coherence function)라 불리는 대각상관성(cross-correlation) 함수가 시스템을 분석하는데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 파가 공간을 전파함에 따라, 상호 코히런스 함수의 상세 구조가 변하게

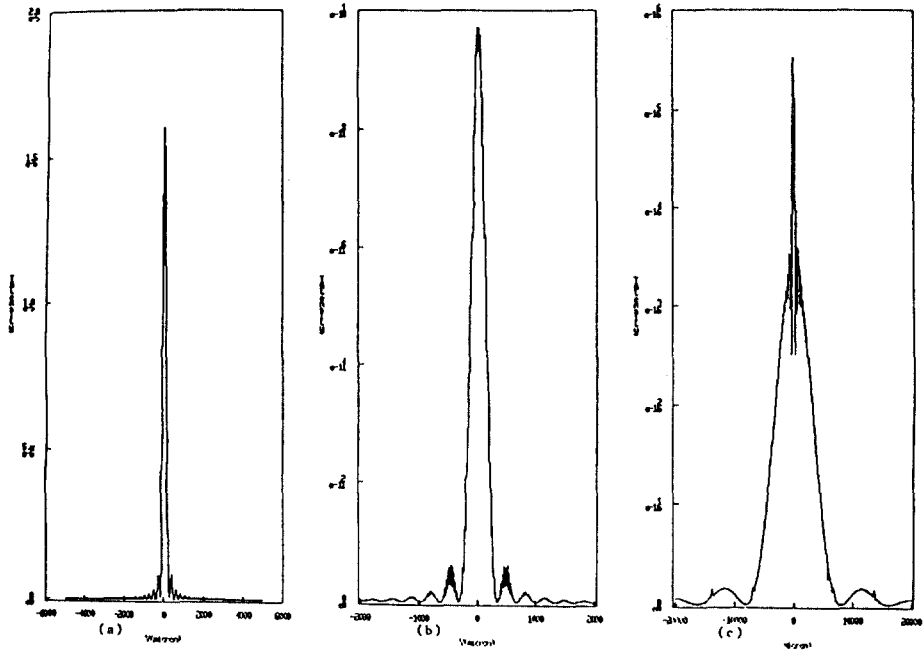


그림 4. 광축 근처의 한 pixel이 가동됐을 때, (a) 평면 A, (b) 평면 B, (c) 평면 C에서의 빛의 세기 분포
Intensity distribution across the (a) plane A, (b) plane B, and (c) plane C when a pixel near the optical axis is enabled.

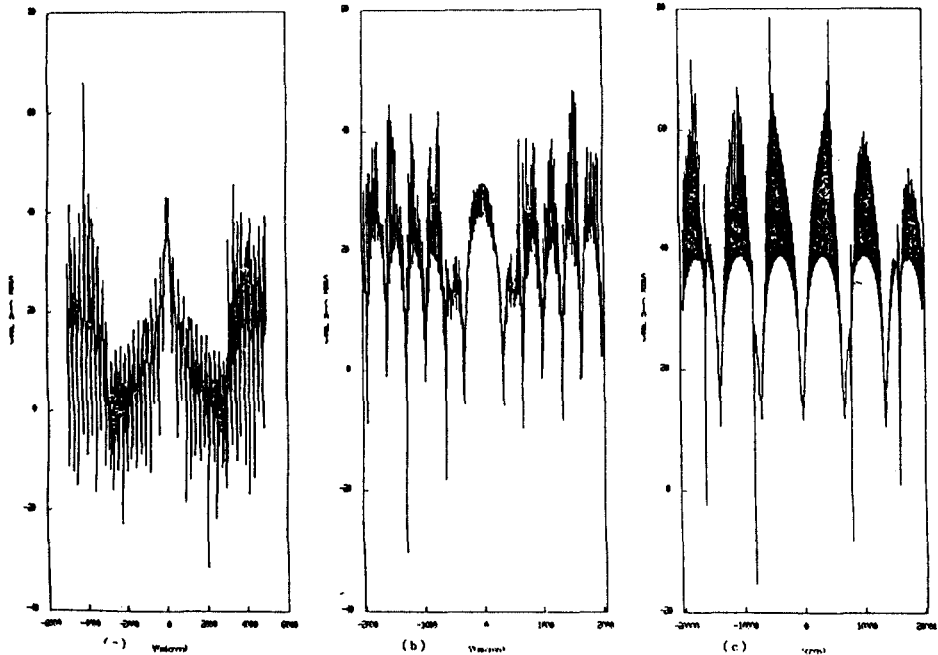


그림 5. 광축 근처의 한 pixel이 가동됐을 때, (a) 평면 A, (b) 평면 B, (c) 평면 C에서의 신호대잡음비 (dB)
Signal to noise ratio in dB across the (a) plane A, (b) Plane B, and (c) plane C when a pixel near the optical axis is enabled.

된다. 이 절에서는, 분배기를 통한 부분적으로
코히런트한 광선의 전파를 생각해 본다.

대역폭 $\Delta\nu$ 가 중심 주파수 $\nu(\frac{\Delta\nu}{\nu} \ll 1)$ 보다
훨씬 작은 협대역 광의 경우에, 외란(disturba-
nce)에 대한 기본 전파 법칙은 식(7)과 같다.

$$U(Q_i, t) \approx \iint \sum_0 \frac{1}{\lambda} U(P_i, t - \frac{r_{0i}}{c}) \cos\theta_i ds \quad (7)$$

위 식에서 $\lambda=c/\nu$ 이다. 이 식은 $r_{0i} \gg \lambda$ 경우에
유효하다.

\sum_0 에서의 광의 상호 코히런스 함수는 정의에
의해 식(8)과 같다.

$$\Gamma(P_1, P_2; \tau) = \langle U(P_1, t + \tau) U^*(P_2, t) \rangle \quad (8)$$

표면 \sum_0 에서의 상호 코히런스 함수 $\Gamma(Q_1, Q_2; \tau)$
는 Huygens-Fresnel 원리와 식(7)의 도움으
로 식(9)에 의해 \sum_0 위의 장들과 관계된다.

$$\Gamma(Q_1, Q_2; \tau) = \iint \iint \sum_0 \iint \sum_0 \langle U(P_1, t + \tau - \frac{r_{01}}{c}) \rangle \cdot U(P_2, t - \frac{r_{02}}{c}) \rangle \frac{1}{\lambda^2 r_{01} r_{02}} \cdot \cos\theta_1 \cos\theta_2 dS_1 dS_2 \quad (9)$$

피적분자(integrand)에 있는 시간 평균은 \sum_0 위의
상호 코히런스 함수에 의해 표현될 수 있기 때문
에, 상호 코히런스 함수에 대한 기본 전파 법칙
은 식(10)과 같다.

$$\Gamma(Q_1, Q_2; \tau) = \iint \iint \sum_0 \iint \sum_0 \Gamma(P_1, P_2; \tau + \frac{r_{02} - r_{01}}{c}) \frac{1}{\lambda^2 r_{01} r_{02}} \cdot \cos\theta_1 \cos\theta_2 dS_1 dS_2 \quad (10)$$

식(10)에서 $Q_1 \rightarrow Q_2$ 과 $\tau \rightarrow 0$ 로 하면 표면 \sum_0 위
에서의 세기 분포를 구할 수 있다.

$$I(Q) = \iint \iint \sum_0 \iint \sum_0 \Gamma(P_1, P_2; \frac{r_{02} - r_{01}}{c}) \frac{1}{\lambda^2 r_{01} r_{02}}$$

$$\cos\theta_1 \cos\theta_2 dS_1 dS_2 \quad (11)$$

입사광의 대역폭이 좁은 것을 고려하여, 렌즈에
의한 phase 변화가 파장에 무관하다고 가정하
면, 렌즈에 의해 위상 변환된 광의 상호 코히런
스 함수는 식(12)와 같다.

$$\Gamma_t(Q_1, Q_2; \tau) = \Gamma_1(Q_1, Q_2; \tau) t_m(Q_1) t_m^*(Q_2) \quad (12)$$

위 식에서 $t_m(Q_1)$ 는 렌즈를 통과할 때 위치
 Q_1 에서의 위상 변환형이고, $\Gamma_1(Q_1, Q_2; \tau)$ 는 입사광
의 상호 코히런스 함수이다.

1. 부분적으로 코히런트한 유사 단색광 조명

광의 코히런스 길이가 분배기를 통과할 때
생기는 최대 경로 거리치보다 훨씬 크다고 가정
한다. 그런 광은 유사 단색광 조명 조건을 만족
한다. 부분적으로 코히런트한 유사 단색광파가
분배기에 입사할 때, 상호 코히런스 함수는
(13)과 같다.

$$\Gamma(Q_1, Q_2; 0) = J(Q_1, Q_2), \quad \Gamma(P_1, P_2; \frac{r_{02} - r_{01}}{c}) = J(P_1, P_2) \exp\{(-j2 \frac{\pi}{\lambda} (r_{02} - r_{01}))\} \quad (13)$$

위 식에서 상호 세기는 $J(Q_1, Q_2) \equiv \langle U(Q_1, t) U^*(Q_2, t) \rangle$ 이다.

식(13)을 식(10)에 대입하면, 상호 세기에 대한
기본 전파 법칙은 식(14)로 나타내진다.

$$J(Q_1, Q_2) = \iint \iint \sum_0 \iint \sum_0 J(P_1, P_2) \exp[-j2 \frac{\pi}{\lambda} (r_{01} - r_{02})] \frac{1}{\lambda^2 r_{01} r_{02}} \cdot \cos\theta_1 \cos\theta_2 dS_1 dS_2$$

한 pixel을 일정한 세기의 유사 단색광으로 조명
하고 상호 세기가 $\Gamma_{12}(0) = e^{-L}$ 형이라고 가정하
다. 여기서 L 은 상관성 (correlation) 구간이다.
 L 이 일력 평면의 수직 거리와 같다고 가정하

고, 일차원의 경우에 대해서 수치 해석적 방법으로 적분들을 수행했다. 상호 세기 전파 원리가 평면 A에서의 상호 세기를 구하는데 사용된다. 식(4)의 도움으로 식(12)를 이용하여 렌즈 뒤의 평면에서의 상호 세기를 구할 수 있다. 유사하게, 두번째 렌즈 뒤의 평면에서의 상호 세기는 첫번째 렌즈 뒤의 평면에서의 상호 세기에 의하여, 상호 세기에 대한 기본 전파 법칙과 렌즈 변환에 의해서 표현된다. 식(11)을 이용하여 출력 평면에서의 결과적 세기 분포를 구했다.

입력 평면위의 한 pixel이 세기가 일정하고 상호 세기가 지수함수적인 광원에 의해 비워질 때, 그림. 6-b는 출력 평면에서의 결과를 보여준다. 이 결과와 단색광 조명을 이용하여 얻은

결과를 비교하는 것은 흥미있다. 단색광 조명의 결과와 비교를 위해 단색광의 경우를 그림.6-a에 나타내었다. 부분적으로 코히런트한 조명의 경우에 대한 출력평면에서의 세기 분포가 단색광 조명의 세기 분포보다 공간적으로 더 확장된다.

2. 공간적으로 코히런트한 short-pulse 전파

100fs 정도의 단펄스의 선폭(linewidth)은 중심 파장보다 훨씬 좁다. 그래서, 식(10)의 상호 코히런스 함수 전파 원리를 그러한 펄스에 적용할 수 있다. 100fs의 rectangular 펄스가 입력 평면 위의 한 pixel에 비춰지고, 입력 평면에서의 상호 세기가 1이라고 가정하면 상호 coherence 함수는 식(15)와 같다.

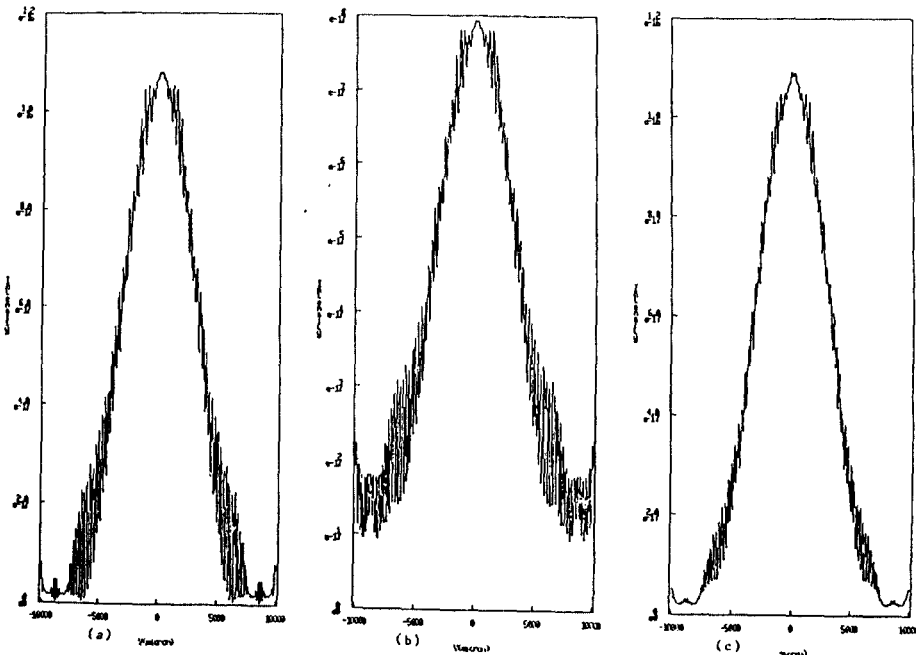


그림 6. 광축 근처의 한 pixel이 가동됐을 때 출력 평면에서의 빛의 세기 분포

- (a) 코히런트 조명의 경우
- (b) 부분적으로 코히런트한 유사단색광 조명의 경우
- (c) 100fs 펄스 조명의 경우

Intensity distribution across the output plane when a pixel near the optical axis is enabled.

- (a) for coherent illumination,
- (b) for partially coherent, quasimonochromatic illumination,
- (c) for 100fs pulse illumination,

$$\Gamma(P_1 P_2; \frac{r_{02} - r_{01}}{c}) = J(P_1, P_2) \langle \text{rect}(\frac{t}{T}) \text{rect}(t + \frac{r_{02} - r_{01}}{c} T) \rangle \exp[-j2 \frac{\pi}{\lambda} (r_{02} - r_{01})] \quad (15)$$

여기서 $T=100$ fs이다.
 수 mm 두께의 산포성의 (dispersive) BK 7유리 ($n=1.52$)를 통과할 때의 시간적인 펄스의 확장은 무시할 정도로 작으므로 무시한다. 부분적으로 코히런트한 유사 단색광조명의 경우에서와 같은 과정이, 분배기 시스템을 통한 공간적으로 코히런트한 100fs 펄스의 전파에도 적용된다. 출력 평면에서의 세기 분포가 100fs 조명의 경우에 대해 그림.6 c에 나타나 있다. 그림 6 a와 그림 6-b를 비교해 보면, 코히런트한 광으로부터 생기는 세기 분포와 공간적으로 코히런트한 100fs로부터 생기는 세기 분포에는 거의 차이가 없음을 알 수 있다. Pixel의 크기가 작고 렌즈를 통과할 때의 시간적인 펄스 확장이 무시할만할 경우, 100fs 정도의 단파는 심한 공간적인 확장없이 분배기 시스템을 전파할 수 있다.

V. 결 론

자유공간 분할방식과 output buffer를 이용한 광ATM 교환기의 구조에 관하여 연구하였다.

이 광교환기는 전자교환기의 복잡한 연결방식을 단순화할 뿐만아니라 packet을 parallel로 처리하므로 분배시스템의 속도가 빠르지 않아도 된다는 장점이 있다. 또한 Huygens-Fresnel 원리와 렌즈 변환을 이용하여 packet을 broadcast하는 분배 시스템을 분석하였다. 유사 단색광 조명의 경우, 입력 분포의 부리에 변환과 유사한 세기 분포가 출력 평면에서 관측됐다. 부분적으로 코히런트한 광선을 사용할 때는 확장된 공간 분포가 기대된다. 100fs 정도의 공간적으로 coherent 한 short-pulse는 거의 공간적인 확장없이 분배기를 전파할 수 있다.

참 고 문 헌

1. M.J. Karol, et. al., "Input vs. output queuing on a space-division packet switch," Globecom '86 Conf. Rec., November 1986, pp.659-665.
2. J.W. Goodman *Introduction to Fourier Optics* McGraw Hill, 1968.
3. J.W. Goodman *Statistical Optics* Wiley-Interscience, 1985.



池 尹 奎 (Yoon Gyu Ji) 正會員
 1951年 1月 30日生
 1978年 2月 : 서울대학교 전자공학과 공학사
 1980年 2月 : 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업 공학석사
 1984年 5月 : The University of Texas at Austin 공학박사
 1989年 ~ 1989年 : AT&T Bell Labs, Member of Technical staff
 1989年 8月 ~ 現在 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 조교수
 ※ 주관심분야 : 광통신 광대역교환기, 광컴퓨터 등임.



李 相 信 (Sang Shin LEE) 準會員
 1968年 9月 5日生
 1991年 2月 : 한국과학기술원 과학기술대학 전기 및 전자공학과 졸업
 1991年 5月 ~ 현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사1년과정 재학중
 주관심분야 : 광디바이스, 광통신, 광센서