

최대 중계거리 설계를 위한 색채분산과 레이저 중심파장/선폭에 대한 계산

李 鍾 熙* 李 得 永**

(正 會 員)

大榮電子工業(株) 技術研究所 團長,* 先任研究員**

I. 서 론

광 전송망을 설계할 때, 최초로 고려해야 할 것은 최대 중계거리 목표치를 설정하는 것이다. 지금까지는 중계 거리를 설계함에 있어, 광섬유 손실이나 비트 속도와 거리의 적($B \cdot L$) 등이 주요 성능 패러미터였으나 대용량 시스템이 등장함에 따라 광섬유의 분산 특성을 점점 많이 받게 되었다.

광파관(lightguide)을 통해 전파하는 광펄스에 나쁜 영향을 주는 두가지 현상이 있다. 하나는 펄스 진폭을 점차로 낮추는 감쇠(attenuation) 현상이고 또 다른 하나는 펄스를 퍼지게 하여 광파관의 대역폭($B \cdot L$)을 제한하는 분산 현상이다. 그 펄스 퍼짐(pulse broadening)이 너무 크게되면 수신기에 도달하는 데이터열에서 인접 타임 슬롯의 펄스간에 상호간섭이 생긴다. 그 결과 비트 오류 특성이 저하된다.

1300nm 파장 대역에 영분산 파장(zero dispersion wavelength)이 있는 단일 모드 광섬유는 565Mb/s와 그 이상의 고용량 장거리 광통신 시스템에 매우 매력적이다.

본고에서는 단일 모드 광섬유에서의 색채 분산과 최대 중계거리 설계를 위한 광섬유의 분산계수, 레이저의 중심파장 및 레이저 선폭간의 관계를 고찰하고자 한다.

II. 단일 모드 광섬유 성능 특성

단일 모드 광섬유의 성능은 감쇠(attenuation), 차단 파장(cutoff wavelength), MFD(mode field) 및 펄스 퍼짐에 의한 분산(pulse broadening dispersion) 등의 패러미터에 의해서 특성화 될 수 있다.

1. 광섬유 감쇠 특성

가장 분명한 광섬유 패러미터는 단위 길이당 감쇠량을 규정하는 감쇠계수(attenuation coefficient), α (λ)가

있으며 파장(λ)의 함수이다.

광스펙트럼 내에서 "window"라 불리는 적절한 전송 파장 영역이 있는데, 800~900nm 파장 영역이 제 1 window이고, 1100~1300nm 파장 영역이 제 2 window이고, 1550nm가 제 3 영역이다. 광섬유는 이들 window에서 매우 낮은 감쇠를 가지며 특히 1300~1550nm의 적외선 파장에서 가장 낮은 손실이 생긴다.

1550nm의 단일 모드 광섬유의 개발로 감쇠 손실은 매우 낮기 때문에 스프라이싱(splicing) 및 코넥터 연결시 생기는 손실은 전체 시스템 감쇠 손실에 중요한 관점이 될 수 없다.

2. 차단파장(Cutoff Wavelength)

단일 모드 광섬유의 이론적인 차단 파장은 2차 모드(LP_{11})가 존재하지 못하게 하고 모든 광전력이 광섬유의 기본 모드(LP_{01})로서 전파되는 파장이다. 그러나 단일 모드 시스템은 이론적인 차단 파장보다 낮고 시스템 성능저하에 영향을 미칠 수 있는 고차 모드보다 높은 유효 차단 파장(effective cutoff wavelength)에서 효과적으로 동작될 수 있다.

만일 규정된 유효차단 파장이 너무 높으면 LP_{11} 모드가 나타날 수 있으며 모드 잡음과 대역폭이 축소 될 것이다.

3. MFD(Mode Field Diameter)

MFD는 단일 모드 광섬유의 코어와 크래딩에 분포되어 있는 광 전력 강도에 대한 폭을 측정하는 단위이다. 광섬유에서는 약간의 광 에너지가 코어와 크래딩 경계면을 패뚫고 나가서 크래딩으로 진행한다.

MFD는 파장에 대한 함수이며 보통 광섬유의 코어반경과 상이하다. 또한 MFD는 스프라이스 고유손실(intrinsic splice loss)을 고려할 경우에 중요한 패러미터이다.

4. 분산(Dispersion)

단일 모드 광섬유에서의 분산은 재질분산(material dispersion), 도파관 분산(waveguide dispersion) 및 극성 모드 분산(polarization-mode dispersion) 영향때문에 일어난다.

재질분산은 각 모드의 군속도(group velocity)가 파장에 대한 비선형 함수인 재질의 굴절율(n)에 대한 함수이기 때문에 일어난다.

도파관 분산은 또한 모드의 군속도가 코어직경(a)과 코어-클래딩 굴절율차(Δ)에 대한 파장의존 함수이기 때문에 일어난다. 도파관 분산 영향은 저손실 파장 영역인 1300~1600nm 내에서 영분산(zero chromatic dispersion)을 성취하기 위해 재질 분산을 균형있게 맞출 수 있다.

극성모드 분산은 L₀₁ 모드들이 동일파장에서 군속도가 약간 다르게 전파하기 때문에 생긴다. 일반적으로 이러한 분산영향은 거의 무시할만 하며, 본고에서는 고려치 않는다.

Ⅲ. 색채분산 계산

최근 EIA는 광섬유 분산을 적절히 특성화 하기 위해 필요한 세가지 패러미터를 결정했다. 첫째는 최소 영분산파장, λ_{omin}(nm)과 최대 영분산 파장, λ_{omax}(nm)를 규정함으로써 영분산 파장의 허용범위를 아는 것이고, 둘째는 영분산 파장에서의 최대 분산기울기 S_{omax}(ps/nm²*km)가 필요하다(그림 1 참조).

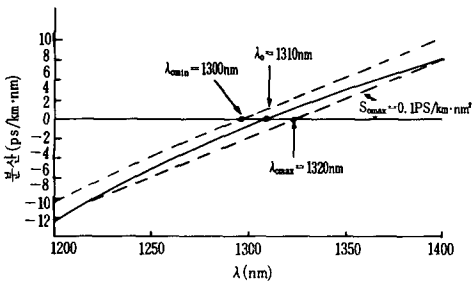


그림 1. 분산 기울기의 예

그림 1에서 기울기가 S_{omax}인 평행한 두선이 도시되어 있는데 한선은 λ_{omin}를 교차하고 다른 한 선은 λ_{omax}를 교차한다. 이 선형적인 추정 모델은 영분산 파장에 가까운 파장에 대해서만 유효하다. 영분산 파장에서부터 멀리 떨어진 단파장에서의 분산을 찾는 것

이나 1300nm 파장 영역에서의 분산을 더 정확히 특성화 하려면 더욱 정교한 함수적인 공식이 사용되어야 한다.

실제로 분산은 파장의 함수로서 광전력이 광섬유에서 생긴 시간지연에 대한 변화율이며 시간 지연 곡선(time delay curve)으로부터 실험적으로 유도된다.

시간 지연 곡선은, RAMAN LASER SYSTEM {1}을 사용하여 실험실 환경내에서 측정되며, 측정된 데이터를 이용하여 그릴 수 있다.

Sellmeier의 시간지연에 대한 다항식은 다음과 같다.

$$\Delta t = A + B * \lambda^{-2} + C * \lambda^2 \quad (1)$$

여기서, Δt[ns]는 상대적인 시간 지연이며, 상수 A, B 및 C는 실험적으로 얻은 값으로 각각 -41, 34.43과 11.691이다. λ[μm]는 측정되는 펄스의 중심 파장이다.

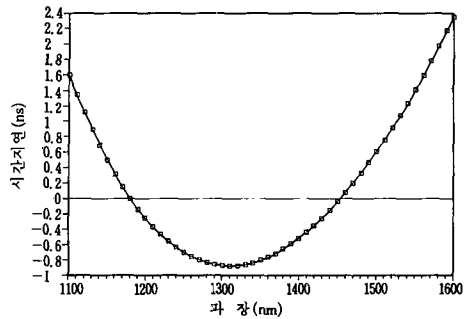


그림 2. 시간지연 대 파장

그림 2는 파장 대 시간지연[ns]의 곡선을 나타낸다. 그림 2의 곡선에 대한 상수 A, B 및 C는 상대적인 시간지연 곡선이 1310nm에서 최소값이 되도록 선택되었다. 시간지연을 파장에 대하여 미분하면, 시간지연 측정값에 대한 분산 곡선을 나타내는 식이 된다(그림3).

$$D(\lambda) = -2 * B * \lambda^{-3} + 2 * C * \lambda \quad (2)$$

그림 3에서 영분산 파장(zero dispersion wavelength)은 그림 2의 최소 지연파장에 일치하는 1310nm임을 알 수 있다.

여기서 식 (2)를 미분하면 분산 곡선 기울기에 대한 식을 얻을 수 있다.

$$S_0 = 6 * B * \lambda^{-4} + 2 * C \quad (3)$$

이 분산 기울기에 대한 식은 임의의 파장에서 분산 곡선의 기울기를 결정하는데 유용하다. 특히 이 값을 알고 있다면 정해진 파장 대역내의 임의의 파장에 대한 분산은 다음과 같은 식(3)에 의해 구할 수 있다.

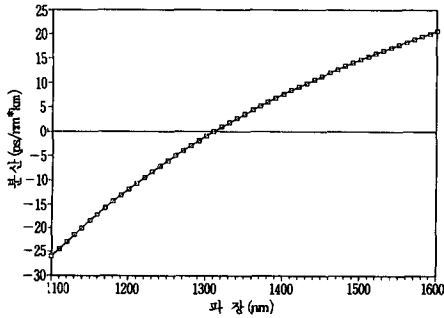


그림 3. 색채분산 대 파장

$$D(\lambda) = \frac{S_0 * \lambda}{4} * \left[1 - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^4} \right] \quad (4)$$

여기서, λ 는 펄스의 중심 파장이며, S_0 는 식 (3)에서 얻어진 λ_0 에서의 분산 곡선의 기울기이다.

만일 영 분산파장에 대한 분산 기울기를 안다면 1300 nm 파장대역에 있는 어떤 파장에 대한 분산은 식 (4)를 이용하여 결정될 수 있다. 표 1은 흔히 사용되는 몇 가지 광섬유 합성물에 대한 분산 기울기 값들이다. 또한 표 2는 그림 2와 그림 3의 곡선에서의 파장, 시간 지연, 분산 및 분산 기울기 값들이다.

표 1.

광섬유 합성물	분산 기울기
SiO ₂	101ps/nm ² * km
[86.5] SiO ₂ [13.3] GeO ₂	88
[10.0] SiO ₂ [90.0] GeO ₂	70
GeO ₂	64
[55.6] GeO ₂ [11.1] Bi ₂ O ₃ [33.3] PbO	83
[50.9] GeO ₂ [24.2] Ti ₂ O [24.8] PbO	55
[43.8] GeO ₂ [21.9] Bi ₂ O ₃ [34.4] Ti ₂ O	52
SiO ₂ [결정체]	114
Al ₂ O ₃ [결정체]	126
ZrO ₂ [결정체, CUBIC]	106

실제로 분산은 특성화 하기에 다소 복잡하며, 제조 공정에 관계되는 여러가지 패러미터를 이용해야 할 것이다.

분산으로 인한 광 시스템의 성능정도를 결정하기 위하여 또 다른 요소가 고려되어야 한다. 광 케이블 중계거리에서 발생하는 총 분산은 다음과 같이 정의된다.

$$\text{분산 (dispersion)} = W * D(\lambda) * L \quad (5)$$

여기서, W는 RMS(root-mean-square) 또는 FWHM(full width a half maximum)으로 규정되는 레이저

표 2.

파 장 (nm)	시간지연 (ps/km)	분 산 (ps/nm * km)	분산 기울기 (ps/nm ² * km)
1100	1.60065545	-26.0153	164.4789
1110	1.34864148	-24.3958	159.4626
1120	1.11257560	-22.8253	154.6673
1130	0.89197821	-21.3018	150.0813
1140	0.68639061	-19.8231	145.6939
1150	0.49537397	-18.3873	141.4547
1160	0.31850829	-16.9926	137.4742
1170	0.15539146	-15.6372	133.6234
1180	0.00563832	-14.3196	129.9336
1190	-0.13112019	-13.0380	126.3969
1200	-0.25523778	-11.7911	123.0058
1210	-0.36705363	-10.5775	119.7530
1220	-0.46689308	-9.3956	116.6320
1230	-0.55506828	-8.2444	113.6362
1240	-0.63187886	-7.1225	110.7598
1250	-0.69761250	-6.0288	107.9971
1260	-0.75254552	-4.9622	105.3427
1270	-0.79694341	-3.9216	102.7916
1280	-0.83106130	-2.9060	100.3390
1290	-0.85514451	-1.9145	97.9803
1300	-0.86942893	-0.9461	95.7114
1310	-0.87414150	0.0000	93.5280
1320	-0.86950059	0.9247	91.4264
1330	-0.85571538	1.8288	89.4029
1340	-0.83299126	2.7130	87.4541
1350	-0.80152013	3.5781	85.5776
1360	-0.76149076	4.4248	83.7674
1370	-0.71308410	5.2537	82.0236
1380	-0.65647455	6.0654	80.3422
1390	-0.59183029	6.8607	78.7201
1400	-0.51931347	7.6400	77.1564
1410	-0.43908055	8.4040	75.6471
1420	-0.35128248	9.1532	74.1903
1430	-0.25606496	9.8880	72.7839
1440	-0.15356863	10.6090	71.4259
1450	-0.04392934	11.3167	70.1142
1460	0.07272175	12.0114	68.8469
1470	0.19625789	13.6937	67.6223
1480	0.32655661	14.3640	66.4387
1490	0.46349954	14.0227	65.2944
1500	0.60697222	15.6700	64.1879
1510	0.75686400	15.3065	63.1177
1520	0.91306784	16.9325	62.0823
1530	1.07548018	17.5483	61.0804
1540	1.24400083	17.1542	60.1107
1550	1.41853281	18.7506	59.1720
1560	1.59898223	18.3378	58.2631
1570	1.78525820	19.9160	57.3828
1580	1.97727268	20.4855	56.5302
1590	2.17494040	20.0467	55.7041
1600	2.37817875	20.5997	54.9036

의 다이내믹 스펙트럼 선폭(laser dynamic spectral width : nm)이다. 측정된 $D(\lambda)$ 는 앞에서 정의된 케이블 분산 계수이며 단위는 ps/nm * km이고, L은 측정된 광섬유 중계 거리이며 단위는 km이다.

IV. 광섬유 분산계수와 레이저의 중심파장/선폭

앞에서 논의된 것으로 부터 알 수 있듯이, 광섬유 종류에 대한 분산 계수는 실제의 전송 시스템에서 마주치게 될 수도 있는 중심 파장의 범위 전체에서 일정하지 않다.

분산 계수는 영 분산 파장의 분산 기율기와 식 (4)에 의해서 결정된다. 그러므로 레이저의 중심파장, 레이저의 스펙트럼 선폭 및 케이블 분산계수 사이에 존재하는 상호관계를 결정하는 것이 필요하다. 레이저 스펙트럼 선폭이 충분히 적게 된다면, 분산의 영향이 최소가 될 것이고 또한 레이저의 중심파장이 광섬유의 영분산 파장에 매우 가깝게 있다면 분산의 영향은 거의 무시될 것이다.

만일 레이저 송신기가 동작되는 중심파장 범위가 축소되면, 그때 최대 증계거리 계산에 이용된 케이블 분산계수는 상당히 감소될 수 있다. 그밖에 레이저 선폭이 제한되면 현저한 전송 품질 향상이 실현될 수 있을 것이다.

광섬유 제작자의 분산 계수에 의한 end-to-end 분산을 계산하려고 한다면 분산의 함수로서 최대 증계거리를 결정하는 것은 간단하다. 일반적으로 색채분산 제한치는 440ps이고 1300nm 영역에서의 케이블 분산계수는 1290~1330nm에서 3.5ps/nm*km 이하이다.

따라서 최대 증계거리는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$\text{최대 증계거리} = \frac{440\text{ps (FWHM)}}{W * 3.5} \quad (6)$$

예를들어 W가 4nm (FWHM) 이면, 최대 증계거리는 31.4km가 된다. 그런데 마이크로웨이브 최대 증계거리는 보통 40km 이상이며 따라서 광전송 증계거리도 이와 같은 거리를 목표로 생각해보자. 수신기의 분산 제한치 및 요구되는 최대 증계거리를 알고 있으면, 케이블 분산계수와 레이저 선폭 곱은 결정될 수 있다.

$$D(\text{ps/nm*km}) * W(\text{nm FWHM}) = \frac{440\text{ps (FWHM)}}{40\text{km}} = 11\text{ps (FWHM) / km} \quad (7)$$

이러한 관계식은 3개의 패러미터가 서로 관계되고 각기 변할 수 있기 때문에 복잡하다. 그러나 레이저 중심파장과 케이블 분산계수는 서로 비례하여 변화된다는 것을 알고 있다. 만일 레이저 선폭이 규정된다면, 모든 패러미터 간의 관계가 표현될 수 있다.

레이저 선폭의 최근 규격은 중심파장 Y_0 에 의존하는 하나의 식으로 표현된다. 이 규격은 (7)식에 대한 선행

근사치이다.

$$Y_0 \leq 1310\text{nm에 대하여 } 6.0 \sim 0.13 * (1310 - Y_0) \quad (8)$$

$$Y_0 \geq 1310\text{nm에 대하여 } 6.0 \sim 0.20 * (Y_0 - 1310) \quad (9)$$

또한, 레이저 중심파장 규격은 다음과 같이 좁아졌다.

$$1300 \leq Y_0 \leq 1320\text{nm 또는 } Y_0 = 1310 \pm 10\text{nm} \quad (10)$$

표 3은 레이저 중심파장, 레이저 스펙트럼 선폭 및 파장의 함수인 케이블 분산계수 사이의 관계를 보여준다. 그림 4는 레이저 중심파장에 대한 허용가능한 케이블 분산계수 곡선이다.

표 3

레이저 중심파장 (nm)	레이저 스펙트럼 선폭 (nm FWHM)	케이블 분산계수 (ps/nm*km)	레이저 중심파장 (nm)	레이저 스펙트럼 선폭 (nm FWHM)	케이블 분산계수 (ps/nm*km)
1300.00	4.700	2.34026	1310.50	5.900	1.864407
1300.50	4.765	2.308499	1311.00	5.800	1.896552
1301.00	4.830	2.277433	1311.50	5.700	1.929825
1301.50	4.895	2.247291	1312.00	5.600	1.964286
1302.00	4.960	2.217742	1312.50	5.500	2.000000
1302.50	5.025	2.189055	1313.00	5.400	2.037037
1303.00	5.090	2.161100	1313.50	5.300	2.075472
1303.50	5.155	2.133851	1314.00	5.200	2.115385
1304.00	5.220	2.107280	1314.50	5.100	2.156863
1304.50	5.285	2.081362	1315.00	5.000	2.200000
1305.00	5.350	2.056075	1315.50	4.900	2.244898
1305.50	5.415	2.031394	1316.00	4.800	2.291667
1306.00	5.480	2.007299	1316.50	4.700	2.340426
1306.50	5.545	1.983769	1317.00	4.600	2.391304
1307.00	5.610	1.960784	1317.50	4.500	2.444444
1307.50	5.675	1.938326	1318.00	4.400	2.500000
1308.00	5.740	1.916376	1318.50	4.300	2.558140
1308.50	5.805	1.894918	1319.00	4.200	2.619048
1309.00	5.870	1.873335	1319.50	4.100	2.682927
1309.50	5.935	1.853412	1320.00	4.000	2.750000
1310.00	6.000	1.833333			

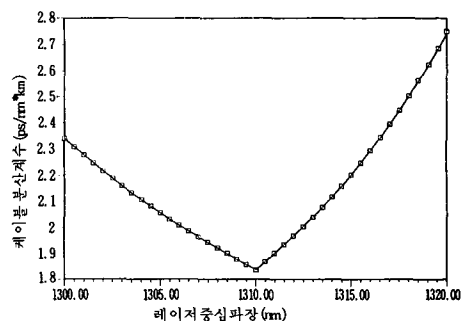


그림 4. 허용가능한 케이블 분산계수 곡선

레이저 스펙트럼 선폭 및 중심파장에 대한 허용 제한 값을 정의함으로써 40km의 최대 중계거리를 얻을 수 있도록 케이블 분산계수의 적절한 값이 결정됨을 알 수 있었다.

표 3의 값들을 만족하기 위하여, 영 분산파장과 영 분산파장에 대한 분산 기울기를 알게 됨으로써 광섬유는 특성화 될 수 있다. 만일 영 분산파장이 1310nm이라고 가정될 수 있다면 해당된 광 섬유 분산 기울기는 다음의 식을 이용하여 계산될 수 있다;

$$S_o = \frac{4 * D(\lambda)}{\lambda} * \left[1 - \left(\frac{\lambda_o}{\lambda} \right)^4 \right]^{-1} \quad (11)$$

$$\lambda = 1300\text{nm인 경우, } S_o = 231\text{ps/nm}^2 * \text{km} \quad (12)$$

$$\lambda = 1320\text{nm인 경우, } S_o = 134\text{ps/nm}^2 * \text{km} \quad (13)$$

그러므로, 최대 40km의 중계거리를 획득하기 위해서 광섬유는 1310nm의 영 분산파장과 134ps/nm*km 또는 그 이하의 분산 기울기를 가져야 한다.

위의 계산은 [FWHM] 값으로 규정된 레이저 선폭에 대해서 예측된 것이다. 그림 5에서 진폭의 피크들이 결합되는 선들과 반 전력점의 교차점은 FWHM 선폭을 나타내며 대략 2.3nm이다.

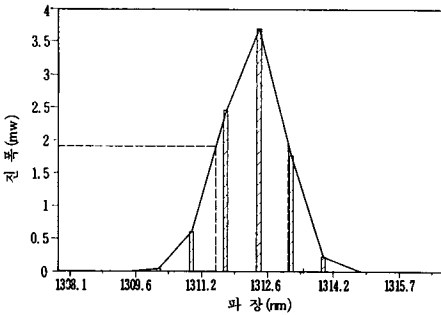


그림 5. FWHM 계산

그림 5는 여러개의 종축 모드들(longitudinal modes)을 가진 단일 펄스를 도시한 것이다. 이 펄스에 대한 종축 모드의 진폭 성분(A_i)과 파장(Y_i)을 샘플링하여 구하면 표 4와 같다.

그런데, 주어진 펄스에 대한 rms 선폭은 다음과 같이 정의된다.

$$W_{rms} = \left[\frac{\sum (A_i (Y_i - Y_o))}{\sum (A_i)} \right]^{1/2} \quad (14)$$

여기서, Y_o는 중심파장으로 다음식에 의해 결정된다.

$$Y_o = \frac{\sum (A_i Y_i)}{\sum (A_i)} \quad (15)$$

따라서 식(14)에서 구한 rms 펄스폭은 1.57nm이고 식

표 4.

SAMPLE #	A _i	Y _i
1	0.15	1308.1 nm
2	0.40	1308.8
3	0.75	1309.6
4	1.10	1310.4
5	2.30	1311.2
6	2.40	1311.9
7	3.70	1312.6
8	3.30	1313.4
9	3.05	1314.2
10	0.75	1315.0
11	0.30	1315.7
12	0.10	1316.5

(15)에서 구한 중심파장 Y_o는 1312.54nm이다.

FWHM 선폭과 rms 선폭과의 관계는 광 펄스가 Gaussian 파형이라고 가정하면 다음식으로 표현할 수 있다(그림 6 참조).

$$\text{펄스형태} = \frac{1}{W_{rms} * \sqrt{2\pi}} * e^{(-1/2 * W_{rms}^2 * Y_i^2)} \quad (16)$$

여기서, W_{rms} 펄스폭이며, Y_i는 반 전력점의 파장이다.

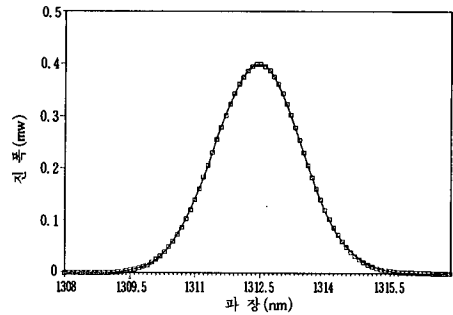


그림 6. Gaussian 펄스파형

그림 6에서 FWHM 측정시, 반전력점이 먼저 결정된다.

진폭이 A라면 그때의 반전력점은 0.5*A이므로 식(16)로부터 Y_i를 구하면,

$$Y_i = \sqrt{2 * \ln(2)} * W_{rms} \quad (17)$$

이다.

Gaussian 펄스는 대칭형이므로, FWHM 펄스폭은 Y_i를 2배 하면,

$$\begin{aligned} W_{FWHM} &= 2 * \sqrt{2 * \ln(2)} * W_{rms} \\ &= 2 * 1.177 * W_{rms} \\ &= 2.35 * W_{rms} \end{aligned} \quad (18)$$

이다. 여기서, 식(15)에서 구한 rms 선폭, $W_{rms}=1.57$ nm을 대입하면 FWHM 선폭, $W_{FWHM}(=3.6895)$ 이 결정된다.

레이저 선폭은 펄스의 rms 선폭을 계산함으로써 결정되며 그때 FWHM 선폭을 결정하기 위해서 2.35를 곱해준다.

V. 결 론

565Mb/s와 그 이상의 고속 광 전송 시스템은 케이블 분산계수, 레이저 선폭 및 레이저 중심파장을 제시된 방법을 이용하여 최대 중계거리를 설계할 수 있으며, 이를 실현하기 위해서는 광섬유의 영분산 파장과 기술기를 알아야 하고 광원의 중심파장과 선폭을 고려해야 한다. 최대 중계거리가 40km인 경우를 예로하여 광섬유의 영분산 파장과 기술기를 계산하고, 광원의 중심파장과 선폭을 선택하였다.

參 考 文 獻

[1] Leonard G. Cohen, "Comparison of single-mode fiber dispersion measurement techniques". *IEEE Journal of Lightwave*

Technology, vol. LT-3, no. 5, pp. 960, October 1985.

[2] Horiguchi, Tokunda and Negishi, "Chromatic dispersion measurements over a 50 km single-mode fiber," *IEEE Journal of Lightwave Technology*, vol. LT-3, no. 1, pp. 53, February 1985.

[3] "Generic requirements for optical fiber and optical fiber cable", Bellcore Technical Advisory TA-TSY-000020, pp. 4-3, March 1985.

[4] Joyce Kilmer, "Status of single-mode optical fiber standardization in the electronic industries association (EIA)", *Fiber and Integrated optics*, vol. 6, no. 2, pp. 81-86, 1987.

[5] Charles M. Siperko, "Lasernet-a fiber optic intrastate network [planning and engineering considerations]", *IEEE Communications Magazine*, vol. 23, no. 5, pp. 40-43, May 1985. *

用 語 解 說

Video Communication Network

영상(움직이는 화면, 정지한 화면), 서화(팩시밀리, 텔레라이팅 통신) 등의 화상 정보를 단말 상호간 또는 정보센터와 단말 사이에서 전송하는 기능이 있는 망을 말한다. 전송 대역에 따라 광대역과 협대역의 정지 화면으로 분류된다. 아래에 화상 통신망의 예를 열거한다.

- 1) 영상통신망: 텔레비전 전화가 대표적이다.
- 2) 팩시밀리망: 전화기에 팩시밀리 장치를 붙여서 전화망을 이용한 방식 이외에 망측(網側)에 화상 정보의 축적 교환기능을 첨가한 가입 팩시밀리망 등이 있다.
- 3) 각종 정보 제공망: 단말의 요구에 따라서 정보를 개별적으로 제공하는 "center-to-end"형 시스템이며, 비디오 대전송(帶傳送), 개별배선 시스템에 의한 화상응답시스템(VRS), 전화망을 이용하여 한자(漢字) 등의 문자, 도형을 패턴 전송으로 취급하는 캡틴 시스템(captain system) 등이 있다.

Videotex(비디오텍스)

공중망(전화망, 데이터망 등)을 이용하여 가정용 텔레비전 수상기에 키 패드 등의 어댑터를 부가한 것을 단말로 센터 컴퓨터에 액세스하여 화상정보를 회화형(會話形)으로 검색할 수 있는 공중정보검색(公衆情報檢索) 시스템을 말한다. 비디오텍스의 예로서는 전화망을 이용하여 정지 화상, 문자도형 화면정보의 검색을 하는 캡틴, 전화망과 광대역 전송로를 사용하여 정지 화상, 움직이는 화상, 음성정보의 검색을 할 수 있는 VRS 등이 있다.