코우히어런트 光傳送 技術의 槪觀

李聖恩

〈要 約〉

코우히어런트 광전송에 관한 연구의 현황을 간략히 기술하였다. 그 내용은 광원인 단일 주파수 레이저의 안정화 방법, 광의 변조 방식, 국부 발진광의 주파수 변환 방법, 평형 광검파 방법, 수신 광신호와 국부 발진광의 편극 상태를 정합시키는 기법 및 파장 분할 다중화 기술등이다.

Ⅰ. 서 론

현재 실용화되고 있는 광섬유 전송 방식은 빛의 세기를 변조시키고 직접 검파(direct detection)에 의해 복조하고 있다. 그런데 단일 주파수 반도체 레이저(single-frequency semiconductor laser)를 제조할 수 있게 됨에 따라 코우히어런트(coherent) 광전송 방식에 관한 연구가 활발해졌다. 이 방식은 단일주파수 반도체 레이저를 광원으로 사용하여 빛의 진폭, 주파수 또는 위상을 변조시키고 국부 발진 레이저(local oscillator laser)를 사용하여 헤테로다인(heterodyne)이나 호모다인(homodyne) 검파 방법으로 복조한다[1]. 이것은 직접 검파 방법에 비해 수신 감도를 높일 수 있고 좁은 간격으로 주파수 분할 다중화(frequency-division multiplexing)시킬 수 있는 장점이 있다.

여기서는 이 방식을 실현시키기 위해 필요한 기술들을 소개한다.

Ⅱ. 코우히어런트 광전송 기술

1. 광 원

코우히어런트 광전송 방식에서는 국부 발진광

과 변조시킨 송신광을 헤테로다인이나 호모다인 검파 방법으로 수신하므로 발진 스펙트럼 폭이 좁고 중심 주파수가 안정된 단일 주파수 레이저가 필요하다. 이러한 광원으로는 DFB(distributed feedback)레이저나 외부 공진기(external cavity) 레이저가 있다[2-3]. 외부 공진기 레이저는 발진 스펙트럼 폭이 매우 좁으므로 광위상 변조 방식에도 사용할 수 있다.

반도체 레이저의 발진 주파수는 온도나 주입 전류(injection current)의 변동에 영향을 받으므로 그것을 안정화시키는 방법들이 제시되었다. 그 방법은 패브리페롯(Fabry-Perot) 간섭계를 사용하여 귀환 루프(feedback loop)를 구성하여 반도체 레이저의 온도를 조절하게 한다[4-5].

2. 광변조 방법

코우히어런트 광변조 방법으로는 ASK(Amplitude Shift Keying), FSK(Frequency Shift Keying) 및 PSK(Phase Shift Keying) 등이 있다. ASK 변조 방법에는 $LiNbO_3$도파로형 광변조기가 필요하다[6].

반도체 레이저의 발진 주파수는 주입 전류에 따라 변하므로 직접 변조 방법으로 FSK 변조시킬 수 있다[7-8]. 이 방법은 외부 변조기를 사용하지 않으므로 삽입 손실(insertion loss)이 없는 이점이 있으며 비교적 스펙트럼 폭이 넓은 레이저를 사용하여 간단히 구성할 수 있다.

도파로형 $LiNbO_3$ 위상 변조기를 사용하여 PSK나 DPSK(Differential Phase Shift Keying) 변조시킬 수 있다[9-10]. 이 방법은 수신 감도가 다른 방법들에 비해 가장 높다.

3. 광검파 방법

헤테로다인 검파에서는 중간 주파수(IF)에 해당하는 수신 광신호의 중심 주파수와 국부 발진기의 주파수 간의 차이가 일정하며 이들 주파수가 같은 경우는 호모다인 검파가 된다. 헤테로다인 검파에서 중간 주파수를 일정하게 유지시키기 위해 자동 주파수 제어(AFC) 방법이 사용된다. 이러한 방법으로 $LiNbO_3$ 전기 광학 도파로 주파수 변환기(electro-optic waveguide frequency translator)를 사용할 수 있다[11]. 이 방법 외에도 간단히 반도체 레이저의 온도나 전류를 변화시켜 발진 주파수를 제어하는 방법이 보편화되어 있다.

코우히어런트 광수신기에 사용하는 국부 발진기의 잡음에 의해 수신 감도가 저하되는 것을 방지하기 위해 두개의 광검출기를 사용하는 평형(balanced) 광검파 방법을 쓸 수 있다. 이 방법은 수신 광신호와 국부 발진광을 혼합한 것을 둘로 나누어 각각 검출한 다음 다시 합성하여 국부 발진기의 잡음만을 제거한다[12].

4. 편극 상태의 정합

코우히어런트 광검파에서 광검출기의 출력 신호 레벨은 광신호와 국부 발진광의 편극 상태(state of polarization)에 따라 크게 영향을 받으므로 이들을 일치시킬 필요가 있다. 현재 실용화된 단일모드 광섬유 내에서는 온도나 압력 등 주위 환경의 변화에 따라 편극 상태가 변동한다. 편극 상태를 정합시키기 위해 편극 제어기나 편극 다이버시티(diversity) 수신 방식을 쓸 수 있다.

편극 제어기는 전기 광학 소자(electro-optic device), 전자석(electro-agnet) 또는 압전변환 소자(piezoelectric transducer) 등 선형 복굴절 소자(linear birefringent divice)나 자기 광학 소자(magneto-optic device)인 패러데이 회전기(Faraday rotator) 등을 사용하여 편극 상태를 변환시켜 정합이 이루어지도록 한다[13-14]. 이러한 편극 변환 소자는 대개 제어 범위가 제한되어 있으므로 연속적(endless)으로 제어하기 위한 방법들이 제안되었다[15-17].

편극 다이버시티 수신 방법으로 수신 광신호를 서로 수직인 편극 성분으로 분리하여 각각 복조한 다음 합성하여 입력 광신호의 편극 상태에 무관하게 일정한 수신 레벨이 되도록 할 수

있다.[18-19]

5. 파장 분할 다중화

헤테로다인 검파 방법은 광학 소자를 사용하는 방법에 비해 주파수 선별도(selectivity)가 높으므로 여러 채널의 파장 분할 다중화에 유리하다. 서로 다른 주파수의 두 광신호를 파장 분할 다중화시킨 다음 수신기의 국부 발진 레이저를 동조(tune)시켜 검파할 수 있다[20]. 광대역 가입자 선로에 여러 채널의 TV 신호를 분배하는 데 활용할 수 있도록 10채널의 70Mbit/s 신호를 4 × 4 성형 결합기(star coupler)를 사용하여 다중화시키는 시험을 한 바 있다[21].

Ⅲ. 결 론

코우히어런트 광전송 방식에 관련된 기술들을 요약하였다. 최근에 기술의 진전이 급속히 이루어진 이 방식의 활용 분야는 종래의 광전송 링크(link)의 용량 확대와 광대역 가입자 선로 등으로 예상된다.

〈參 考 文 獻〉

1. Y. Yamamoto, T. Kimura, "Coherent Optical Fiber Transmission System," IEEE J. Quantum Electron., vol. QE-17, no. 6, 1981. pp. 919~935,
2. T. P. Lee, "Linewidth of Single-Frequency Semiconductor Lasers for Coherent Lightwave Communications," IOOC-ECOC '85, pp. 189-196.
3. M. R. Matthews, et al, "Packaged Frequency-Stable Tunable 20kHz Linewidth 1.5 μm InGaAsP External Cavity Laser," Electron. Lett., vol. 21, no. 3, 1985, pp. 113-115.
4. T. Okoshi, K. Kikuchi, "Frequency Stabilization of Semiconductor Lasers for Heterodyne-Type Optical Communication Systems," ibid., vol. 16. no. 5, 1980, pp. 179-181.
5. M. G. Brown, R. G. Smith, "Frequency Stabilization of a Semiconductor Laser by Thermal and Current Feedback Control," 1983. IEEE Globecom., 730-732.
6. M. Shikada, et al, "100 Mbit/s ASK Heterodyne Detection Experiment using 1.3 μm DFB-Laser Diodes," Electron. Lett., vol. 20, no. 4. 1984, pp. 164-165.
7. R. Wyatt, et al, "140Mbit/s Optical FSK Fibre Heterodyne Experiment at 1.54 μm," ibid., vol. 20, no. 22, 1984, pp. 912-913.
8. R. S. Vodhanel, et al, "FSK Heterodyne Detection Experiment at 560 Mb/s using 1,550 nm DFB Lasers," IOOC-ECOC '85, pp. 339-342.
9. R. Wyatt, et al, "1.52 μm PSK Heterodyne Experiment Featuring an External Cavity Diode Laser Local Oscillator," Electron. Lett., vol. 19, 1983, pp. 550-552.
10. R. A. Linke, et al, "Coherent Lightwave Transmission over 150 km Fibre Lengths at 400 Mbit/s and 1 Gbit/s Data Rates using Phase Modulation," ibid., vol. 11, no. 1, 1986, pp. 30-31.
11. W. A. Stallard, et al, "$LiNbO_3$ Optical Frequency Translators for Coherent Optical Fibre Systems," Br. Telecom. Technol. J., vol. 3, no. 4, 1985, pp. 13-17.
12. B. L. Kasper, et al, "Balanced Dual Detector Receiver for Optical Heterodyne Communication at Gbit/s Rates," Electron. Lett., vol. 22., no. 8, 1986, pp. 413-415.
13. Y. Kidoh, et al, "Polarization Control on Output of Single-Mode Optical Fibers," IEEE J. Quantum. Electron., vol. QE-17, no. 6, 1981, pp. 991-994.

14. T. Okoshi, "Polarization-State Control Schemes for Heterodyne or Homodyne Optical Fiber Communications," J. Lightwave Technol., vol. LT-3, no. 6, 1985, pp. 1232-1237.

15. L. J. Lysdale, "Method of Overcoming Finite-Range Limitation of Certain State of Polarization Control Devices in Automatic Polarisation Control Schemes," Electron. Lett., vol. 22, no. 2, 1986, pp. 100-102.

16. N. G. Walker, G. R. Walker, "Endless Polarization Control using Four Fibre Squeezers," ibid., vol. 23, no. 6, 1987. pp. 290-292.

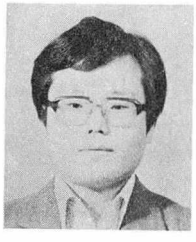
17. 이성은, An Endless Polarization State Control Scheme, ETRI Tech. Memo., Jan. 1987.

18. D. Kreit, R. C. Youngquist, "Polarization-Insensitive Optical Heterodyne Receiver for Coherent FSK Communications," Electron. Lett., vol. 23, no. 4, 1987, pp. 168~169.

19. B. Glance, "Polarization Independent Optical Receiver," J. Lightwave Technol., vol. LT-5, no. 2, 1987. pp. 274~276.

20. E.-J. Bachus, et al, "Two Channel Heterodyne Type Fibre Optic Transmission Experiments," ECOC '84, pp. 224-225.

21. E.-J. Bachus, et al, "Ten-Channel Coherent Optical Fibre Transmission," Electron, Lett., vol. 22, no. 19, 1986. pp. 1002-1003.



李 聖 恩 (Lee, Sung Un)

1956년 1월 27일生

1978.2 : 서울대학교 전자공학과 학사

1980.8 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사

1980.9~ : 한국전자통신연구소

1987.5. 현재 : 광통신시스템연구실, 선임연구원