

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁷
H04B 10/02

(45) 공고일자 2005년11월15일
(11) 등록번호 10-0528966
(24) 등록일자 2005년11월09일

(21) 출원번호 10-2002-0078146
(22) 출원일자 2002년12월10일

(65) 공개번호 10-2004-0050336
(43) 공개일자 2004년06월16일

(73) 특허권자 한국전자통신연구원
대전 유성구 가정동 161번지

(72) 발명자 한기호
부산광역시사하구괴정3동409-2414통2반

주무정
대전광역시유성구어은동한빛아파트131동204호

(74) 대리인 리엔목특허법인
이해영

심사관 : 장진환

(54) 주 편광상태 제어와 군 지연차 제어를 분리하여 처리하는편광모드분산 보상기 및 보상방법

요약

본 발명은 고속 광 전송 시스템에 있어서 광섬유 전송로에서 발생하는 편광모드분산(Polarization Mode Dispersion, PMD)을 고속으로 자동 보상하기 위한 편광모드분산 보상기 및 보상방법에 관한 것이다. 본 발명의 편광모드분산 보상장치는 수신된 광 신호의 제1 편광성분과 제2 편광성분을, 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 출력경로중 한 경로로 전송되는 광신호 정보를 이용하여 편광 광 분할기의 수직한 두 축에 정렬하여 제1 편광성분과 제2 편광성분을 분리하는 분리수단; 및 분리된 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분을 입력받아 두 성분간의 시간 지연차를 제거하는 시간지연차 제거수단을 구비한다. 본 발명은 주 편광 상태 제어를 군 지연차(DGD) 제어로부터 분리하여 독립적으로 제어함으로써 편광모드분산의 보상에 소요되는 시간을 대폭 단축하고, 시간에 따라 변하는 편광모드분산에 자동으로 적응하여 고속으로 보상할 수 있는 효과가 있다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 자동화된 편광모드분산 보상기의 구성도이다.

도 2는 편광조절기 제어기의 상세 구성도이다.

도 3은 지연선 제어기(190)의 상세 블록도이다.

도 4는 지연선 제어기의 또 다른 상세 블록도이다.

도 5는 도 1에서 도시된 대역통과필터에서 주 편광 상태와 편광 광 분할기 축 사이의 각 변화에 따른 주파수 10GHz에서의 대역통과필터출력의 전력변화를 각 대역폭에 따라서 도시한 그래프이다.

도 6은 도 3에 도시된 지연선 제어기에서 광 검출기의 출력 전력 스펙트럼 중 주파수 3, 5, 7GHz의 전력성분을 총 균 지연차의 변화에 따라 도시한 그래프이다.

도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 자동화된 편광모드분산 보상기의 구성도이다.

도 8은 도 7에 도시된 PSP 감시부의 또 다른 구성도이다.

도 9는 도 1의 실시예에 따른 본 발명의 편광모드분산 보상방법의 플로우차트이다.

도 10은 도 7의 실시예에 따른 본 발명의 편광모드분산 보상방법의 플로우차트이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 고속 광 전송 시스템에 있어서 광섬유 전송로에서 발생하는 편광모드분산(Polarization Mode Dispersion, PMD)을 고속으로 자동 보상하기 위한 편광모드분산 보상기 및 보상방법에 관한 것이다.

광섬유 전송로에서 발생하는 펄스 퍼짐 현상은 전송대역폭과 전송거리를 제한하는 주된 요인으로 대용량 장거리 광전송 시스템 구현에 장애가 된다. 이러한 펄스 퍼짐의 주된 원인으로 색 분산과 편광모드분산을 들 수 있다. 색 분산은 미리 결정되는 특성이며, 시간에 따라 변하지 않는 특성이기 때문에 완벽한 보상이 가능하다. 반면, 편광모드분산은 내부 및 외부 요인에 의해 광섬유 전송로에서 발생하는 복굴절과 랜덤 편광모드 결합(random polarization mode coupling)의 영향으로 통계적인 특성을 가지며, 시간에 따라 변하는 특성을 갖는다. 따라서 이러한 편광모드분산을 보상하기 위해서는 편광모드분산의 변화속도보다 빠른, 고속의 실시간 자동적용 보상기가 필요하다.

편광모드분산 보상기의 주된 원리는 광섬유 전송로의 두 수직한 주 편광 상태(Principal State of Polarization, PSP)신호와 이들 두개의 주 편광 상태 신호 사이의 균 지연차(Differential Group Delay, DGD)를 보상기의 편광조절 수단과 시간 지연조절(time delay line) 수단에 의해 조정하여, 두개의 주 편광 상태(PSP) 신호간의 시간 지연차를 제거하는 것이다. 이러한 편광모드분산의 보상원리를 적용한 응용 예들이 개시되어 있다.

B. W. Hakki는 IEEE Photonics Technology Letters, vol 9, pp. 121-123, (1997) 에서 "Polarization Mode Dispersion Compensation by Phase Diversity Detection" 제목의 논문에서 편광모드분산 보상방법을 개시하였다. 개시된 이 보상기는 두개의 주 편광 상태 신호의 시간 지연차를 믹서기(mixer)로부터 알아낸 후 이것과 크기는 동일하고 방향은 반대인 시간 지연을 가변 지연선(Variable delay line)에 인가하여 편광모드분산을 보상한다.

이때 두개의 주 편광 상태 신호의 광전력 크기변화에 상관없이 두 믹서기 입력전기신호가 서로 동일하여야 하는데, 이를 위해서는 별도의 고속 자동 이득 제어기(Automatic Gain Control, AGC) 회로가 필요하다. 따라서 비트율이 증가할수록 믹서기를 포함하여 별도의 정밀한 고가의 고속회로소자가 요구된다는 문제점이 있다.

R. Noe 등은 Electronics Letters, vol.34, pp. 2421-2422,(1998)에서 "Polarization mode dispersion compensation at 20 Gbit/s with fiber-based distributed equalizer" 제목의 논문을 발표하였다. 이 논문에서는 여러 가닥의 편광 유지 광섬유(Polarization Maintaining Fiber, PMF) 사이에 위치한 편광 변환기들을, 광전 변환된 여러 특정주파수 전력성분들

의 선형조합으로부터 조정하여 편광모드분산으로 인한 두 수직한 편광간의 시간 지연차를 제거하는 방법을 개시하였다. 이 방법에서도 여러개의 편광 변환기를 조정함으로써 보상소요시간이 많이 걸린다는 점과 시간 지연 제어가 연속적이지 않다는 문제점이 있다.

미국특허 등록번호 5,930,414 "Method and Apparatus for Automatic Compensation of First-Order Polarization Mode Dispersion(PMD)" 에서 마하젠더(Mach-Zehnder) 간섭계형의 보상기를 사용하여 보상기 출력의 전기 스펙트럼을 적분하고 하나의 제어기로 그 값을 모니터링하여 광학 지연선과 편광 변환기를 교대로 피드백 제어함으로써 편광모드분산으로 인한 시간 지연차를 보상하는 방법이 개시되어 있다. 그러나 이 방법에서도 광학 지연선에 의해 주어진 각 지연값에 대해 편광변환기를 조정하여 모든 편광상태를 변화시켜서 스펙트럼 적분치의 최대값을 찾아야 하므로 보상시간이 상대적으로 많이 소요된다는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 주 편광 상태 제어를 군 지연차 제어로부터 분리하여 독립적으로 제어함으로써, 편광모드분산의 보상에 소요되는 시간을 대폭 감소시키는 동시에, 시간에 따라 변하는 편광모드분산에 자동으로 적응하여 고속으로 보상 할 수 있는 편광모드분산 보상기 및 보상방법을 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기의 과제를 이루기 위하여 본 발명에 의한 편광모드분산 보상장치는, 수신된 광 신호의 서로 수직한 제1 편광성분과 제2 편광성분을, 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 출력경로인 제 1 및 제 2 경로 중 제 2 경로로 출력되는 광신호 정보를 이용하여 상기 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 축에 정렬하여, 상기 제 1 편광성분은 제 1 경로로 전송하고 상기 제 2 편광은 제 2 경로로 전송하도록 상기 제 1 편광성분과 상기 제2 편광성분을 분리하는 분리수단; 및 상기 분리된 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분을 입력받아 두 성분간의 시간 지연차를 제거하는 시간 지연차 제거수단을 구비한다.

상기의 과제를 이루기 위하여 본 발명에 의한 편광모드분산 보상장치에서의 제1 편광성분과 제2 편광성분을 분리하는 분리수단은, 광섬유 전송로를 통해 수신된 광 신호의 편광상태와 방향을 변환하는 편광 조절기; 상기 변환된 광 신호를 서로 수직한 두 출력편광으로 분기하여 분기된 제 1 광신호는 제 1 경로로 전송하고 분기된 제 2 광신호는 제 2 경로로 각각 전송하는 제1 편광 광 분할기; 상기 제2 경로의 광 신호를 입력받아 일부는 분기하고 나머지는 투과시키는 제1 광학 탭; 상기 제 1 광학 탭에서 분기된 광 신호를 전기신호로 변환시키는 광 검출기; 상기 변환된 전기신호의 전력 스펙트럼을 계산하여 특정 주파수 성분을 여과시키는 대역통과필터; 및 상기 여과된 성분의 전력값 정보를 이용하여 상기 입력된 광 신호의 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분이 상기 제1 편광 광 분할기의 두 축에 정렬되어 정렬된 제 1 편광성분은 상기 제 1 경로를 진행하고 정렬된 제 2 편광성분은 상기 제 2 경로를 진행하도록 상기 편광 조절기를 제어하는 편광조절기 제어기를 구비한다.

상기의 과제를 이루기 위하여 본 발명에 의한 편광모드분산 보상장치에서의 시간 지연차를 제거하는 시간지연차 제거수단은, 상기 제1 편광 광 분할기에서 분기된 제1 편광성분의 광 신호를 입력받아 시간지연을 가변적으로 인가하는 가변 지연선; 상기 시간지연이 인가된 제1 편광성분의 광 신호와 상기 제1 광학탭에서 투과된 제2 편광성분의 광 신호를 결합하여 출력하는 제2 편광 광 분할기; 상기 제2 편광 광 분할기에서 출력되는 결합된 광 신호의 일부를 분기시키고 나머지는 투과시키는 제2 광학탭; 및 상기 제2 광학탭에서 분기된 광 신호를 이용하여 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분간의 시간 지연차를 제거하도록 상기 가변 지연선을 제어하는 지연선 제어기를 구비한다.

상기의 과제를 이루기 위하여 본 발명에 의한 편광모드분산 보상장치에서의 제1 편광성분과 제2 편광성분을 분리하는 분리수단은, 광섬유 전송로를 통해 수신된 광 신호를 순환시키는 순환기; 상기 순환기로부터 출력된 광 신호의 편광 상태와 방향을 변환하는 편광 조절기; 상기 변환된 광 신호를 서로 수직한 두 출력편광으로 분기하여 분기된 제 1 광 신호는 제 1 경로로 전송하고 분기된 제 2 광 신호는 제 2 경로로 각각 전송하는 편광 광 분할기; 상기 제2 경로의 광 신호를 입력받아 일부는 반사하고 나머지는 투과시켜 투과된 광 신호의 전력을 계산하는 PSP 감시부; 및 상기 계산된 전력값 정보를 이용하여 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분이 상기 편광 광 분할기의 수직한 두 축에 정렬되어 정렬된 제 1 편광성분은 상기 제 1 경로를 진행하고 정렬된 제 2 편광성분은 상기 제 2 경로를 진행하도록 상기 편광 조절기를 제어하는 편광조절기 제어기를 구비한다.

상기의 과제를 이루기 위하여 본 발명에 의한 편광모드분산 보상장치에서의 시간 지연차를 제거하는 시간지연차 제거수단은, 상기 편광 광 분할기에서 출력된 제1 편광성분의 광 신호를 입력받아 시간지연을 가변적으로 인가하는 가변 지연선; 상기 시간지연이 인가된 제1 편광성분의 광 신호를 반사하는 반사수단; 상기 거울에 의해 반사된 제1 편광성분의 광 신호

와 상기 PSP 감시부에서 반사된 제2 편광성분의 광 신호가 상기 광 분할기에 의해 결합된 후, 상기 편광 조절기와 상기 순환기를 거쳐 전송된 상기 결합된 광 신호를 분기하는 광학탭; 및 상기 광학탭에서 분기된 광 신호를 이용하여 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분간의 시간 지연차를 제거하도록 상기 가변 지연선을 제어하는 지연선 제어기를 구비한다.

상기의 과제를 이루기 위하여 본 발명에 의한 편광모드분산 보상방법은 수신된 광 신호의 서로 수직한 제1 편광성분과 제2 편광성분을, 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 출력경로인 제 1 및 제 2 경로 중 제 2 경로로 출력되는 광 신호 정보를 이용하여 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 축에 정렬하여, 상기 제 1 편광성분은 제 1 경로로 전송하고 상기 제 2 편광은 제 2 경로로 전송하도록 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분을 분리하는 분리단계; 및 상기 분리된 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분을 입력받아 두 성분간의 시간 지연차를 제거하는 시간지연차 제거단계를 구비한다.

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일실시예를 상세히 설명한다.

도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 자동화된 편광모드분산 보상기(100)의 구성도를 도시한 도면이다.

자동화된 편광모드분산 보상기(100)는 편광 조절기(110), 제1 편광 광 분할기(120), 가변 지연선(130), 제2 편광 광 분할기(140), 제1 광학 탭(150), 광 검출기(160), 대역통과필터(170), 편광조절기 제어기(PC 제어기)(180) 및 지연선 제어기(190)로 구성된다.

송신기(Tx)(10)로부터 전송된 광신호는 광섬유 전송로(transmission fiber)(20)를 통과하면서 두 개의 수직한 편광성분(두 개의 주 편광 상태 신호) 사이에 편광모드분산으로 인한 시간 지연차를 겪은 후 편광모드분산 보상기(PMD compensator)(100)에 입력된다. 시간 지연 차를 겪어 왜곡된 광신호는 편광 조절기(Polarization Controller, PC)(110)에 의해 편광상태가 변환되어 제1 편광 광 분할기(Polarization Beam Splitter, PBS1)(120)에 입력된다.

제1 편광 광 분할기(PBS1)(120)의 두 개의 수직한 출력편광 중 한 성분은 제1 경로(122)를 따라 가변 지연선(Variable delay line)(130)을 통과하여 제2 편광 광 분할기(PBS2)(140)에 입력된다. 나머지 다른 편광성분을 가진 광 신호는 제2 경로(124)를 따라 진행하여 제1 광학 탭(Optical tap 1)(150)에서 일부는 분기되고 나머지는 통과하여 제2 편광 광 분할기(140)에 입력된다. 가변 지연선(130)은 제1 편광 광 분할기(140)에서 분기되어 제1 경로(122)로 진행하는 편광성분을 입력받아 시간지연을 가변적으로 인가한다.

제1 광학 탭(150)에서 분기된 광은 광 검출기(160)에 의해 전기신호로 변환된 후 대역통과필터(BPF)(170)를 거쳐 특정 주파수가 여과된 전력을 가진 신호가 편광조절기 제어기(PC 제어기)(180)에 입력된다.

그리고 제2 편광 광 분할기(140)로 입력된 두 편광은 서로 결합하여 출력되며, 제2 광학탭(185)에 의해 일부는 분기되어 지연선 제어기(Delay line controller)(190)로 입력되고 나머지는 최종적인 출력신호로서 보상기(100) 외부로 출력된다. 지연선 제어기(190)는 제2 광학탭(185)에서 분기된 광 신호를 입력받아 두 편광성분간의 시간 지연차를 제거하도록 가변 지연선(130)을 제어한다.

도 2는 편광조절기 제어기(180)의 상세 구성을 도시한 도면이다.

편광조절기 제어기(180)의 전력비교부(Electrical power comparing unit)(220)는 도 2에 도시한 것과 같이 현재 측정된 전력값과 이전에 측정된 전력값과 비교하고 비교결과 작은 값을 선택하도록 피드백 제어 신호를 피드백 제어신호 인가부(Feedback control signal applying unit)(240)를 통하여 편광 조절기(PC)(110)에 인가한다. 이와 같은 반복적인 피드백 과정을 거치면 대역통과필터(170)를 통해 특정주파수에서 여과된 전력은 결국 최소값으로 수렴하게 되고, 그 결과 상기 제 1 편광 광 분할기(120)로 입력된 서로 수직한 제 1 및 제 2 편광성분은 상기 제 1 편광 광 분할기(120)의 서로 수직한 두 축에 나란히 정렬되어 따로 분리가 된 다음 각각 제 1 경로(122) 및 제 2 경로(124)를 따라 전송된다. 지연선 제어기(190)는 도 3 또는 도 4에서와 같이 두 가지 종류가 사용될 수 있다.

도 3은 지연선 제어기(190)의 상세 블록도이다.

도 3의 지연선 제어기(300)로 입력된 광은 광 검출기(310)에 의해 전기신호로 변환되고, 대역통과필터(320)를 거쳐 특정주파수 성분이 여과된다. 전력 비교부(330)는 대역통과필터(320)를 통과한 현재 측정된 신호의 전력값과 이전에 측정된 신호의 전력값을 비교하여 더 큰 값을 선택하도록 피드백 제어신호 인가부(340)에 명령을 내려 가변 지연선(130)에 피드

백 제어신호를 인가하게 한다. 즉, 전력 비교부(330)는 이전에 측정된 전력값을 저장하고 있다가 현재 측정값과 비교하고, 비교결과 계속 큰 값을 선택하여 측정되는 전력이 최대값에 수렴하게끔 피드백 제어신호 인가부(340)에 명령을 내려 피드백 제어신호 인가부(340)가 편광조절기(110)에 따로 제어전압신호를 보내도록 하게 한다.

도 4는 지연선 제어기의 다른 상세 블록도이다.

도 4의 지연선 제어기(400)로 입력된 광은 편광도(Degree of Polarization, DOP) 측정장치(DOP measuring device)(410)에 의해 편광도(DOP)가 측정된다. 편광도 비교부(DOP comparing unit)(420)는 현재 측정된 편광도와 이전에 측정된 편광도를 비교하여 더 큰 값을 선택하도록 피드백 제어신호 인가부(430)를 통해 가변지연선(130)에 피드백 제어신호를 인가한다. 이와 같은 반복적인 피드백과정을 거치면 결국 균지연차가 제거된다.

상술한 방법으로 PC 제어와 지연선 제어를 분리하여 각각 반복적인 피드백 제어과정을 거치게 하면 결국 보상된 신호를 얻게 된다. 이제, 피드백을 통한 편광모드분산의 보상원리를 구체적으로 설명한다. 상술한 바와 같이 광섬유 전송로에는 fast axis와 slow axis 즉, 수직인 두개의 주 편광 상태(PSP) 신호가 존재한다. 이 두 개의 주 편광 상태 신호를 각각 PSP+ 와 PSP-라고 표기한다. 그리고, 단색광(monochromatic light)의 광원이 외부 변조기를 통과하여 광섬유 전송로에 입력된다고 가정하자. 입사광은 두 주 편광 상태 성분간의 균지연차(DGD) τ_f 만큼의 시간 지연차를 겪고 광섬유 전송로를 통과한 후, 편광 조절기(PC)를 거쳐 제1 편광 광 분할기(120)의 제2 경로(122)상의 제1 광학탭(150)에서 분기되어 광 검출기(160)에 입력된다. 광 검출기(160)에 의해 광진 변환된 전력스펙트럼 $S_1(\omega)$ 은 다음과 같이 표현된다.

수학식 1

$$S_1(\omega) = K_1^2 \alpha_0^2 I_0^2 \{ (a^4 + b^4 + 2a^2 b^2 \cos \omega \tau_f) |F(\omega)|^2 + 4a^2 b^2 |H(\omega)|^2 \cos^2 \omega_0 \tau_f - 4abc \cos \omega_0 \tau_f \cdot \text{Re}[(a^2 \exp(i\omega \tau_f) + b^2)F(\omega)H^*(\omega)] \}$$

여기서 $F(\omega)$ 와 $H(\omega)$ 는 각각 $\cos^2(\Delta\Phi(t)/2)$ 와 $\cos(\Delta\Phi(t+\tau)/2)\cos(\Delta\Phi(t)/2)$ 의 푸리에 변환(Fourier Transform)이고, $a = \cos\theta_0 \cos\theta$, $b = \sin\theta_0 \sin\theta$ 이다. $\Delta\Phi(t) = \pi[1 - f(t)]$ 는 외부 변조기의 두 도파로(waveguide) 사이의 위상차, ω_0 는 광 주파수, α_0 는 전송로 광섬유의 손실, K_1 은 제1 광학탭의 결합비, θ_0 는 광섬유 입력광의 편광과 광 섬유의 fast axis(PSP+)가 이루는 각이고, θ 는 전송 광섬유 출력광의 PSP+ 성분과 편광 광 분할기의 한 편광축(x-axis)이 이루는 각이다. 그리고, I_0 는 송신단 광원의 세기이고 ω 는 $\omega = 2\pi f$ 이다.

제1 경로(122) 및 제2 경로(124)에서의 손실을 서로 동일하게 만들기 위해 K_1 만큼의 손실을 제1 경로(122)에 부과해야 한다. 이를 위해 가변 지연선(130)의 실제 삽입 손실을 이용하거나 또는 가변 감쇠기를 제1 경로 또는 제2 경로에 배치하여 조정하도록 할 수 있다. 그 외의 보상기 각 구성 광 소자들의 삽입손실(insertion loss)은 무시할 만 하다고 가정하였다.

일반적으로 비트 타임(bit time)이 T 인 PRBS(Pseudo Random Bit Sequence) NRZ 데이터 펄스 신호에 대해 $F(\omega)$ 는 싱크(sinc)함수를 가지며 주파수 $f = n/T$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) 에서 0의 값을 갖는다. 이때 $S_1(\omega)$ 는 $\theta = n\pi/2$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) 에서 최소값으로 수렴한다. 수렴하였을 때, 즉 θ 가 $\theta = n\pi/2$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) 값 일때 두 개의 주 편광 상태 신호성분은 편광 광 분할기(PBS)의 수직인 두 축과 평행하게 정렬되어 각각 따로 분리된다.

이를 위해서 $S_1(\omega)$ 의 현재 측정값과 이전 측정값을 비교하여 그중 작은 값을 선택하도록 편광 조절기(110)에 피드백 전압을 인가하는 피드백 과정이 필요하다. 주 편광 상태 신호 추적을 하기 위한 이러한 반복적인 피드백 과정을 거치게 되면 결국 θ 가 $\theta = n\pi/2$ ($n = 0, 1, 2, \dots$)가 되고 따라서 두개의 주 편광 상태 성분은 편광 광 분할기에 의해 각각 분리되어 서로 다른 경로를 따라 진행한다.

도 5는 도 1에서 도시된 전기대역투과필터의 주어진 각 대역폭에 대해 주 편광 상태와 편광 광 분할기 축 사이의 각 변화에 따른 주파수 10GHz에서의 대역통과필터출력의 전력변화를 도시한 그래프이다.

전력 스펙트럼 계산을 위해 임의의 10Gb/s NRZ 데이터 펄스열 $f(t)$ 를 $-7T \leq t \leq 7T$ 에서 01011100101100 라고 가정하자. 이 펄스열 신호에 대해 중심 주파수 10GHz에서 수학적 식 1에 따라서 전력 스펙트럼을 계산하여, 주어진 전기대역 통과 필터의 대역폭에 따라 Θ 의 함수로 전력을 나타내면 도 5와 같다. 이때 $\Theta_0 = \pi/6$, $\tau_f = 30ps$ 로 하였다.

도 5를 참조하면 $S_1(\omega)$ 는 $\Theta=n\pi/2(n=0, 2, 4, \dots)$ 와 $\Theta=n\pi/2(n=1, 3, 5, \dots)$ 에서 각각 크기가 다른 최소값으로 수렴함을 알 수 있다. 수렴하는 최소값이 서로 상이한 이유는 두개의 주 편광 상태 신호 성분의 광 세기 차이와 대역투과 필터 필터폭의 영향 때문이다. 입력 신호가 비트 타임(bit time)에 대한 펄스폭 비가 0.5인 RZ 데이터 펄스 신호인 경우에는, 주 편광 상태 신호 추적이 가능한 감시 주파수는 $f=2n/T(n=1, 2, 3, \dots)$ 가 된다. 이러한 실시간 주 편광 상태 신호 추적방법은 시간적으로 변화하는 편광 모드 분산에 대해서도 두 수직인 주 편광 상태 성분이 항상 분리되도록 유지시켜 준다.

한편 제2 편광 광 분할기(140)에서 결합된 두개의 주 편광 상태 성분은 제2 광학탭(185)에서 분기되어 지연선 제어기(190)로 입력된다. 지연선 제어기(300)가 도 3에서 도시한 것과 같이 구성되어 있는 경우, 제2 광학탭(185)으로부터 광 검출기(310)로 입력된 광은 전기 신호로 변환되어 다음 수학적 식 2와 같이 계산되는 전력 스펙트럼을 갖는다.

수학적 식 2

$$S_2(\omega) = K_2^2(1-K_1)^2 \alpha_0^2 I_0^2 [1 - \sin^2 2\theta_0 \sin^2(\omega\tau/2)] \cdot |F(\omega)|^2$$

여기서 τ 는 광섬유 전송로상에서 발생한 군 지연차(DGD) τ_f 와 보상기에서 발생된 군 지연차 τ_c 의 합으로서 총 군 지연차를 나타낸다. ω 는 $\omega=2\pi f$ 이고 K_2 는 제 2 광학탭(185)의 결합비를 의미한다.

도 6은 도 3에 도시된 지연선 제어기에서 광 검출기의 출력 전력 스펙트럼 중 주파수 3, 5, 7GHz의 전력성분을 총 군 지연차의 변화에 따라 도시한 그래프이다.

즉, 도 6은 임의의 PRBS NRZ 펄스 신호에 대해 $F(\omega)$ 는 $\sin c(\pi f T)$ (T 는 비트 주기)에 비례함을 이용하여 주어진 특정 주파수에 대한 $S_2(\omega)$ 를 τ 의 함수로 나타낸 것이다. 보상된 신호를 얻기 위해서는 총 군 지연차의 양 τ 가 0이 되어야 한다. 이때 특정 주파수에서 $S_2(\omega)$ 는 최대값을 나타낸다. 즉, 특정 주파수에서 $S_2(\omega)$ 의 현재 측정값과 이전 측정값을 비교하여 더 큰 값을 선택하도록 가변 지연선(190)에 피드백 전압을 가하는 방식의 반복적인 피드백 과정을 거치면 최종적으로 $S_2(\omega)$ 가 최대값으로 수렴하고, 이때 τ 는 0의 값을 가지므로 보상신호를 얻게 된다.

이때 $S_2(\omega)$ 는 $\tau=n/f(n=1, 2, 3, \dots)$ 에서도 $\tau=0$ 일때와 마찬가지로 최대값이 된다. 즉 도 6에서 감시 주파수가 5GHz 인 경우, τ 가 200ps 에서도 $S_2(\omega)$ 가 최대값을 가지므로 추적과정을 통해 $\tau=200ps$ 로 수렴할 수도 있다. 이러한 모호한 신호를 방지하기 위해서 감시 주파수가 5GHz인 경우에는 총 군 지연차 값의 범위가 100ps 이하로 제한된다. 이러한 총 군 지연차 값의 범위는 감시 주파수에 따라 변화한다.

도 6을 참조하면 알 수 있듯이, 감시 주파수가 낮아질수록 조정 가능한 τ 의 범위는 증가한다. 감시 주파수 선택시 수학적 식 2의 $F(\omega)$ 가 $f=n/T(n=1, 2, 3, \dots)$ 에서 0의 값을 가져, τ 의 변화에 대해 $S_2(\omega)$ 가 항상 0이 되어 군 지연차 추적이 불가능하므로 상기 주파수($f=n/T$)는 피해야 한다.

한편 지연선 제어기가 도 4에서 도시한 것과 같이 구성되어 있는 경우에는 편광도 비교부(420)가 입력광의 편광도를 측정하여 이전 측정값과 비교하여 더 큰 값을 선택하도록 피드백 전압을 가변 지연선(130)에 인가하도록 피드백 제어신호 인가부(430)에 명령을 내린다. PRBS NRZ 데이터 펄스 신호일 경우 τ 가 0에 접근할수록 편광도는 증가한다. 따라서 편광도가 최대가 될 때 τ 는 0이 되어 최종적으로 보상신호를 얻게 된다.

도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 자동화된 편광모드분산 보상기의 구성도이다.

광섬유 전송로(20)를 통과하여 발생한 편광모드분산에 의해 왜곡된 광 신호는 순환기(circulator)(710)를 거쳐 편광조절기(720)에 의해 편광상태가 변환되어 편광 광 분할기(730)에 입력된다. 편광 광 분할기(730)에서 출력되는 두 개의 수직 한 출력편광 중 한 개의 편광은 제 1경로(722)상의 가변지연선(740)으로 전달되고 다른 편광은 제 2경로(724)상의 PSP 감시부(760)로 전달된다.

가변지연선(740)을 통과하면서 시간지연이 생긴 편광은 제1 거울(M1)(750)에 의해 반사된 후 다시 가변지연선(740)을 통해 지연을 겪은 다음 편광 광 분할기(730)를 경유하여 편광 조절기(720)로 전달된다. PSP 감시부(760)로 입력된 편광의 일부는 제2 거울(M2)(762)에 의해 반사되고 나머지는 투과한다. 반사된 광은 다시 편광 광 분할기(730)를 통과하여 편광 조절기(720)로 전달되고, 투과된 광은 광 검출기(764)에 의해 전기신호로 변환된 후 대역통과필터(BPF)(766)를 거쳐 편광조절기 제어기(770)에 입력된다. 편광조절기 제어기(770)의 구조 및 작동원리는 도 1의 본 발명의 제1 실시예에서 기술한 편광조절기 제어기(180)의 구조 및 작동원리와 동일하다.

도 7의 제1 거울(750) 및 제2 거울(762)에서 반사되어 편광 광 분할기(730)를 통해 편광조절기(720)로 전달되는 결합된 두 편광은 순환기(710)를 경유하여 일부는 광학탭(780)에서 분기되어 지연선 제어기(Delay line controller)(790)로 입력되고 나머지는 최종적인 출력신호로서 보상기(700) 외부로 출력된다. 지연선 제어기(790)의 구조 및 작동원리는 상기 편광조절기 제어기(770)의 경우와 마찬가지로 본 발명의 제 1 실시예에서 설명한 지연선 제어기(190)의 구조 및 작동원리와 동일하다.

상술한 본 발명의 제 2 실시예에서는 순환기와 편광 조절기 및 마이켈슨(Michelson) 간섭계형의 구조를 이용한 편광모드분산 보상기를 설명하였다. 주 편광 상태 제어를 수행하기 위한 편광조절기 제어기와 군 지연차 제어를 수행하기 위한 지연선 제어기의 구성과 원리는 제 1 실시예에서 기술한 것과 동일하다. 따라서 상기 마이켈슨 간섭계형의 보상기(700)도 본 발명의 제 1 실시예인 마하젠더(Mach-Zehnder) 간섭계형의 보상기(100)와 마찬가지로 주 편광 상태 제어를 시간지연 제어로부터 분리하여 독립적으로 실행함으로써 보상시간을 대폭 감소시키는 동시에 반복적인 피드백제어과정을 거치면 결국 보상된 신호를 얻게 된다.

도 8은 도 7에 도시된 PSP 감시부의 다른 구성도이다.

즉, 도 7의 PSP 감시부(760)는 도 8과 같은 구조를 가질 수 있다. 도 8에서는 도 7에서와 같이 부분 투과 거울인 제2 거울(762)을 사용하는 대신, 광학 탭(820)을 이용하여 PSP 감시를 수행하기 위한 광을 분기하고 나머지 광 성분은 전반사 거울(M3)(840)을 사용하여 반사시킨다. 분기된 광은 광 검출기(860)와 대역통과필터(880)를 거쳐 편광조절기 제어기(770)로 전달된다.

도 9는 도 1의 실시예에 따른 본 발명의 편광모드분산 보상방법의 플로우차트이다.

수신된 광 신호의 제1 편광성분과 제2 편광성분을, 상기 제2 경로(124)로 전송되는 광신호의 전력정보를 이용하여 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 축에 정렬하여 상기 제1 편광성분과 제2 편광성분을 분리하는 분리단계와 분리된 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분을 입력받아 두 성분간의 시간 지연차를 제거하는 시간지연차 제거단계를 분리하여 동작시킨다.

우선 광섬유 전송로를 통해 수신된 광 신호의 편광상태와 방향을 변환한다(S905). 그리고 변환된 광 신호를 제 1 편광광 분할기(120)의 서로 수직한 두 경로인 제 1 및 제 2 경로로 나누어 각각 전송한다(S910).

그리고, 제2 경로의 광 신호를 입력받아 일부는 분기하고 나머지는 투과시킨다(S915). 다음으로 (S915) 단계에서 분기된 광 신호를 전기신호로 변환시킨 후(S920), 변환된 전기신호의 전력 스펙트럼으로부터 특정 주파수 성분을 여과시킨다(S925). 그리고, 여과된 전력을 이용하여 입력된 광 신호의 제1 편광성분과 제2 편광성분이 편광 광 분할기의 두 축에 정렬되도록 제어한다(S930)

다음으로 제 1 편광 광 분할기에 의해 분리된 1 편광성분의 광 신호를 입력받아 시간지연을 가변적으로 인가한 후(S935), 시간지연이 인가된 제1 편광성분의 광 신호와 제 2 경로로 전송되는 제 2 편광성분의 광 신호를 결합하여 출력한다(S940).

그리고 결합된 광 신호의 일부를 분기시키고 나머지는 투과시킨 후(S945), 분기된 광 신호를 이용하여 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분간의 시간 지연차를 제거한다(S950).

이후 실시시간으로 주편광상태 제어와 군지연차 제어를 분리 작동하여 시간에 따라 변하는 편광모드분산(PMD)에 자동 적응하게 하여 항상 보상된 신호를 출력신호로 유지하도록 하게 한다(S960).

도 10은 도 7의 실시예에 따른 본 발명의 편광모드분산 보상방법의 플로우차트이다.

우선 광섬유 전송로를 통해 수신된 광 신호를 순환시킨다(S1005). 그리고, 순환된 광 신호의 편광 상태와 방향을 변환한다(S1010). 다음으로, 변환된 광 신호를 편광 광 분할기(730)의 서로 수직한 두 경로인 제 1 및 제 2 경로로 나누어 각각 전송한다(S1015). 그리고, 제2 경로의 광신호를 입력받아 일부는 반사하고 나머지는 투과시켜 투과된 광 신호의 전력을 계산한 후(S1020), 계산된 전력값 정보를 이용하여 제1 편광성분과 제2 편광성분이 편광 광 분할기의 수직한 두 축에 정렬되도록 제어한다(S1025).

다음으로 편광 광 분할기(730)에 의해 분리되어 제 1경로로 출력된 제1 편광성분의 광 신호를 입력받아 시간지연을 가변적으로 인가하고(S1030), 시간지연이 인가된 제1 편광성분의 광 신호를 반사한다(S1035). 그리고, 반사된 제1 편광성분의 광 신호와 제 2 경로에서 반사된 제2 편광성분의 광 신호를 결합한 후(S1040), (S1005) 단계에서의 순환과정을 거친 후 광신호를 분기한다(S1045).

분기된 광 신호를 이용하여 제1 편광성분과 제2 편광성분간의 시간 지연차를 제거한다(S1050).

이후 실시시간으로 주편광상태 제어와 군지연차 제어를 분리 작동하여 시간에 따라 변하는 편광모드분산(PMD)에 자동 적응하게 하여 항상 보상된 신호를 출력신호로 유지하도록 하게 한다(S1060).

이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

발명의 효과

상술한 바와 같이 본 발명의 제 1 및 제 2 실시예에 따르면, 주 편광 상태 제어를 군 지연차(DGD) 제어로부터 분리하여 독립적으로 제어함으로써 편광모드분산의 보상에 소요되는 시간을 대폭 단축하고, 시간에 따라 변하는 편광모드분산에 자동으로 적응하여 고속으로 보상할 수 있는 효과가 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

삭제

청구항 2.

수신된 광 신호의 서로 수직한 제1 편광성분과 제2 편광성분을, 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 출력경로인 제 1 및 제 2 경로 중 제 2 경로로 출력되는 광신호로부터 주편광상태 제어용 피드백감시신호를 추출하여 상기 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 축에 제 1 및 제 2편광성분을 나란히 정렬하고, 상기 제 1 및 제 2 편광성분이 상기 편광 광 분할기에 의해 분리되어 각각 제 1 및 제 2 경로로 전송되도록 하는 편광성분 분리수단; 및

상기 분리된 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분을 상기 편광 광 분할기로 결합한 후 출력 중 일부분을 분기하여 분기된 광신호로부터 시간지연차 제어용 피드백감시신호를 추출하여 이를 이용하여 상기 제 1 및 제 2 편광성분 사이의 시간 지연차를 제거하는 시간지연차 제거수단;을 포함하고,

상기 편광성분 분리수단은, 광섬유 전송로를 통해 수신된 광 신호의 편광상태와 방향을 변환하는 편광 조절기;

상기 변환된 광 신호를 서로 수직한 두 출력편광으로 분기하여 분기된 제 1 광신호는 제 1 경로로 전송하고 분기된 제 2 광신호는 제 2 경로로 각각 전송하는 제1 편광 광 분할기;

상기 제2 경로의 광 신호를 입력받아 일부는 분기하고 나머지는 투과시키는 제1 광학 탭;

상기 제1 광학 탭에서 분기된 광 신호를 전기신호로 변환시키는 광 검출기;

상기 변환된 전기신호의 전력 스펙트럼 중 특정 주파수 성분을 여과시키는 대역통과필터; 및

상기 여과된 성분의 전력값 정보를 이용하여 상기 입력된 광 신호의 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분이 상기 제1 편광 광 분할기의 두 축에 정렬시켜 정렬된 제 1 편광성분은 상기 제 1 경로를 진행하고 정렬된 제 2 편광성분은 상기 제 2 경로를 진행하도록 상기 편광 조절기를 제어하는 편광조절기 제어기를 포함하며,

상기 편광상태 분리수단과 상기 시간지연차 제거수단 각각은 다른 피드백감시신호를 통하여 독립적으로 동작하여 편광 성분 제어와 시간지연차 제어가 분리되는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상장치.

청구항 3.

제2항에 있어서, 상기 시간지연차 제거수단은

상기 제1 편광 광 분할기에서 분기된 제 1편광성분의 광 신호를 입력받아 시간지연을 가변적으로 인가하는 가변 지연선;

상기 시간지연이 인가된 제 1편광성분의 광 신호와 상기 제1 광학탭에서 투과된 제 2편광성분의 광 신호를 결합하여 출력하는 제2 편광 광 분할기;

상기 제2 편광 광 분할기에서 출력되는 결합된 광 신호의 일부를 분기시키고 나머지는 투과시키는 제2 광학탭; 및

상기 제2 광학탭에서 분기된 광 신호로부터 시간지연차 제어용 피드백감시신호를 추출하고, 상기 시간지연차 제어용 피드백감시신호를 이용하여 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분간의 시간 지연차를 제거하도록 상기 가변 지연선을 제어하는 지연선 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상장치.

청구항 4.

제2항 또는 제3항에 있어서, 상기 편광조절기 제어기는

상기 대역통과필터에서 출력된 신호의 전력값을 이전에 측정된 전력값과 비교하는 전력 비교부; 및

상기 비교결과 작은 값이 선택되도록 상기 편광 조절기에 피드백 제어 신호를 인가하는 피드백 제어신호 인가부를 포함하는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상장치.

청구항 5.

제3항에 있어서, 상기 지연선 제어기는

상기 제2 광학 탭에서 분기된 광 신호를 전기 신호로 변환하는 광 검출기;

상기 변환된 전기신호의 소정의 전력스펙트럼 성분을 여과하는 대역통과필터;

상기 여과된 전기신호의 전력값과 이전에 측정된 전력값을 비교하는 전력비교부; 및

상기 비교결과 큰 값을 선택하도록 상기 가변지연선에 피드백 제어신호를 인가하는 피드백 제어신호 인가부를 포함하는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상장치.

청구항 6.

제3항에 있어서, 상기 지연선 제어기는

상기 제2 광학 탭에서 분기된 광 신호의 편광도를 측정하는 편광도 측정부;

상기 측정된 편광도와 이전에 측정된 편광도를 비교하는 편광도 비교부; 및

상기 비교결과 큰 값을 선택하도록 상기 가변 지연선에 피드백 제어신호를 인가하는 피드백 제어신호 인가부를 포함하는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상장치.

청구항 7.

수신된 광 신호의 서로 수직한 제1 편광성분과 제2 편광성분을, 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 출력경로인 제 1 및 제 2 경로 중 제 2 경로로 출력되는 광신호로부터 편광성분 제어용 피드백감시신호를 추출하여 상기 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 축에 제 1 및 제 2편광성분을 나란히 정렬하고, 상기 제 1 및 제 2 편광성분이 상기 편광 광 분할기에 의해 분리되어 각각 제 1 및 제 2 경로로 전송되도록 하는 편광성분 분리수단; 및

상기 분리된 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분을 상기 편광 광 분할기로 결합한 후 출력 중 일부분을 분기하여 분기된 광신호로부터 시간지연차 제어용 피드백감시신호를 추출하여 이를 이용하여 상기 제 1 및 제 2 편광성분 사이의 시간 지연차를 제거하는 시간지연차 제거수단;을 포함하고,

상기 편광성분 분리수단은, 광섬유 전송로를 통해 수신된 광 신호를 순환시키는 순환기;

상기 순환기로부터 출력된 광 신호의 편광 상태와 방향을 변환하는 편광 조절기;

상기 변환된 광 신호를 서로 수직한 두 출력편광으로 분기하여 분기된 제 1 광 신호는 제 1 경로로 전송하고 분기된 제 2 광 신호는 제 2 경로로 각각 전송하는 편광 광 분할기;

상기 제2 경로의 광 신호를 입력받아 일부는 반사하고 나머지는 투과시켜 투과된 광 신호의 전력을 계산하는 PSP 감시부; 및

상기 계산된 전력값 정보를 이용하여 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분이 상기 편광 광 분할기의 수직한 두 축에 정렬되어 정렬된 제 1 편광성분은 상기 제 1 경로를 진행하고 정렬된 제 2 편광성분은 상기 제 2 경로를 진행하도록 상기 편광 조절기를 제어하는 편광조절기 제어기를 포함하며,

상기 편광상태 분리수단과 상기 시간지연차 제거수단 각각은 다른 피드백감시신호를 통하여 독립적으로 동작하여 편광 성분 제어와 시간지연차 제어가 분리되는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상장치.

청구항 8.

제7항에 있어서, 상기 시간지연차 제거수단은

상기 편광 광 분할기에서 출력된 제1 편광성분의 광 신호를 입력받아 시간지연을 가변적으로 인가하는 가변 지연선;

상기 시간지연이 인가된 제1 편광성분의 광 신호를 반사하는 반사수단;

상기 거울에 의해 반사된 제1 편광성분의 광 신호와 상기 PSP 감시부에서 반사된 제2 편광성분의 광 신호가 상기 광 분할기에 의해 결합된 후, 상기 편광 조절기와 상기 순환기를 거쳐 전송된 상기 결합된 광 신호를 분기하는 광학탭; 및

상기 광학탭에서 분기된 광 신호를 이용하여 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분간의 시간 지연차를 제거하도록 상기 가변 지연선을 제어하는 지연선 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상장치.

청구항 9.

제7항에 있어서, 상기 PSP 감시부는

상기 제 2경로의 광신호를 입력받아 일부는 반사하고 나머지는 투과시키는 부분투과수단;

상기 투과된 광 신호를 전기신호로 변환하는 광 검출기; 및

상기 변환된 전기신호의 전력 스펙트럼중 소정의 주파수 성분을 여과시키는 대역통과필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상장치.

청구항 10.

제7항에 있어서, 상기 PSP 감시부는

상기 제 2경로의 광신호를 입력받아 제1 광 신호와 제2 광 신호로 분기하는 광학 탭;

상기 분기된 제1 광 신호를 전반사하는 반사수단;

상기 분기된 제2 광 신호를 전기신호로 변환하는 광 검출기; 및

상기 변환된 전기신호의 출력 전력 스펙트럼중 소정의 주파수 성분을 여과시키는 대역통과필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상장치.

청구항 11.

제8항에 있어서, 상기 지연선 제어기는

상기 광학 탭에서 분기된 광 신호를 전기 신호로 변환하는 광 검출기;

상기 변환된 전기신호의 소정의 전력스펙트럼 성분을 여과하는 대역통과필터;

상기 여과된 전기신호의 전력값과 이전에 측정된 전력값을 비교하는 전력비교부; 및

상기 비교결과 큰 값을 선택하도록 상기 가변지연선에 피드백 제어신호를 인가하는 피드백 제어신호 인가부를 포함하는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상장치.

청구항 12.

제8항에 있어서, 상기 지연선 제어기는

상기 광학 탭에서 분기된 광 신호의 편광도를 측정하는 편광도 측정부;

상기 측정된 편광도와 이전에 측정된 편광도를 비교하는 편광도 비교부; 및

상기 비교결과 큰 값을 선택하도록 상기 가변 지연선에 피드백 제어신호를 인가하는 피드백 제어신호 인가부를 포함하는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상장치.

청구항 13.

삭제

청구항 14.

수신된 광 신호의 서로 수직한 제1 편광성분과 제2 편광성분을, 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 출력경로인 제 1 및 제 2 경로 중 제 2 경로로 출력되는 광신호로부터 편광성분 제어용 피드백감시신호를 추출하여 상기 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 축에 제 1 및 제 2편광성분을 나란히 정렬하고, 상기 제 1 및 제 2 편광성분이 상기 편광 광 분할기에 의해 분리되어 각각 제 1 및 제 2 경로로 전송되도록 하는 편광성분 분리단계; 및

상기 분리된 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분을 상기 편광 광 분할기로 결합한 후 출력 중 일부분을 분기하여 분기된 광신호로부터 시간지연차 제어용 피드백감시신호를 추출하여 이를 이용하여 상기 제 1 및 제 2 편광성분 사이의 시간 지연차를 제거하는 시간지연차 제거단계;를 포함하고,

상기 편광성분 분리단계는, (a) 광섬유 전송로를 통해 수신된 광 신호의 편광상태와 방향을 변환하는 단계;

(b) 상기 변환된 광 신호를 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 출력편광으로 분기하여 분기된 제 1 광 신호는 제 1 경로로 전송하고 분기된 제 2 광 신호는 제 2 경로로 각각 전송하는 단계;

(c) 상기 제2 경로의 광 신호를 입력받아 일부는 분기하고 나머지는 투과시키는 단계;

(d) 상기 (c) 단계에서 분기된 광 신호를 전기신호로 변환시키는 단계;

(e) 상기 변환된 전기신호의 전력 스펙트럼 중 특정 주파수 성분을 여과시키는 단계; 및

(f) 상기 여과된 전력을 이용하여 상기 입력된 광 신호의 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분이 편광 광 분할기의 두 축에 정렬시켜 정렬된 제 1 편광성분은 상기 제 1 경로를 진행하고 정렬된 제 2 편광성분은 상기 제 2 경로를 진행하도록 제어하는 단계를 포함하며,

상기 주편광상태 분리단계와 상기 시간지연차 제거단계 각각은 다른 피드백감시신호를 통하여 독립적으로 동작하여 편광성분 제어와 시간지연차 제어가 분리되는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상방법.

청구항 15.

제14항에 있어서, 상기 시간지연차 제거단계는

(g) 상기 편광 광 분할기에 의해 분리된 제1 편광성분의 광 신호를 입력받아 시간지연을 가변적으로 인가하는 단계;

(h) 상기 시간지연이 인가된 제1 편광성분의 광 신호와 제 2 경로로 진행하는 제2 편광성분의 광 신호를 결합하여 출력하는 단계;

(i) 상기 결합된 광 신호의 일부를 분기시키고 나머지는 투과시키는 단계; 및

(j) 상기 분기된 광 신호를 이용하여 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분간의 시간 지연차를 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상방법.

청구항 16.

수신된 광 신호의 서로 수직한 제1 편광성분과 제2 편광성분을, 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 출력경로인 제 1 및 제 2 경로 중 제 2 경로로 출력되는 광신호로부터 편광성분 제어용 피드백감시신호를 추출하여 상기 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 축에 제 1 및 제 2 편광성분을 나란히 정렬하고, 상기 제 1 및 제 2 편광성분이 상기 편광 광 분할기에 의해 분리되어 각각 제 1 및 제 2 경로로 전송되도록 하는 편광성분 분리단계; 및

상기 분리된 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분을 상기 편광 광 분할기로 결합한 후 출력 중 일부분을 분기하여 분기된 광신호로부터 시간지연차 제어용 피드백감시신호를 추출하여 이를 이용하여 상기 제 1 및 제 2 편광성분 사이의 시간 지연차를 제거하는 시간지연차 제거단계;를 포함하고,

상기 편광성분 분리단계는, (a) 광섬유 전송로를 통해 수신된 광 신호를 순환시키는 단계;

(b) 상기 순환된 광 신호의 편광 상태와 방향을 변환하는 단계;

(c) 상기 변환된 광 신호를 편광 광 분할기의 서로 수직한 두 출력편광으로 분기하여 분기된 제 1 광 신호는 제 1 경로로 전송하고 분기된 제 2 광 신호는 제 2 경로로 각각 전송하는 단계;

(d) 상기 제2 경로의 광신호를 입력받아 일부는 반사하고 나머지는 투과시켜 투과된 광 신호의 전력을 계산하는 단계;

(e) 상기 계산된 전력값 정보를 이용하여 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분이 편광 광 분할기의 수직한 두 축에 정렬시켜 정렬된 제 1 편광성분은 상기 제 1 경로를 진행하고 정렬된 제 2 편광성분은 상기 제 2 경로를 진행하도록 제어하는 단계를 포함하며,

상기 주편광상태 분리단계와 상기 시간지연차 제거단계 각각은 다른 피드백감시신호를 통하여 독립적으로 동작하여 편광성분 제어와 시간지연차 제어가 분리되는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상방법.

청구항 17.

제16항에 있어서, 상기 시간지연차 제거단계는

(f) 상기 편광 광 분할기에 의해 분리된 제1 편광성분의 광 신호를 입력받아 시간지연을 가변적으로 인가하는 단계;

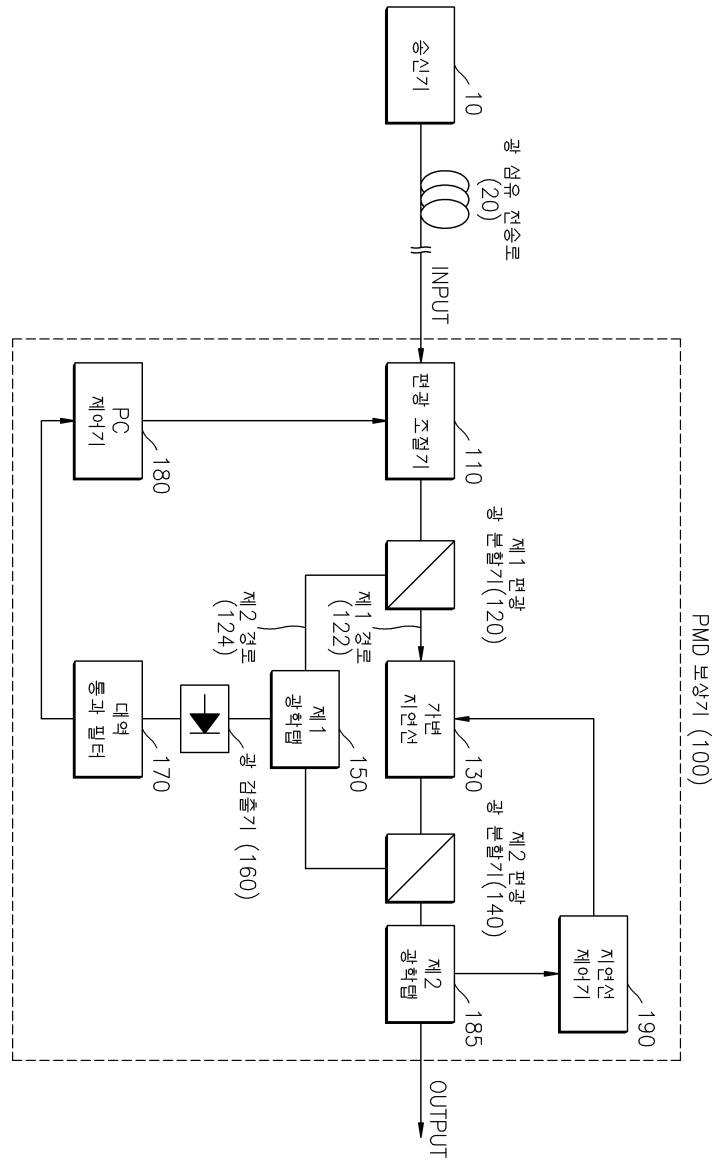
(g) 상기 시간지연이 인가된 제1 편광성분의 광 신호를 반사하는 단계;

(h) 상기 반사된 제1 편광성분의 광 신호와 상기 제 2 경로에서 반사된 제2 편광성분의 광 신호를 결합한 후, 상기 (a) 단계에서의 순환과정을 거친 후 광신호를 분기하는 단계; 및

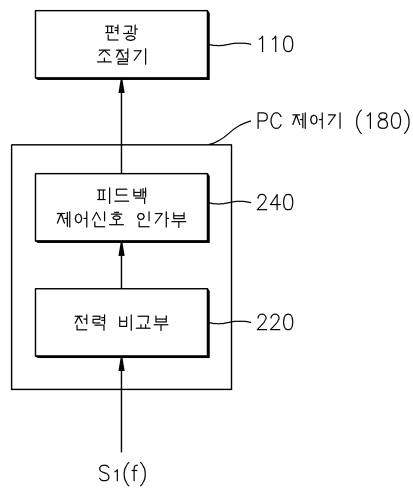
(i) 상기 분기된 광 신호를 이용하여 상기 제1 편광성분과 상기 제2 편광성분간의 시간 지연차를 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 편광모드분산 보상방법.

도면

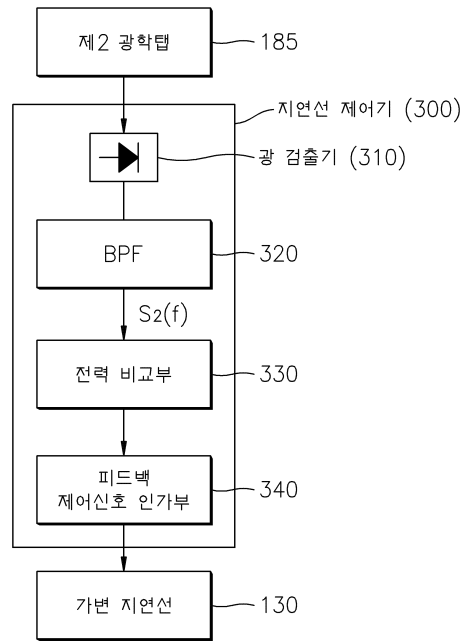
도면1



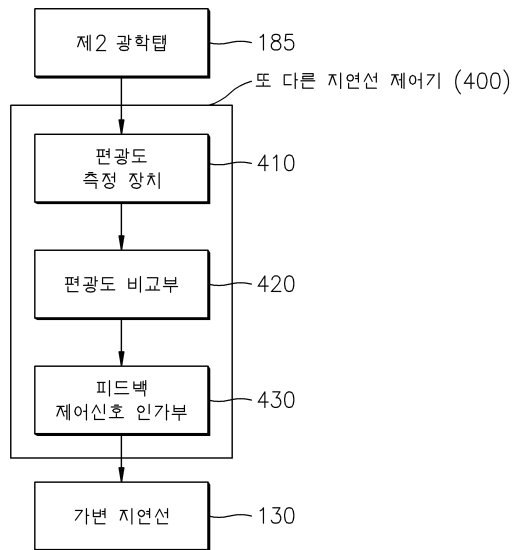
도면2



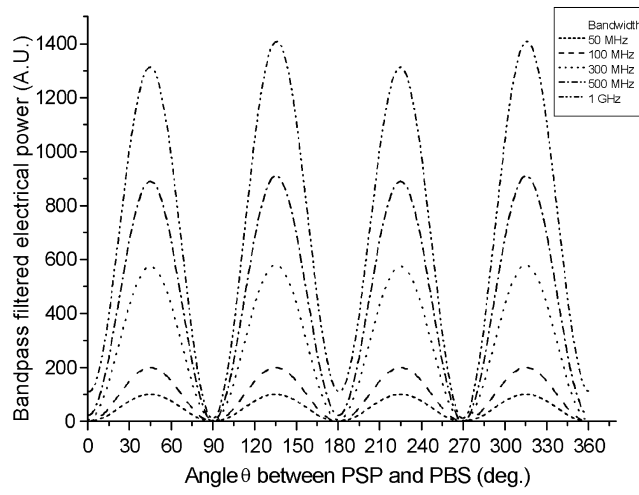
도면3



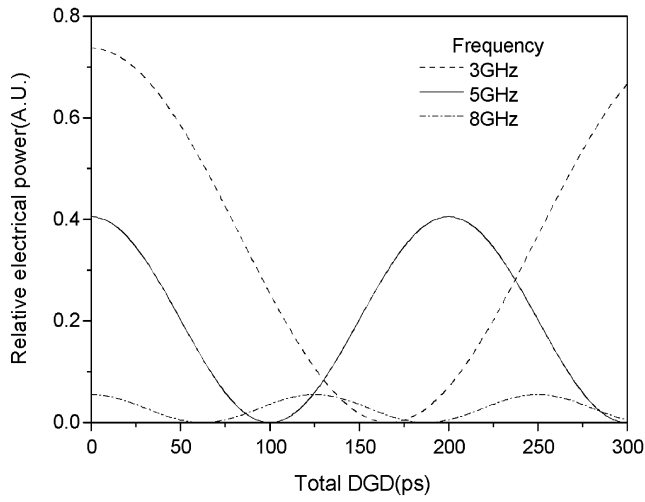
도면4



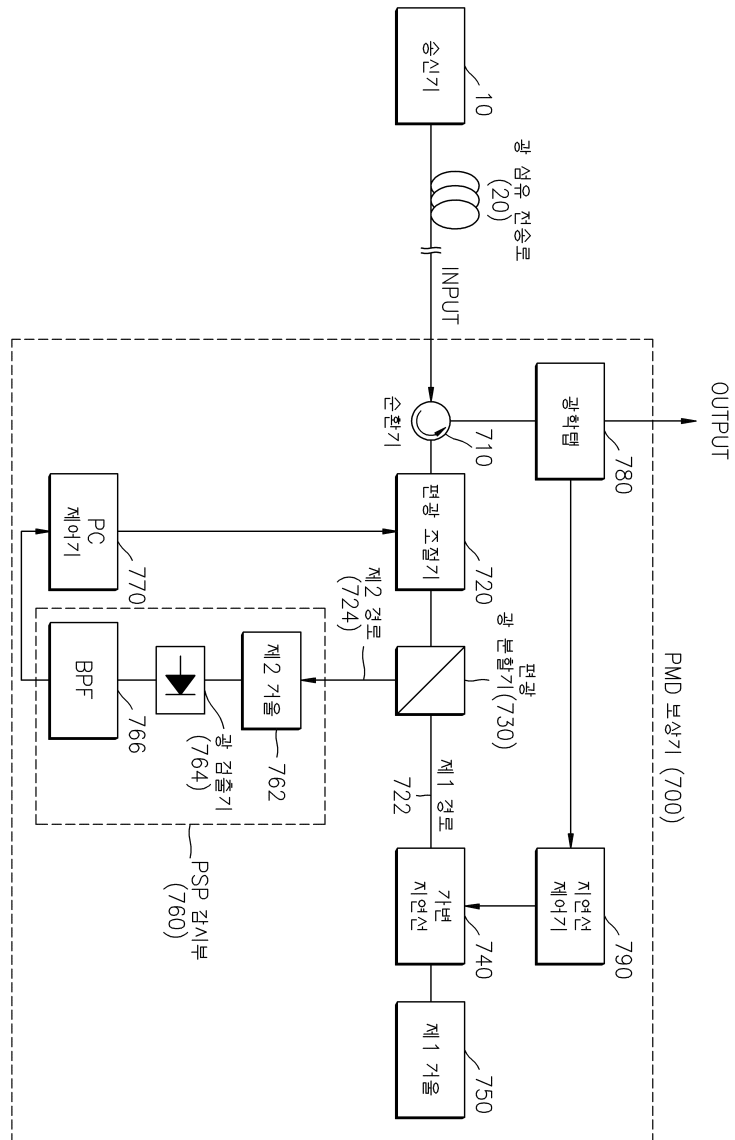
도면5



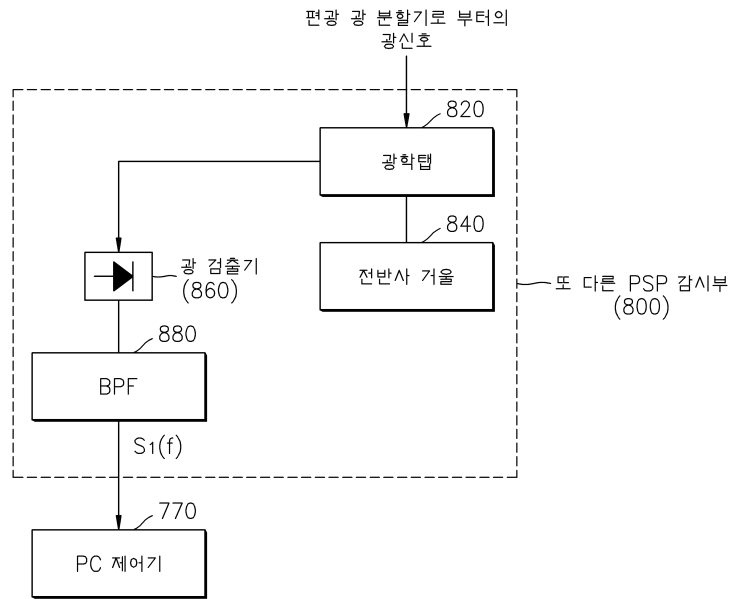
도면6



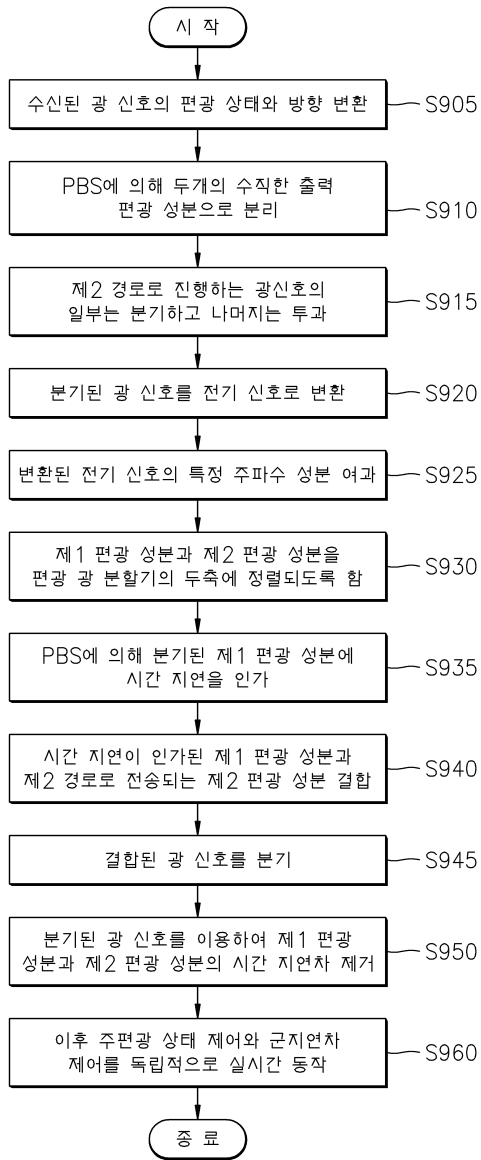
도면7



도면8



도면9



도면10

