



(12) PATENTSKRIFT

Patent- og
Varemærkestyrelsen

(51) Int.Cl.: H 04 J 14/02

(21) Patentansøgning nr: PA 1997 01498

(22) Indleveringsdag: 1997-12-19

(24) Løbedag: 1997-12-19

(41) Alm. tilgængelig: 1999-07-19

(45) Patentets meddelelse bkg. den: 2000-09-18

(73) Patenthaver: Tellabs Denmark A/S, Lautrupbjerg 7-11, 2750 Ballerup, Danmark

(72) Opfinder: Claus Friis Pedersen, Hvedevej 35, 2700 Brønshøj, Danmark
Carsten Gudmann Jørgensen, Vinkelvænget 7, Øm, 4000 Roskilde, Danmark

(74) Fuldmægtig: Hofman-Bang A/S, Hans Bekkevolds Allé 7, 2900 Hellerup, Danmark

(54) Benævnelse: Fremgangsmåde og system til koding af WDM-signaler samt AM-modulationsenhed til et WDM-system

(56) Fremdragne publikationer:

US A 4841519

EP A1 0604040

(57) Sammen drag:

Opfindelsen angår en fremgangsmåde til transmission af optiske datasignaler i et WDM-system omfattende to eller flere bølglængdemultipleksede datasignaler, hvor hvert multiplekset datasignal transmitteres optisk ved indbyrdes forskellige bølglængder, og hvor hvert datasignal ($D_1 - D_n$) på afsendersiden AM-moduleres med mindst ét LF-pilotsignal ($f_1, f_2, \dots, f_n$), der er specifikt for det pågældende datasignal.

Ifølge en særlig fordelagtig udførelsesform af opfindelsen kodes de enkelte datakanaler med hver sin unikke kombination af pilotsignaler.

Det er ifølge opfindelsen muligt at foretage en hurtig detektion af et meget stort antal specifikt mærkede WDM-kanaler.

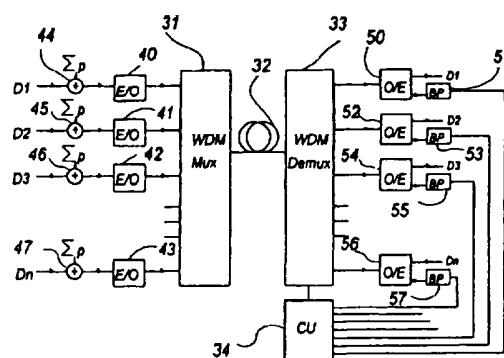


Fig.4

Fremgangsmåde og system til kodning af WDM-signaler samt AM-modulationsenhed til et WDM-system

Teknikkens baggrund

5 Opfindelsen angår en fremgangsmåde som angivet i krav 1's indledning til transmisson af optiske datasignaler i et WDM-system omfattende to eller flere bølgelængdemultipleksede datasignaler, hvor hvert multiplekset datasignal transmitteres optisk ved indbyrdes forskellige bølge-
10 længder.

Opfindelsen angår yderligere et system som angivet i krav 4's indledning til transmission af WDM datasignaler, hvor systemet omfatter mindst én WDM-multiplekser samt mindst
15 én via en optisk signalvej dertil forbundet WDM-demultiplexer, idet WDM-multiplexerens optiske indgange fødes af E/O-konvertere, såsom lasere, der hver generer en kanal-specifik bølgelængde, idet E/O-konverterne er modulerede af datasignaler.

20

Endeligt angår opfindelsen ligeledes en AM-modulationsenhed til et WDM-system som angivet i krav 7.

I forbindelse med den stadig øgede anvendelse af optiske
25 transmissionsfibre til datakommunikation/telekommunikation er der en stadig presserende udvikling i retning af en forøget transmissionskapacitet. Denne udvikling medfører, at eksisterende kabelforbindelser i stigende grad ikke kan udbyde den kapacitet, som markedet kan konsumere. Udviklingen er ikke blevet mindre udpræget med eksem-
30 pelvis internettets stadig stigende udbredelse og anvendelse. Som et andet eksempel kan også nævnes øgede transmissionsbehov ved videooverførsel via datasignaler på telenettet.

35

Denne udvikling har naturligvis medført, at transmissionskapaciteten i de eksisterende kabelnet skal udbygges og/eller effektiviseres. Da udbygning af det optiske kabelnet er en overordentlig kostbar foranstaltning, søger man i videst muligt omfang at optimere anvendelsen af det eksisterende kabelnet uden yderligere kabelnedlæggelse, når dette kan undgås. Dette kan eksempelvis gøres ved at modificere eller udskifte den anvendte transmissionshardware. På trods af at dette medfører implementeringsomkostninger, vil disse kun nærme sig en brøkdel af de udgifter som en supplerende nedlæggelse af nye kabelforbindelser ville medføre.

To konkrete eksempler på denne modificering kendes fra TDM, Time Division Multiplexing, og WDM, Wave Length Division Multiplexing, hvorved datakapacitet kan forøges væsentligt. Den væsentligste forskel på de to typer transmission af TDM kan betragtes som en ren sekventiel transmissionsprotokol, hvor hver transmissionskanal tildeles sit specifikke område af datasekvensen, mens WDM nærmere kan betragtes som en parallel og indbyrdes uafhængig transmission af flere optiske kanaler i den samme fiber, idet hver kanal tildeles sin specifikke bølgelængde.

En ulempe ved TDM er i sagens natur, at denne i princippet tjener til forøgelse af de til rådighed værende datakanaler, men ikke forøger den samlede transmissionskapacitet uden øget transmissionshastighed. Ved WDM opnås imidlertid både en forøgelse af de til rådighed værende datakanaler, ligesom transmissionskapaciteten forøges tilsvarende. I praksis vil de anvendte transmissionsbølgelængder være lokaliseret indenfor et relativt lille optisk vindue med små bølgelængdeintervaller, der samlet ligger inden for de optiske forstærkeres funktionsområde. Det fremgår således med al tydelighed, at datakapaciteten

for det samlede transmissionssystem bliver forøget meget kraftigt for hver tilføjet WDM kanal.

Antallet af disse kanaler er således i sagens natur stærkt stigende, og de for tiden anvendte 4-16 kanaler forventes løbende udvidet i de kommende år, i takt med at de til formålet nødvendige hardware komponenter bliver udviklet. Dette gælder særligt de nødvendige optiske filtre og laserkomponenter.

10

Et problem i forbindelse med anvendelse af WDM er imidlertid, at de enkelte kanaler på modtagersiden skal spaltes ud igen til separerede signaler efter transmission. Dette problem er særligt udpræget på modtagersiden, hvor de enkelte demultiplexede signaler måske nok kan findes, men ikke umiddelbart kan identificeres entydigt under alle forhold, da de ikke sædvanligvis har kanalidentifikation i datarammen for WDM-kanal identifikation. Derudover er det vanskeligt at afgøre, hvorvidt en kanal er faldet ud eller den bare er passiv i en tidsperiode.

20

Fra EP 604 040 kendes en fremgangsmåde til transmission af bølgelængdemultipleksede datasignaler, hvor hvert datasignal amplitudemoduleres med et lavfrekvent signal med henblik på at kunne identificere de enkelte datasignaler. Et tilsvarende system kendes fra US 4 841 519.

25

Ved at lade hvert datasignal ($D_1 - D_n$) på afsendersiden AM-moduleres med mindst ét LF-pilotsignal ($f_1, f_2, \dots, f_n$), der er specifikt for det pågældende datasignal, opnås mulighed for at foretage en enkel entydig on-/off detektion af WDM-kanalerne på modtagersiden.

30

En yderligere fordel er ligeledes, at det samlede transmissionssystem kan varieres dynamisk, således at givne transmissionskanaler ikke nødvendigvis skal være lokaliseret.

35

seret til et bestemt filter i multiplexeren eller den tilhørende elektriske del. En eventuel ændring af bølgelængder i WDM-kanalerne på sendersiden medfører således ikke andet end, at de tunbare filtre på modtagersiden automatisk eller under styring tuner ind på de nye eller
5 ændrede WDM-kanaler.

Ved WDM-systemer med et stort antal kanaler er det imidlertid en ulempe, at der skal benyttes et lavfrekvent pilotsignal for hver kanal, idet der så kræves pilotsignaler med et tilsvarende antal frekvenser.
10

Det er derfor et formål med opfindelsen at angive en fremgangsmåde og et system af den ovenfor angivne art, hvor hvert datasignal kan kodes entydigt på en sådan måde, at det samlede antal af anvendte pilotsignaler med
15 forskellig frekvens reduceres.

Dette opnås ifølge opfindelsen ved at lade hvert datasignal være AM-moduleret med en kombination af mindst to LF-pilottonesignaler som angivet i den kendetegnende del af krav 1 og 4.
20

En væsentlig fordel ved denne kodning er således, at det multiplexede optiske WDM-signal har et begrænset antal forskellige pilotsignalkomponenter. Dette forhold bliver særdeles udpræget ved en forøgelse af WDM-systemets kanaler, og en dermed forbundet nødvendighed for at udvide den båndbredde af WDM-signalet, der står til rådighed for
25 de ønskede LF-komponenter. Da pilotsignaler i videst mulige omfang bør holdes under en grænsefrekvens på ca. 50 kHz for ikke at blive til støj i WDM-signalets LF-komponenter vil den foreliggende udførelsesform således give mulighed for at mærke flere optiske WDM-kanaler end det ellers
30 ville have været muligt. I den forbindelse skal det bemærkes, at der kræves mere smalbandede filtre på modta-

gersiden, jo tættere de enkelte pilotfrekvenser er lagt indbyrdes. Derudover skal det bemærkes, at opfindelsen ligeledes er særlig fordelagtig i forbindelse med identifikation af pilotsignalerne på modtagersiden, da båndbredden af det filter, der skal anvendes for at frafiltrere pilotsignalerne, kan være forholdsvis stor. Dette betyder yderligere, at filtrenes tidskonstant kan minimeres, således at detektions-svartiden kan minimeres på modtagersiden.

10

Det forstås således, at fordelene ved opfindelsen bliver mere udprægede med et voksende WDM-kanalantal.

Ved at AM-modulere datasignalerne ($D_1 - D_n$) med pilotsignalet ($P_s - P_n$) før E/O-konverteringen, opnås en fordelagtig udførelsesform ifølge opfindelsen, idet den elektriske modulering af datasignalet på enkel vis kan moduleres med elektriske pilotsignalgeneratorer.

20 Ved at lade LF-pilottonekombinationen omfatte $r+1$ indbyrdes forskellige pilotsignaler for et 2^r -kanals WDM-system, hvor frekvenserne for de anvendte pilotsignaler alle er mindre end 50 kHz, opnås en særlig fordelagtig udførelsesform ifølge opfindelsen, da $n+1$ forskellige pilotsignaler er tilstrækkelige til entydigt at modulere alle kanalerne i 2^r -kanals WDM-system. Det forstås ligeledes, at opfindelsen bliver særlig fordelagtig ved et stigende kanalantal. Eksempelvis kan et 256 kanals WDM-system ifølge opfindelsen kodes med kun ni forskellige pilotsignaler, der alle kan detekteres under anvendelse af relativt billige elektriske filtre med en lille tidskonstant. En scanning i demultiplexeren over et givet optisk domæne vil således kunne gennemføres særdeles hurtigt ifølge opfindelsen.

35

Det skal yderligere bemærkes, at en $r+1$ -kodning af WDM-kanalerne sikrer, at alle WDM-kanaler er mærkede og derfor kan genkendes positivt.

- 5 Ved at indrette demultiplexeren med tunbare BP-filtre, der hver styres af en kontrolenhed i afhængighed af det afgivne pilottoneindhold på O/E-konverternes udgange, således at hvert tunbare filter tunes ind på en veldefineret og identificeret WDM-kanal, opnås en særlig effektiv
10 styring og overvågning af de enkelte WDM-kanaler.

Såfremt nogle kanaler måtte være faldet ud, enten på grund af en teknisk fejl, eller fordi systemet eksempelvis er inde i en lavbelastningsperiode, vil kontrolenheden
15 dels positivt kunne detektere hvor mange og specifikt hvilke kanaler, der faktisk er tilstede på udgangen af demultiplexeren, ligesom kontrolenheden på baggrund af denne information kan registrere, hvor mange og hvilke kanaler, der ikke er tilstede på demultiplexeren.

20

Derfor vil det følgelig være muligt at lade de tunbare filtre i demultiplexeren scanne det tilførte lysspektrum på demultiplexerens indgang under styring af kontrolenheden. Denne scanning er således mulig med en specifik
25 mærkning af hver kanal, da kontrolenheden ellers ikke vil kunne registrere, hvilken WDM-kanal filtreret aktuelt har tunet ind på.

Som nævnt angår opfindelsen desuden en AM-modulationsenhed til et WDM-system. Når denne omfatter mindst to pilotsignalgeneratorer, der hver er indrettet til at generere indbyrdes forskellige frekvenser, således at modulationsenheden frembringer en given outputkombination af pilotsignaler, kan hvert datasignal kodes entydigt på en
30 sådan måde, at det samlede antal af anvendte pilotsignaler med forskellig frekvens reduceres.

35

Figurerne

Opfindelsen vil i det følgende blive beskrevet under henvisning til figurerne, hvor

5 fig. 1 viser et eksempel på et WDM-system med anvendelse af pilottoner,

fig. 2 viser et eksempel på den spektrale fordeling af de anvendte pilottoner,

10

fig. 3 viser et eksempel på, hvordan WDM kanaler fordeles i forhold til bølgelængde,

15 fig. 4 viser et eksempel på en foretrukken udførelsesform ifølge opfindelsen, og hvor

fig. 5 på skematisk viser hvorledes et 16-kanals WDM kan AM moduleres af kun fem pilottoner.

20 Udførelseseksemplet

På fig. 1 ses en illustration af et WDM-system, hvor der anvendes pilotsignaler.

25 Det viste firekanals-WDM-system omfatter en WDM-multiplexer 1, der er optisk forbundet med WDM-demultiplexer 3 ved hjælp af en optisk fiber 2.

Systemet omfatter fire summationsenheder 14, 15, 16 og 17, der summerer fire datasignaler D1, D2, D3 og D4 med
30 et tilsvarende kanalspecifikt pilotsignal p1, p2, p3 og p4.

Efterfølgende ledes de amplitudemodulerede elektriske signaler til med summationsenhederne 14, 15, 16 og 17
35 elektrisk forbundne E/O-konvertere 10, 11, 12 og 13, dvs.

elektrisk modulerede lasere. Hver laser er således moduleret med signaler $D1+p1$, $D2+p2$, $D3+p3$ og $D4+p4$.

Hver datakanal $D1$, $D2$, $D3$ og $D4$ er modulerede af E/O-konverterene ved kanalspecifikke bølgelængder. Bølgelængden λ for hver kanal vil i standardiserede systemer typisk ligge indenfor et vindue på $1550 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$. En kanalplacering kan eksempelvis være $ch1 = 1544 \text{ nm}$, $ch2 = 1547 \text{ nm}$, $ch3 = 1553 \text{ nm}$, $ch = 1556 \text{ nm}$. Pilotsignalfrekvensen kan for hver kanal eksempelvis vælges til 10kHz, 12.5 kHz, 15 kHz og 17.5 kHz.

De multiplexede pilotsignalmodulerede transmitteres efterfølgende til WDM-demultiplexeren 3 via den optiske transmissionvej 2, hvori signalet opsplittes til fire separate optiske signaler og ledes til fire O/E-konvertere 20, 22, 24 og 26 ved hjælp af i demultiplexeren 3 ikke viste tunbare optiske BP-filtre. O/E-konverterne 20, 22, 24 og 26 vil typisk udgøres af photodioder.

Det elektriske output fra O/E-konverterne 20, 22, 24 og 26 splittes efterfølgende op i en HF- og en LF-komponent ved hjælp af et til hver kanal indrettet elektrisk tunbart LP/BP filterarrangement 21, 23, 25 og 27. LF-komponenten, der indeholder det på datasignalet kanalspecifikke modulationssignal er efterfølgende for hver kanal elektrisk tilbagekoblet til en styreenhed 4, CU, der på baggrund af den opnåede information styrer de tunbare filtre i demultiplexeren 3. HF-komponenterne, der resterer efter LP filtreringen udgør efterfølgende de oprindelige datasignaler $D1$, $D2$, $D3$ og $D4$.

I praksis kan opsplitningen af LF- og HF-komponenterne foretages på flere i sig selv kendte måder indenfor opfindelsens rammer.

De i demultiplexeren 3 bølgelængdefiltrerede HF-signaler, dvs. D1, D2, D3 og D4 hver med påmoduleret kanalspecifik identifier, p1, p2, p3, p4 kan således genkendes entydigt ved hjælp af identifieren p1, p2, p3 og p4, hvorfor de tunbare filtre i demultiplexeren 3 følgelig kan scanne det tilførte lysspektrum på demultiplexerens indgang under styring af kontrolenheden 4. Denne scanning er således kun mulig med en specifik mærkning af hver kanal, da kontrolenheden heller ikke vil kunne registrere, hvilken WDM-kanal filtreret aktuelt har tunet ind på.

Hvis et tunbart filter således har tunet ind på en allerede fundet WDM-kanal, vil kontrolenheden 4 registrere dette sammenfald og sikre at filteret scanner videre indtil en ikke tidligere "låst" kanal er fundet. Derudover vil kontrolenheden 4 ligeledes kunne registrere, når alle de kanaler, der ledes efter, er fundet, hvorefter scanningen kan afbrydes.

Omvendt vil kodningsteknikken ifølge opfindelsen sikre, at der på demultiplexerens udgang, eller mere specifikt på O/E-konverternes output eksisterer en fuldstændig information om hvilke kanaler, der er tilstede, og på hvilken udgang D1, D2, D3 D4 disse er lagt ud på.

Det er underforstået, at D1, D2, D3 og D4 ikke nødvendigvis vil eller skal komme ud af O/E-konverterne 20, 22, 24 og 26 i den velordnede rækkefølge, som er skitseret på figuren. Såfremt et konkret outputlayout måtte ønskes, er det dog muligt at indrette kontrolenheden 4 til dette formål.

En udpræget fordel ved at mærke hver bølgelængde med et LF-signal er, at hvert signal kan identificeres entydigt

under anvendelse af relativt billigt og ikke pladskrævende LF-filtre.

5 Afslutningsvis skal det bemærkes, at det viste eksempel er monodirektionalt. Det er dog underforstået, at opfindelsen også kan implementeres i et bidirektionalt WDM-system.

10 På fig. 2 ses en illustration af, hvorledes komponenterne til kodningen af en datakanal kan udføres.

For det første anvendes LF-komponenter, der typisk bør vælges til at ligge under en øvre grænsefrekvens på 50 kHz, hvorved det sikres, at pilotsignalerne ikke interferer med HF-signalet, og dermed forringer transmissionskvaliteten.

15 I det viste eksempel er der anvendt fem forskellige pilotsignaler Ps1, Ps2, Ps3, Ps4 og Ps5, idet de viste signaler kan anvendes til fuldstændig multipilotsignalkodning af et seksten-kanal WDM-system. Den anvendte kodningsteknik vil blive mere indgående beskrevet på fig. 5. Det er underforstået, at der alt afhængig af kodningsteknik og antallet af WDM-kanaler kan anvendes flere eller 25 færre indbyrdes forskellige pilotsignaler.

Ps1, Ps2, Ps3, Ps4 og Ps5 kan eksempelvis vælges til at være henholdsvis 10kHz, 12.5kHz, 15kHz, 17.5 kHz og 20kHz.

30

Såfremt pilotsignaludlægningen skulle svare til det på fig. 1 beskrevne eksempel vil de valgte pilotsignaler eksempelvis være Ps1, Ps2, Ps3 og Ps4.

35 Det skal understreges at figuren kun tjener til illustration af opfindelsen, hvilket eksempelvis gælder for stør-

relsesordenen af amplitudeforhold. Derudover er det underforstået, at de illustrerede frekvensintervaller kun skal tjene til at illustrere den indbyrdes afstand mellem henholdsvis pilotsignaler og datasignalets frekvensindhold.

På fig. 3 ses, hvorledes transmissionskanalerne kan fordeles over bølgelængderne λ_1 , λ_2 , λ_3 , λ_4 og op til λ_n . I praksis vil alle kanalerne være fordelt over et vindue på 1550nm $\pm$ 10nm. I systemer der anvender et relativt stort antal WDM transmissionskanaler er bølgelængdeintervallerne således meget små.

På fig. 4 ses en yderligere og foretrukken udførelsesform ifølge opfindelsen, hvori der kodes et antal pilotsignaler på datakanalen.

Som det fremgår af fig. 2 vil antallet af de nødvendige pilottoner i henhold til fig. 1 ret hurtigt blive meget stort svarende til det aktuelle antal kanaler. Dette skal ses i forhold til at pilotsignalerne bør ligge under 50kHz for ikke at forstyrre datatrafikken i WDM-kanalen.

På fig. 4 vil et sådant problem i praksis være elimineret, da hver kanal ifølge denne udførelsesform er kodet med en kombination af pilotsignaler Σ_p , der efterfølgende splittes ud og identificeres entydigt som en kanalmærkning på modtagersiden.

Det viste eksempel omfatter n-kanal WDM-datasignaler, der hver i det elektriske domæne bliver moduleret med en kombination af pilotsignaler Σ_p . Denne kombination skal opfattes som en ren binær kodning af hvert datasignal ved hjælp af LF-pilotsignaler.

Systemet omfatter således n summationsenheder 44, 45, 46 og 47, der summerer n datasignaler $D_1 - D_n$ med et tilsvarende kanalspecifikt pilotsignal af kombinationer af $p_1 - p_i$ hvor " i " svarer til antallet af indbyrdes forskellige LF-pilotsignaler.

Selve kodningen af datasignalet vil blive beskrevet mere indgående i fig. 5.

10 Efterfølgende ledes de summerede elektriske signaler til med summationsenhederne 44, 45, 46 og 47 elektrisk forbundne E/O-konvertere 40, 41, 42 og 43, dvs. elektrisk modulerede lasere.

15 Bølgelængden λ for hver kanal vil i standardiserede systemer typisk ligge indenfor et vindue på $1550 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$

De multiplexede pilotsignalmodulerede transmitteres efterfølgende til WDM-demultiplexeren 33 via den optiske transmissionvej 32, hvori signalet opsplittes til n separate optiske signaler og ledes til n O/E-konvertere 50, 52, 54 og 56 ved hjælp af i demultiplexeren 33 ikke viste tunbare optiske BP-filtre. O/E-konverterne 50, 52, 54 og 56 vil typisk udgøres af photodioder.

25

Det elektriske output fra O/E-konverterne 50, 52, 54 og 56 splittes efterfølgende op i en HF- og en LF-komponent ved hjælp af et til hver kanal indrettet elektrisk tunbart LP/BP filterarrangement 51, 53, 55 og 57. LF-komponenten, der indeholder det på datasignalet kanalspecifikke modulationssignal er efterfølgende for hver kanal elektrisk tilbagekoblet til en styreenhed 4, CU, der på baggrund af den opnåede information styrer de tunbare filtre i demultiplexeren 3. HF-komponenterne, der reste-

rer efter LP-filtreringen udgør efterfølgende de oprindelige datasignaler D_1 - D_n .

- De i demultiplexeren 33 BP-filtrerede HF-signaler, dvs.
- 5 $D_1 - D_n$ hver med påmoduleret kanalspecifik identifier, $p_1, p_2, p_3, \dots, p_i$ kan således genkendes entydigt ved hjælp af den af pilotsignalerne dannede identifier, hvorfor de tunbare filtre i demultiplexeren 33 følgelig kan scanne det tilførte lysspektrum på demultiplexerens indgang un-
- 10 der styring af kontrolenheden 34. Denne scanning er således kun mulig med en specifik mærkning af hver kanal, da kontrolenheden ellers ikke vil kunne registrere, hvilken WDM-kanal filtreret aktuelt har tunet ind på.
- 15 Kontrolenheden 34 vil således med enkle styrealgoritmer sikre, at de tunbare filtre i demultiplexeren 33 tracker alle de forskellige kanaler, der kan findes på multiplexerens indgang, dvs. op til n kanaler.
- 20 Såfremt nogle kanaler måtte være faldet ud, enten på grund af en teknisk fejl, eller fordi systemet eksempelvis er inde i en lavbelastningsperiode, vil kontrolenheden dels positivt kunne detektere, hvor mange og specifikt, hvilke kanaler, der faktisk er tilstede på udgangen
- 25 af demultiplexeren 33, ligesom kontrolenheden 34 på baggrund af denne information kan registrere, hvor mange og hvilke kanaler, der ikke er tilstede på demultiplexeren.

Afslutningsvis skal det nævnes, at opfindelsen ikke er

30 begrænset til monodirektionale WDM-signaler.

På fig. 5 ses et skema af et eksempel på en kodning af en 16-kanals WDM system.

- 35 I det viste eksempel anvendes der fem pilottoner med frekvenserne f_1, f_2, f_3, f_4 og f_r , der tilsammen kan påmodu-

leres de enkelte datakanaler på afsendersiden, således at disse efterfølgende kan findes og genkendes på modtager-siden.

P a t e n t k r a v :

- 5 1. Fremgangsmåde til transmission af optiske datasignaler i et WDM-system omfattende to eller flere bølgelængdemultipleksede datasignaler, hvor hvert multiplekset datasignal transmitteres optisk ved indbyrdes forskellige bølgelængder, og hvor
- 10 datasignalerne ($D_1 - D_n$) på afsendersiden AM-moduleres med LF-pilotsignaler ($f_1, f_2, \dots, f_n$),
- kendetegnet ved,
- 15 at hvert datasignal er AM-moduleret med en kombination af mindst to LF-pilottonesignaler.
- 20 2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, kendetegnet ved, at datasignalerne ($D_1 - D_n$) AM-moduleres med pilotsignalerne ($P_1 - P_n$) før E/O-konverteringen.
- 25 3. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller 2, kendetegnet ved, at LF-pilottonekombinationen omfatter $r + 1$ indbyrdes forskellige pilotsignaler for et 2^r -kanals WDM-system, hvor frekvenserne for de anvendte pilotsignaler alle er mindre end 50 kHz.
- 30 4. System til transmission af WDM-datasignaler omfattende en
- WDM-multiplekser (31) samt en via en optisk signalvej (32) dertil forbundet WDM-demultiplexer (33), idet
- 35 WDM-multiplexerens (31) optiske indgange fødes af E/O-konvertere (10, 11, 12, 13; 40, 41, 42, 43), såsom lase-

re, der hver generer en kanalspecifik bølgelængde (λ_1 , λ_2 , λ_3 , ... λ_n), og idet E/O-konverterne er modulerede af datasignaler (D_1 , D_2 , D_3 , ... D_n), og hvor

- 5 systemet yderligere er indrettet til at AM-modulere datasignalerne (D_1 , D_2 , D_3 , ... D_n) med LF pilotsignaler (Ps_1 , Ps_2 , Ps_3 , ... Ps_n) inden disse ledes til E/O-konverterne (10, 11, 12, 13; 40, 41, 42, 43), og idet hvert pilotsignal har en indbyrdes forskellig frekvens,

10

kendetegnet ved, at systemet er indrettet til at AM-modulere hvert datasignal (D_1 , D_2 , D_3 , ... D_n) med en til datasignalet specifik valgt kombination af pilotsignaler.

15

5. System ifølge krav 4, kendetegnet ved, at demultiplexerens (3; 33) demultiplexede optiske udgange er forbundet med O/E-konvertere (20, 22, 24, 26; 50, 52, 54, 56), såsom fotodioder, hvilke O/E-konvertere er indrettet til at opspalte de tilførte signaler til et elektrisk HF-datasignal (D_1 - D_n) samt et elektrisk LF-pilottonesignal, og hvor det udspaltede LF-pilottonesignal ledes til et detektionsarrangement, der er indrettet til at detektere hvilke pilotsignaler (Ps_1 , Ps_2 , Ps_3 , ... Ps_n) eller hvilke kombinationer af pilotsignaler LF-signalet indeholder.

25

6. System ifølge krav 4 eller 5, kendetegnet ved, at demultiplexeren (3; 30) er indrettet med tunbare BP-filtre, der hver styres af en kontrolenhed (4, 34) i afhængighed af det afgivne pilottoneindhold på O/E-konverternes (20, 22, 24, 26; 50, 52, 54, 56) udgange, således at hvert tunbare filter tunes ind på en veldefineret og identificeret WDM-kanal.

35

7. AM-modulationsenhed (44; 45; 46; 47) til et WDM-system, kendetegnet ved, at den omfatter mindst to pilotsignalgeneratorer, der hver er indrettet til at generere indbyrdes forskellige frekvenser (f_1 , f_2 , f_3 , f_4 ,
5 f_r), således at modulationsenheden frembringer en given outputkombination af pilotsignaler.

8. AM-modulationsenhed (44; 45; 46; 47) til et WDM-system ifølge krav 7, kendetegnet ved, at outputkombinationen af pilotsignaler kan styres ved hjælp af til modulationsenhed tilførte styresignaler.
10

9. AM-modulationsenhed (44; 45; 46; 47) til WDM-system ifølge krav 7 eller 8, kendetegnet ved, at outputkombinationen af pilotsignaler genereres af fast optrådende pilotsignalgeneratorer.
15

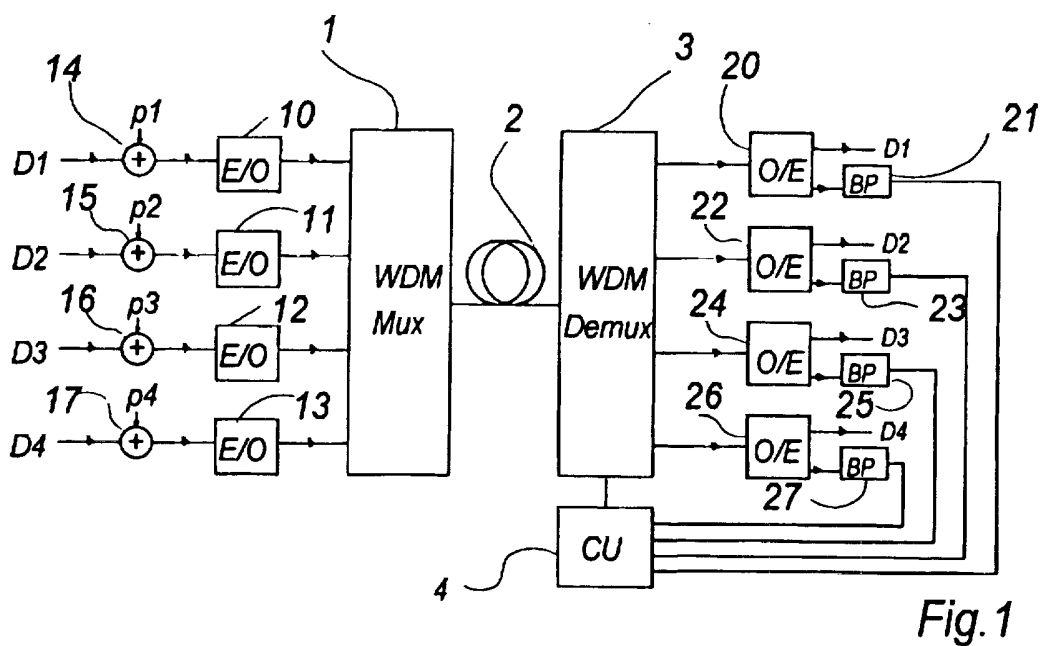


Fig. 1

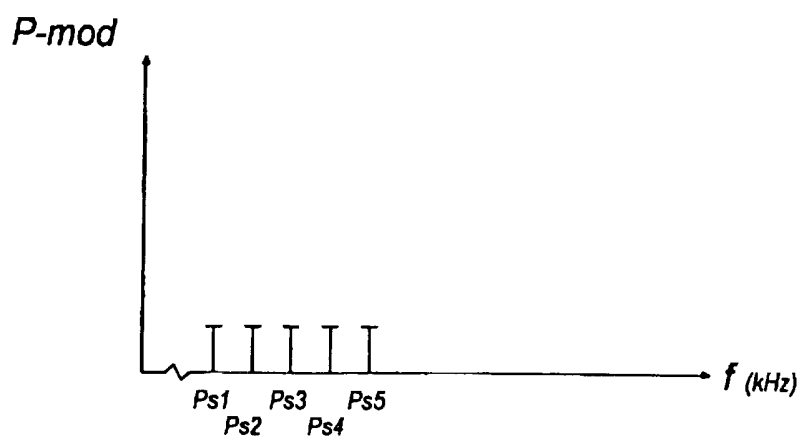


Fig. 2

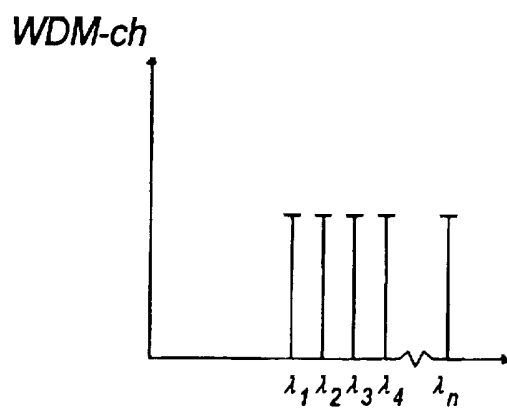


Fig. 3

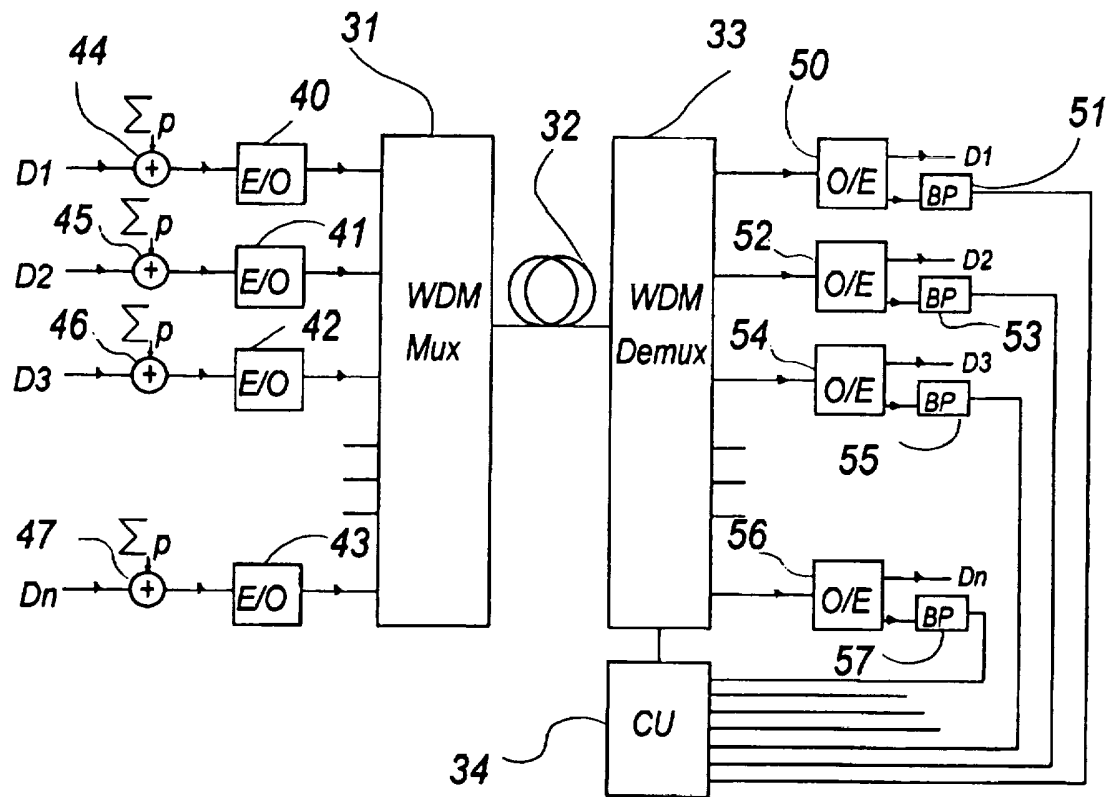


Fig. 4

ch	f_1	f_2	f_3	f_4	f_r
1	-	-	-	-	1
2	-	-	-	1	1
3	-	-	1	-	1
4	-	-	1	1	1
5	-	1	-	-	1
6	-	1	-	1	1
7	-	1	1	-	1
8	-	1	1	1	1
9	1	-	-	-	1
10	1	-	-	1	1
11	1	-	1	-	1
12	1	-	1	1	1
13	1	1	-	-	1
14	1	1	-	1	1
15	1	1	1	-	1
16	1	1	1	1	1

Fig. 5