República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0303396-1 B1

(22) Data do Depósito: 27/02/2003

(45) Data de Concessão: 21/02/2017

(54) Título: PROCEDIMENTO PARA ORDENAR FLUXOS EM UMA REDE DE TRANSPORTE QUE PORTA FLUXOS DE DADOS DE CIRCUITO E DISPOSITIVO PARA O GERENCIAMENTO CENTRALIZADO DE UMA REDE DE TRANSPORTE

(51) Int.Cl.: H04J 3/16

(30) Prioridade Unionista: 15/03/2002 IT TO2002A000226

(73) Titular(es): TELECOM ITALIA S.P.A.

(72) Inventor(es): ANDREA ALLASIA; ANDREA GIANCOLA; GIANLUCA VACCARONE; GIUSEPPE FERRARIS

PROCEDIMENTO PARA ORDENAR FLUXOS EM UMA REDE DE TRANSPORTE QUE PORTA FLUXOS DE DADOS DE CIRCUITO E DISPOSITIVO PARA O GERENCIAMENTO CENTRALIZADO DE UMA REDE DE TRANSPORTE

CAMPO TÉCNICO

[001] A invenção refere-se a redes de transporte que porta fluxos de dados de circuito, do tipo síncrono e assíncrono, empregando multiplexação por espaço, tempo, frequência ou comprimento de onda, e especificamente refere-se a um procedimento para ordenar fluxos de dados de circuito em uma sub-rede.

HISTÓRICO DA TECNOLOGIA

[002] Como é conhecido, dados são transmitidos em redes de transporte TDM (Multiplexação de Divisão por Tempo) em janelas de tempo ou conjuntos de intervalos (denominados "intervalos de tempo") cujo comprimento é fixo, cada um dos quais contém um ou mais fluxos de dados de circuito definidos pelo protocolo implementado. Redes deste tipo incluem, por exemplo, redes SDH (Hierarquia Digital Síncrona) ou redes SONET (Rede Óptica Síncrona). O termo "intervalo" portanto significa "intervalo de tempo" neste caso.

[003] Em redes WDM (Multiplexação de Divisão por Comprimento de Onda), os dados são transmitidos em diferentes comprimentos λi, que substituem a multiplexação por intervalos de tempo e consequentemente poderá ser denominado "intervalos λ". De modo similar, redes SDM (Multiplexação de Divisão por Espaço) ou redes FDM (Multiplexação de Divisão por Frequência podem ser implementados, em que caso o conceito de intervalo seja associado a intervalos de espaço ou de frequência.

Especificamente, a tecnologia FDM foi implementada no passado antes da tecnologia TDM ser desenvolvida.

[004] A invenção refere-se a todos os tipos de redes com base no conceito de intervalo descrito acima. Será feita referência na descrição que segue a redes TDM (SDH e SONET) e redes WDM considerando sua popularidade atual.

[005] Do ponto de vista técnico, intervalos de tempo em redes SDH e SONET e intervalos λ em redes WDM podem ser considerados equivalentes. Eles ambos são "embalagens" em que dados são transmitidos, independentemente da implementação física efetiva da rede.

[006] Cada rede de transporte, SDH, SONET ou WDM, pode compreender várias sub-redes, por exemplo, redes de anel ou sub-redes de malha, todas empregando o mesmo protocolo de transmissão.

[007] Quando um conjunto de fluxo de dados de circuito a ser vendido para um cliente é criado e estabelecido para a operação, os intervalos que formam a sub-rede (intervalos de tempo para SDH ou SONET, intervalos λ para WDM) são alocados para cada circuito de acordo com a situação da rede na ocasião; a situação é determinada aleatoriamente pelas solicitações de entrada (de acordo com os critérios típicos do operador da rede). Em geral, a finalidade é otimizar a banda ocupada total para minimizar investimentos de implementação de rede. Foram desenvolvidos algoritmos de cálculo para este fim para otimizar a carga da sub-rede e reduzir a ocupação da banda. A demanda de tráfego a ser portada pela rede precisa ser inteiramente definida com antecedência para que esses algoritmos teóricos funcionem, o que, na prática, é impossível.

[008] Por exemplo, um algoritmo de otimização de roteamento para sub-redes de anel SONET/SDH é descrito na publicação HU-GON KIM, DONG-WAN TCHA, Optimal Load Balancing on Sonet Bidirectional Rings, Dankook University, julho de 1996.

[009] O algoritmo descrito nesta publicação é muito útil para calcular a distribuição ótima de fluxos, dada uma demanda conhecida, por exemplo, para programar uma nova sub-rede de anel. Por outro lado, o maior problema a ser defrontado quando da otimização de uma sub-rede que já é operacional em termos de banda ocupada, é como mudar a configuração do circuito para implementar a configuração otimizada sem interromper o serviço, com efeitos mínimos percebidos pelos clientes.

[0010] Os fluxos são muitas vezes deselegantes e irregulares em uma sub-rede que vem trabalhando por algum tempo devido a mudanças na alocação do fluxo que ocorrem inevitavelmente no decurso do tempo. Por exemplo, os fluxos alocados são liberados e "hiatos" no mapa de alocação de intervalos são formados quando os recursos alocados a um cliente são liberados após o cancelamento de contratos. Esses hiatos são muitas vezes empregados para fluxos menores e hiatos ainda menores são criados, que são ainda mais difíceis de usar no futuro. Este efeito a médio termo piora progressivamente a proporção entre a banda efetivamente ocupada por dados na sub-rede e a banda total disponível da sub-rede, tornando a configuração de novos fluxos na sub-rede efetivamente impossível.

[0011] Procedimentos para a realocação temporária ou definitiva dos intervalos de tempo em uma rede TDM também

são conhecidos, por exemplo, o procedimento ilustrado no documento WO 97/36402.

[0012] Apesar de referir-se a uma rede comutada, esta patente descreve um procedimento para deslocar um ou mais intervalos de tempo de um nó primário para um nó temporário e então realocar os intervalos de tempo de volta para o nó primário. Este procedimento é utilizado para lidar com a solicitação inesperada de recursos no nó primário por um ou mais clientes e é utilizado para alocar temporariamente alguns intervalos de tempo para um nó secundário adjacente. O documento mostra como é possível trabalhar na alocação de intervalos de tempo, ao deslocá-los e intercambiá-los, sem incorrer interrupções excessivas para os clientes.

[0013] O objeto desta invenção é propor um procedimento para lidar com o problema de como otimizar a banda ocupada por uma pluralidade de fluxos de dados de circuito em uma sub-rede de transporte enquanto mantém a rede funcionando e causando interrupções mínimas possíveis aos clientes para cada fluxo singular.

[0014] Este e outros objetivos são obtidos por meio de um procedimento de otimização e dispositivo de gerenciamento correspondente conforme ilustrado nas reivindicações apensas.

SINOPSE DA INVENÇÃO

[0015] Como vantagem, de acordo com a invenção, um procedimento de ordenação de fluxo é aplicado para reduzir a banda ocupada e liberar uma pluralidade de intervalos de tempo, que de outra forma seriam ocupados, para novos clientes.

[0016] Desta forma, quando uma sub-rede está aparentemente saturada porque não há espaço para alocar um novo fluxo de dados, o procedimento aqui descrito poderá ser aplicado para otimizar a banda ocupada pelos fluxos atuais e possivelmente ordenar a sub-rede para criar espaço para os novos fluxos. O resultado é um procedimento para otimizar a banda empregada pelos fluxos configurados na sub-rede que preserva as qualidades teóricas de um algoritmo de roteamento ótimo que combina a possibilidade de minimizar o número de operações necessárias para atingir esta condição.

DESCRIÇÃO SUCINTA DOS DESENHOS

[0017] Características e vantagens adicionais da invenção em sua forma preferida de versão serão agora descritas, apenas por meio de exemplo, com referência aos desenhos anexos, em que:

A Figura 1 é um diagrama lógico de uma sub-rede de transporte de anel;

A Figura 2a é uma tabela que ilustra esquematicamente uma situação de fluxo inicial (não otimizado) em uma sub-rede de anel;

A Figura 2b é uma tabela que ilustra esquematicamente a distribuição teórica dos fluxos na sub-rede de anel da Figura 2a, após aplicar um algoritmo de roteamento teórico;

A Figura 2c é uma tabela que ilustra esquematicamente a distribuição final dos fluxos na sub-rede de anel da Figura 2a, após aplicar o procedimento de ordenação de acordo com a invenção;

As Figuras 3, 4 e 5 ilustram esquematicamente como o procedimento de ordenação de acordo com a invenção é aplicado, por exemplo, em uma sub-rede simplificada;

A Figura 6 ilustra algumas etapas no procedimento de ordenação referido ao exemplo de sub-rede simplificada mostrado na Figura 3.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS VERSÕES PREFERIDAS

[0018] A descrição detalhada seguinte ilustra um procedimento de ordenação de fluxo em uma sub-rede de anel de rede de transporte que porta fluxos de dados de circuito. A sub-rede é mostrada esquematicamente como um conjunto de intervalos (que são intervalos de tempo, espacial, de frequência ou de comprimento de onda entre pares de sítios vinculados). Especificamente, o procedimento ilustrado pode ser aplicado ao ordenamento de redes do tipo SDH/SONET (Multiplexação de Divisão por Tempo) e redes do tipo WDM (Multiplexação de Divisão por Frequência). O termo "intervalo" será utilizado para indicar "intervalos de tempo" no caso de redes SDH/SONET e "intervalos λ" no caso de redes WDM.

[0019] De modo similar, a invenção pode ser aplicada a redes em que a multiplexação do fluxo de dados é obtida através quer de divisão por espaço (SDM, Multiplexação de Divisão por Espaço) ou divisão por frequência (FDM, Multiplexação de Divisão Por Frequência), em cujo caso o termo "intervalo" será associado a intervalos de espaço e de frequência, respectivamente.

[0020] A sub-rede de anel poderá implementar a tecnologia MS-SPRing (OMS-SPRing para redes WDM). O procedimento poderá ser aplicado em geral a qualquer sub-

rede que também poderá não ser estruturada em anel (por exemplo, topologias de malha ou mista de malha-anel); os fluxos poderão ser protegidos ou não.

[0021] Com referência à Figura 1, um exemplo de sub-rede na qual aplica-se a invenção é um anel que consiste essencialmente de seis nós, geograficamente colocados em seis locais diferentes denominados X1, X2, X3, X4, X5, X6 na figura, conectados reciprocamente por fibras ópticas ou outro meio de transmissão 9.

[0022] O diagrama lógico do anel mostrado na Figura 1 consiste de uma matriz de intervalos (como aquela mostrada nas Figuras 2a, 2b e 2c) em que as linhas indicam intervalos multiplexados (por exemplo, de 1 a 16) de acordo com o protocolo de transmissão em particular e as colunas 6 indicam os intervalos com o mesmo índice de transmissão que pode ser explorado para configurar os circuitos (conjuntos de intervalos com o mesmo código numérico) entre os vários locais atingidos pelo anel.

[0023] Os fluxos são identificados dentro da tabela por um índice de referência, isto é, um número gravado dentro de cada uma das caixas alocadas a um certo fluxo. Por exemplo, as caixas 7a e 7b são alocadas ao fluxo 9 que ocupa o conjunto de intervalos 9 nas seções X6-X1 e X1-X2, enquanto as caixas 8a e 8b são alocadas ao fluxo 15 que ocupa o conjunto de intervalos 16 nas seções X1-X2 e X2-X3.

[0024] É imediatamente aparente que os fluxos na rede de anel na Figura 2a são distribuídos deselegantemente e ocupam parcialmente todos os dezesseis conjuntos de intervalos 6. Os 16 conjuntos de intervalos ocupados pelos fluxos formam um total de 16*6=96 intervalos disponíveis,

dos quais até 44 permanecem "livres" entre fluxos (caixas em branco na tabela). Isto significa que apesar de estar todo engajado, apenas 54% dos intervalos 6 no anel são efetivamente ocupados; a utilização da sub-rede, portanto, não é muito eficiente e a colocação de novos fluxos no anel poderá ser difícil, se não impossível.

[0025] A banda ocupada pelos fluxos atualmente alocados pode ser reduzida e um certo número de conjuntos de intervalos poderá ser liberado inteiramente, como está ilustrado em detalhe abaixo, ao aplicar um procedimento de ordenamento de fluxo aos conjuntos de intervalos nas condições iniciais da sub-rede conforme mostrada na Figura 2a.

[0026] O procedimento de ordenação de fluxo tem por base essencialmente a seguinte sequência de operações:

- Calcular o roteamento de fluxo ótimo teórico com o objetivo de minimizar "hiatos" (processo de otimização da banda) para obter a configuração ilustrada, por exemplo, na Figura 2b, começando do enchimento instantâneo de dados de uma sub-rede de anel. O algoritmo de otimização teórico para otimizar o tráfego em condições de demanda conhecida é utilizado para obter este resultado, por exemplo, o algoritmo descrito na mencionada publicação GON KIM, DONG-WAN TCHA, Optimal Load Balancing on Sonet Bidirectional Rings, Dankook University, julho de 1996.

- Comparar os dados originais e a condição teórica calculada na etapa anterior para definir uma sequência de transição ótima e obter uma condição final ótima com a restrição de minimizar o número de variações na posição do fluxo.

[0027] O procedimento aqui determina uma sequência de deslocamento que minimiza a utilização de conjuntos de intervalos externos ao anel e reduz, quando possível, o número de deslocamentos de cada fluxo.

[0028] Por exemplo, não seria um problema se o conjunto de intervalos de destino de um único fluxo, denominado A, por exemplo, fosse livre; por outro lado, se o intervalo de destino também estivesse apenas parcialmente engajado por outro fluxo, denominado B, B teria de ser deslocado antes de A e assim por diante. Pode ser formada uma ordem ao varrer os fluxos no anel. O processo de deslocamento poderá prosseguir sem erros, um fluxo de cada vez, ao respeitar a ordem.

[0029] O intervalo só precisará ser deslocado temporariamente em um conjunto de intervalos sobressalente (interno ou externo ao anel), quando a ordem tornar-se um laço, por exemplo, A>B>C>A; todos os demais fluxos serão deslocados e finalmente o fluxo deslocado sobre o intervalo sobressalente será deslocado de volta em seu destino.

[0030] Um conjunto de intervalos sobressalente pode ser um conjunto de intervalos livres na mesma sub-rede ou um conjuntos de intervalos localizados em sistemas diferentes que partilham a mesma infra-estrutura, cabo ou sítio de instalação. Durante esta fase, um ou mais fluxos poderão necessitar serem re-roteados temporariamente fora da sub-rede e deslocados de volta para dentro do anel. No entanto, é mais barato ordenar os fluxos no anel sem deslocar temporariamente sobre outros anéis ou alternativamente para minimizar esses deslocamentos.

[0031] Analisaremos agora o procedimento de ordenação etapa a etapa.

[0032] A primeira etapa no procedimento consiste em calcular uma configuração de fluxo teórico ótimo para a banda ocupada por meio do algoritmo de roteamento de fluxo ótimo teórico. Esta configuração é ilustrada na Figura 2b, que mostra claramente que todos os fluxos alocados anteriormente no anel foram "compactados" dentro dos primeiros nove conjuntos de intervalos da sub-rede e os últimos sete estão inteiramente livres. O critério de roteamento foi modificado para alguns fluxos, por exemplo, o fluxo 1 e o fluxo 10, de mínimo para complementar ou vice versa, para ocupar alguns intervalos que não poderiam de outra forma serem empregados.

[0033] Os nove conjuntos de intervalos ocupados pelos fluxos contêm um total de 9*6=54 intervalos, dos quais apenas 8 estão "livres" entre fluxos (caixas em branco na tabela). Isto significa que até 85% dos intervalos estão efetivamente ocupados.

[0034] A segunda etapa consiste no intercâmbio dos conjuntos de intervalos na configuração de fluxo teórico mostrada na Figura 2b e calculada na etapa anterior para obter uma nova disposição do conjunto de intervalos em que o número de fluxos é maximizado e cuja posição corresponde à posição assumida pelos fluxos na configuração inicial da Figura 2a. O resultado desses intercâmbios é ilustrado na tabela na Figura 2c e também é o objetivo final do procedimento de ordenação.

[0035] A configuração mostrada na Figura 2c é equivalente, no que se relaciona com a banda ocupada, à

configuração na Figura 2b. Os fluxos são distribuídos por 8 conjuntos de intervalos contendo um total de 9*6=54 intervalos. Assim, neste caso, apenas 8 intervalos permanecem "livres" entre fluxos (caixas em branco na tabela) e 85% dos intervalos está efetivamente ocupada pelos fluxos.

[0036] Para melhor compreender as etapas do procedimento de ordenação, consideraremos agora uma sub-rede muito simplificada (por exemplo, ilustrada na Figura 3). A tabela na Figura 3 contém cinco linhas, correspondendo, por exemplo, às cinco seções de um anel, e seis colunas correspondentes a seis conjuntos de intervalos. Este exemplo é fornecido apenas para ilustrar como os conjuntos de intervalos são intercambiados e os fluxos são deslocados.

[0037] Suporemos agora que a configuração ilustrada na Figura 4 é obtida ao aplicar um algoritmo de roteamento de fluxo ótimo teórico, correspondente à primeira etapa no procedimento.

[0038] A configuração mostrada na Figura 5, em que todos os conjuntos de intervalos na tabela da Figura 4 foram intercambiados de acordo com um conjunto de regras que será descrito abaixo, é obtido pela aplicação da segunda etapa.

[0039] Especificamente, a segunda etapa consiste das fases seguintes:

a) Criar uma primeira tabela em que cada linha mostra, para cada fluxo cuja posição difere da configuração de fluxo teórico inicial, um índice de referência associado ao dito fluxo e um par de valores que indicam o conjunto de

intervalos de origem e o conjunto de intervalos de destino, respectivamente.

Por exemplo, para o fluxo F, a cadeia "F (5, 1)", que significa que o fluxo F possui o conjunto de intervalos 5 como origem (Figura 3), e o conjunto de intervalos 1 como destino (Figura 4), será gravado em uma primeira linha da tabela. A cadeia "D (1, 2)" será utilizada para o fluxo D, e assim por diante para todos os demais fluxos cuja posição muda.

b) Criar uma lista mostrando todos os pares de valores presentes pelo menos uma vez na dita primeira tabela, ordenando (por ordem decrescente) os ditos pares de valores de acordo com o número de vezes que cada par aparece na dita primeira tabela.

Os deslocamentos mais frequentes estarão visíveis no caminho.

c) Intercambiar os conjuntos de intervalos correspondentes aos valores indicados pelo primeiro par na dita lista do topo e apagar o primeiro par e todos os demais pares da lista em que ou um ou o outro dos valores contidos no primeiro par ocorram.

d) Repetir a etapa c) até todos os pares na lista estarem terminados.

As etapas de intervalo são intercambiadas durante essas duas últimas fases iniciando daqueles que correspondem aos deslocamentos mais frequentes.

A terceira etapa no procedimento consiste em definir e efetuar uma sequência de deslocamento mínima relativa aos fluxos singulares necessários para deslocar cada fluxo singular de uma posição inicial ocupada na configuração de

fluxo inicial (Figura 3) para uma posição final (Figura 5) correspondente à posição mostrada pelo fluxo na disposição do conjunto de intervalos ótimo. As operações efetuadas nesta terceira etapa, referidas ao caso simplificado ilustrado nas Figuras de 4 a 6, são resumidas na Figura 6, à qual referência é feita abaixo.

São necessárias as operações seguintes para implementar a terceira etapa:

e) criar uma segunda tabela mostrando a interdependência de fluxo.

Ver a tabela 10a na Figura 6.

f) Selecionar um primeiro fluxo dentre aqueles que precisam ser deslocados.

Tomaremos o fluxo A como um exemplo.

g) Acrescentar um número de linhas igual ao número de fluxos que ocupam a posição final do dito fluxo (também parcialmente) na tabela 10a para o fluxo A selecionado e gravar um par de índices de referência em cada linha indicando o fluxo selecionado e o fluxo que ocupa a posição final, respectivamente, ou, se a dita posição final estiver livre, um par de índices de referência em que o primeiro índice indica o fluxo selecionado e o segundo índice mostra convencionalmente que a posição final está livre.

No exemplo mostrado, considerando inicialmente o fluxo A, por exemplo, o par (A, C) foi gravado na tabela porque o fluxo A precisa ser deslocado antes do fluxo C.

h) Repetir a etapa g) selecionando recursivamente um por um dos fluxos que ocupam a posição final do fluxo selecionado anteriormente até que tal posição final ou está livre ou ocupada por um fluxo selecionado anteriormente.

O par (C, B), portanto, é gravado na tabela 10a indicando que o fluxo C requer a precedência do fluxo B e finalmente (B, A) porque o fluxo B requer a precedência do fluxo A.

i) Conferir na segunda tabela a presença de dependência circular entre dois ou mais fluxos; se tal ocorrência estiver presente, começar a deslocar um dos fluxos na dependência circular sobre um conjunto de intervalos sobressalente livre e para todos os pares na segunda tabela tendo como o valor indicativo da posição final do fluxo o índice dos fluxos deslocados, substituir o índice com um valor indicativo convencionalmente de que a posição final está livre, por exemplo, 0 (zero).

Uma dependência circular está presente (A, C) – (C, B) – (B, A) na tabela 10a. Consequentemente, o fluxo A é deslocado sobre um conjunto de intervalos sobressalente (esta operação é indicada pela referência 20a na Figura 6) e a tabela 10a é atualizada. O resultado é a tabela 10b em que o fluxo A é substituído por 0 convencionalmente indicativo de que a posição final do fluxo B está agora livre.

j) Pesquisar a segunda tabela por pares cujo índice corresponde ao valor convencional (zero) mostrando que a posição final está livre e prosseguir para cada um dos pares deslocando o fluxo correspondente sobre a posição final correspondente e apagando a linha correspondente ao dito par da tabela; para todos os pares na segunda tabela cujo valor de identificação de fluxo de posição final corresponde ao índice de identificação do dito fluxo

deslocado, substituir o dito índice com um valor 0 indicando convencionalmente que a posição final está livre.

A operação indicada pela referência 20b na Figura 6, portanto, é efetuada, deslocando o fluxo B do intervalo de tempo 3 para o intervalo de tempo 1 e atualizando a tabela com o apagar da linha (B, 0) e mudando o par (C, B) para (C, 0), ver a tabela 10c.

k) Repetir as etapas i) e j) até a dita segunda tabela estar vazia.

[0040] Esta operação implica o deslocamento do fluxo C do intervalo de tempo 5 para o intervalo de tempo 3, ver a operação 20c na Figura 6, atualizar a tabela ao apagar a linha (C, 0) e mudar o par (A, C) para (A, 0), ver a tabela 10d, e finalmente deslocar o fluxo A do intervalo de tempo sobressalente para a posição final, isto é, o intervalo de tempo 5, operação 20d.

[0041] Neste ponto, a tabela de ordem 10e estará vazia e a operação seguinte pode ser iniciada.

1) Selecionar um novo fluxo dentre aqueles que precisam ser deslocados e repetir a etapa g) e as etapas seguintes.

[0042] Neste ponto do procedimento, no exemplo simplificado, os fluxos foram todos deslocados e a configuração final mostrada na Figura 5 foi atingida.

[0043] É importante observar que o procedimento de ordenação descrito anteriormente com referência a uma sub-rede de anel precisa seguir uma avaliação preliminar dos dados fornecida na documentação. A avaliação precisa ser repetida empregando os dados pontuais fornecidos pelo

gerente de rede responsável pelas conexões cruzadas físicas para implementação.

[0044] Definir se é possível ordenar fisicamente os fluxos e consequentemente planejar a sequência de transições para minimizar o número, só será possível após esta nova avaliação.

[0045] Em termos operativos, o procedimento de ordenação é implementado por um dispositivo para o gerenciamento de centralização da rede de transporte que suporta e interage de perto com o gerente de rede conforme explicado abaixo com referência especial a uma sub-rede de anel a que implementa a tecnologia MS-SPRing.

[0046] No caso de uma sub-rede de anel que implementa a tecnologia MS-SPRing, o procedimento descrito anteriormente pode ser implementado, por exemplo, ao sobrepor uma proteção SNCP empregando alguns dos intervalos de tempo anteriormente liberados.

[0047] Este procedimento envolve o roteamento de ramos de proteção SNCP sobre intervalos de tempo livres no anel. Consequentemente, dois ou três intervalos de tempo poderão precisar ser liberados preventivamente antes de iniciar o procedimento. Ademais, antes de iniciar o procedimento, não poderá haver alarmes no anel que causem a comutação da proteção MS-SPRing.

[0048] As etapas necessárias para implementar o método são listadas abaixo:

1) Rotear e ativar o fluxo do ramo de proteção SNCP conforme mostrado no procedimento de migração pelo gerente de rede.

2) Sobrepor o intercâmbio de proteção SNCP por meio do sistema de gerenciamento.

3) Desativar o fluxo do ramo de proteção e remover o roteamento.

[0049] O ramo de proteção SNCP é roteado sobre as mesmas seções multiplexadas do ramo de trabalho mas em um AU4 (Nível de Unidade Administrativa 4) diferente.

[0050] Adicionalmente, essas operações precisam ser efetuadas em todos os fluxos no anel envolvido no algoritmo de ordenação anterior (eles podem ser processados várias vezes no mesmo fluxo).

[0051] O método requer 25 a 40 deslocamentos em um anel inteiramente carregado. A proteção MS-SPRing pode ser ativada para toda a duração da migração (a confiabilidade do fluxo não é afetada).

[0052] Pelo menos 2 a 3 intervalos de tempo precisam ser liberados em toda a ferramenta para efetuar a sequência de intercâmbio. Consequentemente, ou o procedimento de ordenação é efetuado antes do anel terminar ou alguns fluxos são deslocados temporariamente.

[0053] A economia de banda resultante está na faixa de 20% da estrutura instalada. Os resultados pontuais dos casos tomados em consideração durante as fases experimentais mostram que picos de 40% podem ser obtidos de acordo com o tipo de tráfego no anel (tráfego em diretivas, equilibrado, diagonal, desequilibrado).

[0054] O "projeto" pontual da operação de ordenação é necessário para aplicar o procedimento de acordo com a configuração real dos fluxos no anel; isto protege o nível

de qualidade/confiabilidade dos fluxos relacionados pela operação de ordenação.

[0055] O procedimento de acordo com a presente invenção pode ser implementado como um programa de computador que compreende meio de código de programa de computador adaptado para processar em um computador. Tal programa de computador pode ser incorporado em um meio lido por computador.

REIVINDICAÇÕES

1. Procedimento para otimizar a banda ocupada por uma pluralidade de fluxos de dados de circuito (7, 8, ...) localizados, de acordo com uma configuração inicial, em uma pluralidade de conjuntos de intervalos (6) de uma rede de transporte, pela ordenação dos ditos fluxos dentro dos mesmos conjuntos de intervalos, sendo o procedimento, caracterizado pelo fato de compreender as etapas seguintes:

calcular, com um algoritmo de rotina de fluxo ótimo teórico, uma configuração teórica dos fluxos contidos na dita configuração inicial, que é otimizada em relação à banda ocupada;

intercambiar os conjuntos de intervalos (6) da dita configuração de fluxo teórico para obter uma disposição ótima dos ditos conjuntos de intervalos, em que o número de fluxos cuja posição corresponde à posição assumida pelos mesmos fluxos na dita configuração inicial é maximizada;

definir uma sequência de deslocamento mínimo de fluxos singulares necessários para deslocar cada fluxo singular de uma posição inicial ocupada na dita configuração de fluxo inicial para uma posição final que corresponde à posição assumida pelo mesmo fluxo na dita disposição de conjunto de intervalos ótima (6);

implementar a dita sequência de deslocamento mínima de fluxos singulares, assim obtendo uma configuração de fluxo com uma ocupação de banda equivalente à dita configuração de fluxo teórica.

2. Procedimento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a dita fase de intercâmbio entre os conjuntos de intervalos (6) ser implementada com as

etapas seguintes:

a) criar uma primeira tabela em que cada linha fornece, para cada fluxo cuja posição na configuração de fluxo teórico difere da posição de configuração inicial, um índice de referência associado ao dito fluxo e um par de valores que indicam o conjunto de intervalos de origem e o conjunto de intervalos de destino, respectivamente;

b) criar uma lista de todos os pares de valores presentes pelo menos uma vez na dita primeira tabela, ordenando por ordem decrescente os ditos pares de valores de acordo com o número de vezes que cada par aparece na dita primeira tabela;

c) intercambiar os conjuntos de intervalos (6) que correspondem aos valores indicados pelo primeiro par na dita lista do topo, e apagar da lista o dito primeiro par e todos os demais pares em que ou um ou o outro dos valores contidos no dito primeiro par aparecerem;

d) repetir a etapa c) até todos os pares na dita lista estarem terminados.

3. Procedimento, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de a dita rede de transporte incluir pelo menos um conjunto de intervalos sobressalentes normalmente desocupados por um fluxo, e em que as ditas fases que definem uma sequência de deslocamento mínima dos fluxos singulares, e que implementam a dita sequência, são implementadas com as etapas seguintes:

e) criar uma segunda tabela (10), que mostra a interdependência dos fluxos;

f) selecionar um primeiro fluxo dentre aqueles que precisam ser deslocados;

g) acrescentar na dita segunda tabela (10), para o dito fluxo selecionado, um número de linhas igual ao número de fluxos que ocupam, mesmo parcialmente, a posição final do dito fluxo selecionado, gravando um par de índices de referência que mostram o fluxo selecionado e o fluxo que ocupa a posição final em cada uma das ditas linhas, ou no evento de a dita posição final estar livre, um par de índices de referência em que o primeiro índice indica o fluxo selecionado e um segundo índice mostra convencionalmente que a posição final está livre (0);

h) repetir a etapa g) selecionando os fluxos que ocupam a posição final do fluxo selecionado anteriormente, um de cada vez e recursivamente, até essa posição final estar livre ou ser ocupada por um fluxo que já foi anteriormente selecionado;

i) verificar na dita segunda tabela a presença de uma dependência circular entre dois ou mais fluxos, se tal ocorrência estiver presente, começar a deslocar um dos fluxos na dita dependência circular sobre um conjunto de intervalos sobressalentes livre e para todos os pares na dita segunda tabela tendo como um valor indicativo da posição final do fluxo o índice indicativo do dito fluxo deslocado, substituir o dito índice com um valor (0) indicador convencionalmente de que a posição final está livre;

j) pesquisar dentro da dita segunda tabela por pares tendo como índice indicativo da posição final do fluxo o dito valor convencional (0) que indica que a posição final está livre, e prosseguir, para cada um dos ditos pares pelo deslocamento do fluxo correspondente sobre a posição final

correspondente e apagar a linha que corresponde ao dito par da mesma tabela; para todos os pares da dita segunda tabela tendo como o valor indicativo da posição final do fluxo o índice indicativo do dito fluxo deslocado, substituir o dito índice com um valor (0) que indica convencionalmente que a posição final está livre;

k) repetir as etapas i) e j) até a dita segunda tabela estar vazia;

l) selecionar um novo fluxo dentre aqueles que precisam ser deslocados e repetir a etapa g) e as etapas seguintes.

4. Procedimento, de acordo com as reivindicações 1, 2 e 3, caracterizado pelo fato de os ditos conjuntos de intervalos (6) em que os ditos fluxos são inicialmente colocados serem conjuntos de intervalos de uma primeira sub-rede da dita rede de transporte.

5. Procedimento, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de os ditos conjuntos de intervalos sobressalentes serem conjuntos de intervalos de uma segunda sub-rede da dita rede de transporte.

6. Procedimento, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de a dita primeira sub-rede e a dita segunda sub-rede serem redes de anel.

7. Procedimento, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores 1 a 6, caracterizado pelo fato de a dita rede de transporte ser uma rede do tipo SDH ou SONET e os ditos intervalos serem intervalos de tempo.

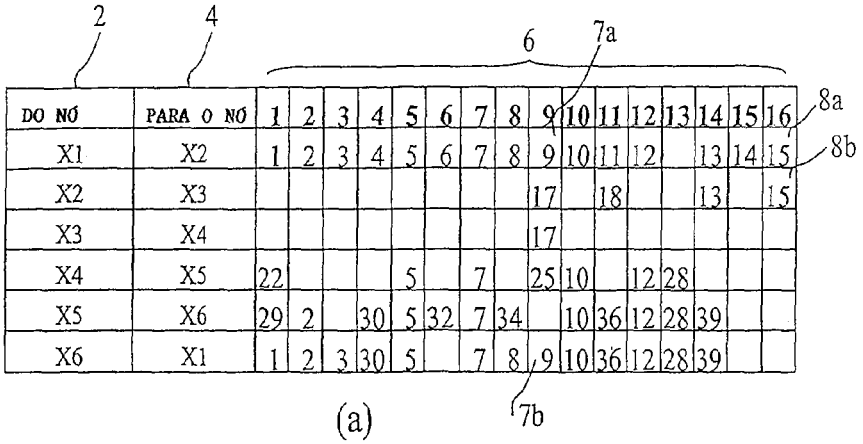
8. Procedimento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de a dita rede de transporte ser uma rede do tipo WDM e os ditos

intervalos serem intervalos λ, isto é, comprimentos de onda.

9. Procedimento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de a dita rede de transporte ser uma rede do tipo SDM e os ditos intervalos serem intervalos de espaço.

10. Procedimento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de a dita rede de transporte ser uma rede do tipo FDM e os ditos intervalos serem intervalos de frequência.

11. Dispositivo para o gerenciamento centralizado de uma rede de transporte, em que os ditos dados estão dispostos em fluxos de dados de circuito colocados em uma pluralidade de conjuntos de intervalos (6), incluindo um sistema para ordenar os ditos fluxos dentro dos ditos conjuntos de intervalos, caracterizado pelo fato de o dito sistema utilizar um procedimento para otimizar a banda de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores.



DO NÓ	PARA O NÓ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
X1	X2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13	14	15
X2	X3									17		18			13		15
X3	X4									17							
X4	X5	22				5		7		25	10		12	28			
X5	X6	29	2		30	5	32	7	34		10	36	12	28	39		
X6	X1	1	2	3	30	5		7	8	9	10	36	12	28	39		

(a)

DO NÓ	PARA O NÓ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
X1	X2	13	15	4	6	11	14	3	8	9							
X2	X3	13	15	5	7	1	10	12	17	18							
X3	X4			5	7	1	10	12	17	2							
X4	X5	22	25		28	1				2							
X5	X6	30	36	39	28	1	29	32	34	2							
X6	X1	30	36	39	28			3	8	9							

(b)

DO NÓ	PARA O NÓ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
X1	X2	13	9	3	14	11	6	4	8	15							
X2	X3	13	18	12	10	1	7	5	17	15							
X3	X4		2	12	10	1	7	5	17								
X4	X5	22	2			1	28			25							
X5	X6	30	2	32	29	1	28	39	34	36							
X6	X1	30	9	3			28	39	8	36							

(c)

Fig. 2

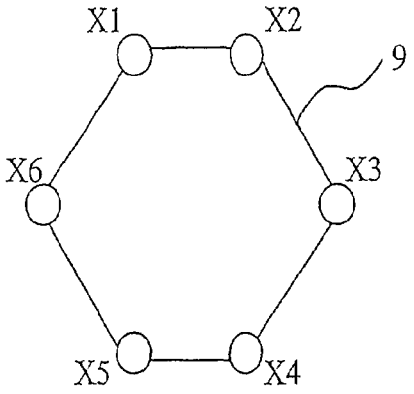


Fig. 1

1	2	3	4	5	6
D		E		F	
D		E		F	
A		B		C	
		B			

Fig. 3

1	2	3	4	5	6
F	D		E		
F	D		E		
A	B		C		
	B				

Fig. 4

1	2	3	4	5	6
D		E		F	
D		E		F	
B		C		A	
B					

Fig. 5

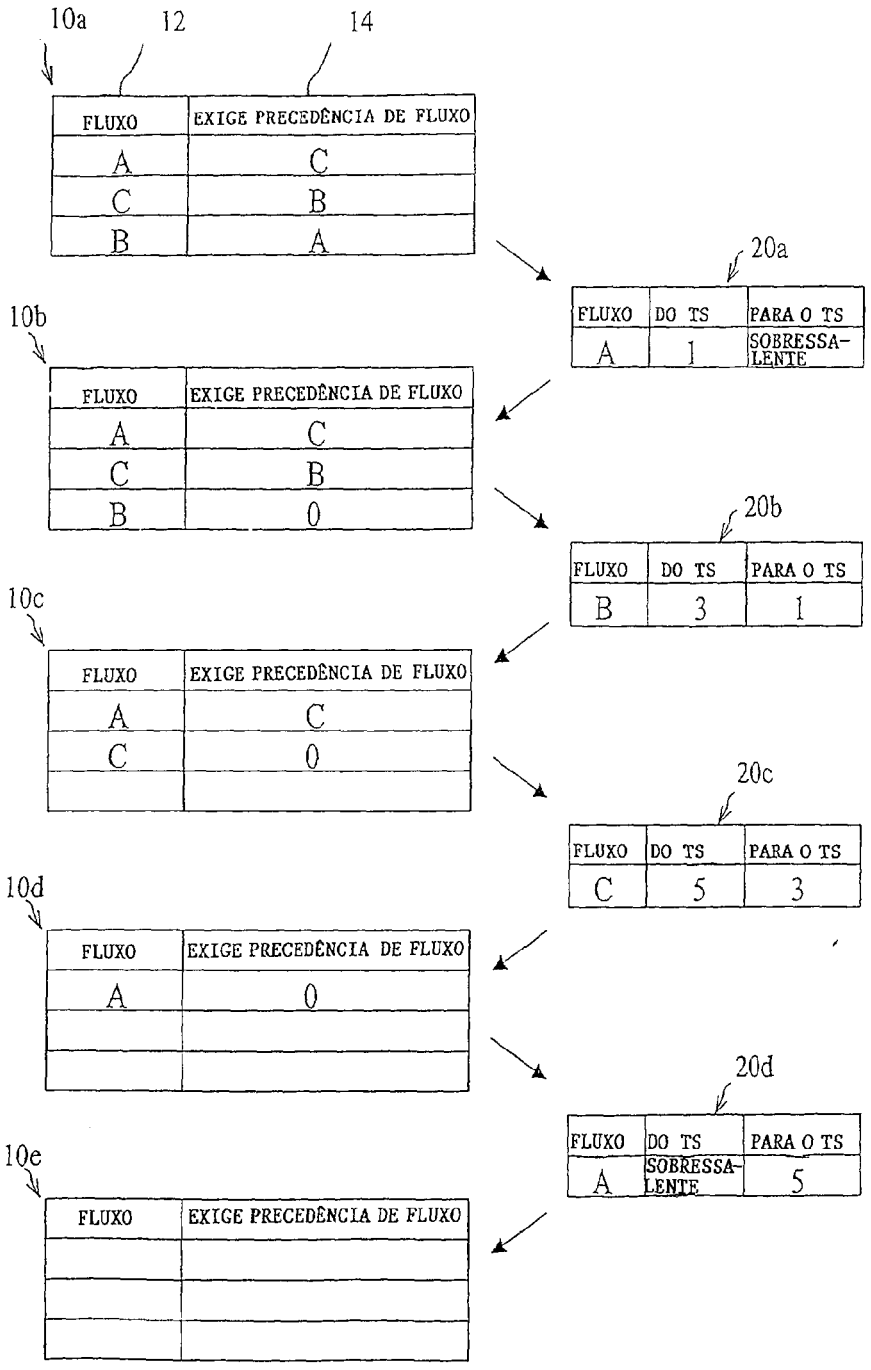

10a
12
14
FLUXO
EXIGE PRECEDÊNCIA DE FLUXO
A
C
C
B
B
A
20a
FLUXO
DO TS
PARA O TS
A
1
SOBRESSA-LENTE
10b
FLUXO
EXIGE PRECEDÊNCIA DE FLUXO
A
C
C
B
B
0
20b
FLUXO
DO TS
PARA O TS
B
3
1
10c
FLUXO
EXIGE PRECEDÊNCIA DE FLUXO
A
C
C
0
20c
FLUXO
DO TS
PARA O TS
C
5
3
10d
FLUXO
EXIGE PRECEDÊNCIA DE FLUXO
A
0
20d
FLUXO
DO TS
PARA O TS
A
SOBRESSA-LENTE
5
10e
FLUXO
EXIGE PRECEDÊNCIA DE FLUXO

Fig. 6