



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112016012877-0 B1



(22) Data do Depósito: 17/12/2013

(45) Data de Concessão: 30/08/2022

(54) Título: MÉTODO PARA REALIZAR UMA MEDIÇÃO DE TEMPO EM UM FLUXO DE PACOTE, MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO, E, NÓ PARA UMA REDE DE COMUNICAÇÃO

(51) Int.Cl.: H04L 12/26.

(52) CPC: H04L 43/022; H04L 43/0858; H04L 43/106.

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

(72) Inventor(es): MAURO COCIGLIO.

(86) Pedido PCT: PCT EP2013076892 de 17/12/2013

(87) Publicação PCT: WO 2015/090364 de 25/06/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 06/06/2016

(57) Resumo: MÉTODO PARA REALIZAR UMA MEDIÇÃO DE TEMPO EM UM FLUXO DE PACOTE, NÓ PARA UMA REDE DE COMUNICAÇÃO, REDE DE COMUNICAÇÃO, E, PRODUTO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR É descrito um método para realizar uma medição de tempo em um fluxo de pacote transmitido através de uma rede de comunicação. O nó transmissor divide os pacotes em primeiro e segundos pacotes transmitidos em períodos alternados. Em cada período, o nó transmissor também marca cada pacote pela definição de uma característica do mesmo em um primeiro valor que indica que o pacote deve passar por medição de tempo ou um segundo valor que indica que o pacote não deve passar por medição de tempo. Os tempos de transmissão de dois pacotes marcados pelo primeiro valor são reciprocamente atrasados em um tempo intertransmissões predefinido mais curto do que uma duração do período. Para cada pacote marcado pelo primeiro valor, o nó transmissor gera um registro de tempo de transmissão e o nó receptor gera um registro de tempo de recepção. Então, depois do final de cada período, uma medição de tempo é realizada com base nos registros de tempo de transmissão e de recepção de pacotes marca dos pelo primeiro valor transmitido durante (...).

“MÉTODO PARA REALIZAR UMA MEDIÇÃO DE TEMPO EM UM FLUXO DE PACOTE, MEIO LEGÍVEL POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIO, E, NÓ PARA UMA REDE DE COMUNICAÇÃO”

Campo

[001] A presente invenção refere-se ao campo de redes de comunicação. Em particular, a presente invenção refere-se a um método para realizar uma medição de tempo (em particular, uma medição de atraso e/ou uma medição de instabilidade) de um fluxo de dados (em particular, um fluxo de pacote) transmitido entre dois pontos de medição em uma rede de comunicação de comutação de pacotes. Adicionalmente, a presente invenção refere-se a nós e a computadores para rede de comunicação configurados para implementar um método como este, e a redes de computador que compreendem tais nós e computadores.

Fundamentos da Técnica

[002] Em uma rede de comunicação de comutação de pacotes, dados são transmitidos na forma de pacotes que são roteados de um nó de origem para um nó de destino através de possíveis nós intermediários. Redes de comutação de pacote exemplares são redes IP (Protocolo da Internet), redes Ethernet e redes MPLS (Comutação de Rótulos em Múltiplos Protocolos) redes.

[003] Pacotes nem sempre alcançam o nó de destino, isto é, eles podem ser perdidos durante a transmissão através da rede. Perda de pacotes é devida a diferentes motivos. Por exemplo, um nó ou uma ligação podem falhar, ou pacotes podem ser descartados por um nó devido a um congestionamento de suas portas. Além disto, pacotes podem ser descartados por um nó, já que eles contêm erros de bit. Em qualquer caso, durante a provisão de um serviço pela transmissão de dados através de uma rede de comutação de pacote, a taxa de pacotes perdidos durante a transmissão afeta a

qualidade de serviço (QoS) deste serviço.

[004] Além disto, um pacote é transmitido em um tempo de transmissão pelo nó de origem e é recebido em um tempo de recepção pelo nó de destino. O tempo que decorre entre o tempo de transmissão e o tempo de recepção é tipicamente chamado de "atraso unidirecional". O atraso unidirecional de um pacote depende principalmente do número de possíveis nós intermediários cruzados pelo pacote da origem até o destino, o tempo de permanência do pacote em cada nó e o tempo de propagação ao longo das ligações. Já que os pacotes são roteados salto a salto por cada nó, tanto o número de possíveis nós intermediários cruzados por pacotes quanto o tempo de permanência de pacotes em cada nó são imprevisíveis. Desta maneira, o atraso unidirecional de um pacote é quase imprevisível.

[005] Além disto, pacotes de um mesmo fluxo de pacote podem ter diferentes atrasos unidirecionais. A diferença entre os atrasos unidirecionais de dois pacotes de um mesmo fluxo de dados é chamado de "instabilidade interchegadas" (ou, em resumo, "instabilidade").

[006] Quando um serviço de comunicação (em particular, um serviço de voz ou de dados em tempo real, tais como chamada, chamada de conferência, videoconferência, etc.) for provido por meio de uma rede de comutação de pacote, uma medição de perda de pacote, atraso unidirecional e instabilidade que afetam o fluxo de pacote que conduz o serviço provê uma indicação da qualidade de serviço (QoS) percebida pelos usuários finais do serviço. Portanto, a medição da perda de pacote, do atraso unidirecional e/ou da instabilidade de fluxos de pacote em uma rede de comunicação é de interesse em particular para operadores de rede.

[007] WO 2010/072251 (em nome do mesmo Requerente) descreve um método para medir perda de dados de um fluxo de dados transmitido através de uma rede de comunicação de um nó transmissor para um nó receptor. Antes de transmitir as unidades de dados do fluxo de dados, o nó

transmissor marca cada unidade de dados para dividir o fluxo de dados em blocos. Em particular, o nó transmissor marca cada unidade de dados pela definição de um bit de seu cabeçalho em "1" ou "0". A marcação resulta em uma sequência de blocos, em que blocos de unidades de dados marcadas com "1" alternam no tempo com blocos de unidades de dados marcadas com "0". Os blocos podem ter uma mesma duração chamada de "período de bloco" T_b (por exemplo, 5 minutos).

[008] WO 2011/079857 (em nome do mesmo Requerente) descreve um método para realizar uma medição de tempo (em particular, para medir atraso unidirecional e/ou instabilidade) em um fluxo de dados. De acordo com WO 2011/079857, além da operação de marcação exposta descrita por WO 2010/072251, registros de tempo de transmissão e de recepção são gerados em cada período de bloco, que indica os tempos nos quais unidades de dados predeterminadas do bloco atual são transmitidas e recebidas. Em particular, o nó transmissor conta os pacotes que são transmitidos durante o atual período de bloco e gera um registro de tempo de transmissão a cada X pacotes transmitidos. O nó receptor, similarmente, conta os pacotes que são recebidos durante o atual período de bloco e gera um registro de tempo de recepção a cada X pacotes recebidos. No subsequente período de bloco, os registros de tempo de transmissão e de recepção são usados para calcular o atraso unidirecional e a instabilidade que afetam as unidades de dados predefinidas.

[009] O ensaio da Internet "*Coloring based IP flow performance measurement framework, draft-chen-coloring-based-ipfpm-framework-01*", de 25 de fevereiro de 2013, descreve para definir um bit não usado do cabeçalho IP para "colorir" os pacotes em diferentes blocos de cor para habilitar as medições de perda de pacote e de atraso. Para medições de atraso, em um período de tempo, um único pacote é colorido. O emissor grava o registro de tempo quando o pacote colorido for transmitido, e o receptor grava o registro de tempo durante a detecção do pacote colorido. Com os dois

registros de tempo, o atraso de pacote é computado.

Sumário da Invenção

[0010] O Requerente percebeu que as medições de atraso e/ou de instabilidade descritas por WO 2011/079857 proveem resultados válidos apenas para períodos de bloco durante os quais nem perda de pacote nem erros de sequência de recepção ocorreram, a saber, quando todos os pacotes transmitidos durante um certo período de bloco forem recebidos na mesma ordem de acordo com a qual eles foram transmitidos.

[0011] Entretanto, embora perda de pacote que afeta um período de bloco possa ser detectada (e as medições de tempo em relação a este período de bloco podem, desta maneira, ser descartadas como inválidas), erros de sequência de recepção podem não ser detectados, já que o nó receptor baseia a identificação de pacotes a ser sujeitos à medição de tempo apenas na contagem de pacotes. Portanto, no caso em que um erro de sequência de recepção ocorrer em um período de bloco durante o qual nenhuma perda de pacote ocorreu, e o erro envolver um pacote a ser sujeito à medição de tempo, o nó receptor pode não detectar o erro e, desta maneira, pode não perceber que as medições de tempo em relação a este período de bloco são inválidas.

[0012] Por outro lado, o ensaio da Internet supracitado provê identificação de pacotes a serem medidos com base em sua cor e, portanto, em princípio, ele permite apropriada identificação dos pacotes a serem medidos, também, no caso de erros de sequência de recepção que envolvem tais pacotes. Entretanto, também, esta técnica exhibe algumas desvantagens.

[0013] Primeiramente, a sequência de pacotes a ser medida não tem descontinuidades, em virtude de todos os pacotes a serem medidos terem uma mesma cor. Portanto, possíveis erros de sequência de recepção que envolvem dois pacotes coloridos consecutivos não podem ser detectados. A medição de tempo resultante é, desta maneira, inválida, mas tal invalidade não pode ser detectada. Além do mais, também, todas as subsequentes medições de tempo

são inválidas, também, já que o erro de registro de tempo de recepção introduzido na ocorrência do erro de sequência de recepção se propaga indefinidamente ao longo da íntegra da sequência de pacotes coloridos.

[0014] A fim de evitar erros de sequência de recepção na sequência de pacotes coloridos, o período de coloração (a saber, o tempo que decorre entre a transmissão de dois pacotes coloridos consecutivos) deve ser bastante longo, por exemplo, 1 minuto ou mais. Já que, no nó receptor, cada pacote colorido é distinguido do próximo pacote colorido, e do pacote colorido precedente apenas em uma base de tempo, isto garante que o pacote colorido recebido durante um certo período de coloração seja o pacote esperado.

[0015] Desta maneira, entretanto, um número muito reduzido de pacotes são coloridos e sujeitos à medição de tempo e, desta maneira, um número muito reduzido de amostras de medição de tempo é desvantajosamente provido.

[0016] Em vista do exposto, o Requerente cuidou do problema de prover um método para realizar uma medição de tempo em um fluxo de pacote transmitido entre dois pontos de medição (nós ou computadores) em uma rede de comunicação de comutação de pacotes, que supera as desvantagens expostas, a saber, que é imune a erros de sequência de recepção e que provê um número adequado de amostras de medição de tempo.

[0017] Na seguinte descrição e nas reivindicações, a expressão "que realiza uma medição de tempo em um fluxo de pacote" irá designar uma operação de medição:

- um atraso unidirecional ou um atraso bidirecional induzidos nos pacotes do dito fluxo de pacote pela transmissão entre os dois pontos de medição; e/ou

- uma instabilidade induzida em um par de pacotes do fluxo de pacote pela transmissão entre os dois pontos de medição.

[0018] Além disto, na seguinte descrição e nas reivindicações, a

expressão "marcação de um pacote" irá designar uma operação de definição de pelo menos uma característica do pacote em um valor de marcação predefinido, em particular, em um de pelo menos dois valores de marcação alternativos. Por exemplo, a operação de marcação de um pacote pode compreender a operação de definição de um ou mais bits do pacote (por exemplo, um bit ou uma sequência de bits de seu cabeçalho) em um de pelo menos dois valores de marcação alternativos predefinidos, a operação de definição de sua frequência ou sua fase em um de pelo menos dois valores de marcação alternativos predefinidos, e congêneres.

[0019] De acordo com modalidades da presente invenção, o problema exposto é resolvido por um método para realizar uma medição de tempo em um fluxo de pacote transmitido através de uma rede de comunicação, em que o nó transmissor, durante a transmissão dos pacotes, divide o mesmo em primeiro e segundos pacotes transmitidos em períodos alternados. Em cada período, o nó transmissor também marca cada pacote pela definição de uma característica do mesmo em um primeiro valor que indica que o pacote deve passar por medição de tempo ou um segundo valor que indica que o pacote não deve passar por medição de tempo. A marcação é realizada de forma que os tempos de transmissão de dois pacotes marcados pelo primeiro valor sejam reciprocamente atrasados em um tempo intertransmissões predefinido mais curto do que uma duração do período. Para cada pacote marcado pelo primeiro valor, o nó transmissor gera um registro de tempo de transmissão e o nó receptor gera um registro de tempo de recepção. Então, depois do final de cada período, uma medição de tempo é realizada com base nos registros de tempo de transmissão e de recepção de pacotes marcados pelo primeiro valor transmitido durante o período precedente.

[0020] De acordo com um primeiro aspecto, a presente invenção provê um método para realizar uma medição de tempo em um fluxo de pacote transmitido através de uma rede de comunicação de um primeiro ponto de

medição até um segundo ponto de medição, o método compreendendo:

a) no primeiro ponto de medição, enquanto o fluxo de pacote for transmitido, dividir o fluxo de pacote em primeiros pacotes transmitidos durante primeiros períodos e segundos pacotes transmitidos durante segundos períodos que alternam no tempo com os primeiros períodos;

b) durante um certo período, enquanto os primeiros pacotes forem transmitidos, no primeiro ponto de medição, marcar os primeiros pacotes pela definição de uma característica de cada um dos primeiros pacotes tanto em um primeiro valor de marcação que indica um primeiro pacote a ser sujeito à medição de tempo quanto em um segundo valor de marcação que indica um primeiro pacote a não ser sujeito à medição de tempo, a marcação sendo realizada de forma que tempos de transmissão dos dois primeiros pacotes marcados pelo primeiro valor de marcação sejam reciprocamente atrasados em pelo menos um mínimo tempo intertransmissões predefinido mais curto do que uma duração do período, e gerar um registro de tempo de transmissão para cada um dos primeiros pacotes marcados pelo primeiro valor de marcação;

c) no segundo ponto de medição, identificar os primeiros pacotes marcados pelo primeiro valor de marcação e, para cada um dos primeiros pacotes marcados pelo primeiro valor de marcação, gerar um registro de tempo de recepção;

d) depois da expiração do período, realizar a medição de tempo com base nos registros de tempo de transmissão e nos registros de tempo de recepção dos primeiros pacotes marcados pelo primeiro valor de marcação.

[0021] De acordo com modalidades preferidas, a etapa a) compreende marcar os pacotes pela definição de uma característica adicional de cada um dos pacotes tanto em um terceiro valor de marcação que indica um primeiro pacote a ser transmitido durante os primeiros períodos quanto em quarto valor

de marcação que indica um segundo pacote a ser transmitido durante os segundos períodos.

[0022] Preferivelmente, cada pacote do fluxo de pacote compreende um campo de marcação, a característica adicional sendo um primeiro subcampo de marcação do campo de marcação e a característica sendo um segundo subcampo de marcação do campo de marcação.

[0023] Preferivelmente, na etapa b), o mínimo tempo intertransmissões é definido em um valor adequado para impedir erros de sequência de recepção que envolvem ultrapassagem entre os primeiros pacotes marcados pelo primeiro valor de marcação.

[0024] De acordo com algumas variantes, o mínimo tempo intertransmissões é mais longo do que um atraso unidirecional médio do fluxo de pacote do primeiro ponto de medição até o segundo ponto de medição.

[0025] De acordo com outras variantes, o mínimo tempo intertransmissões é mais longo do que um máximo atraso unidirecional do fluxo de pacote do primeiro ponto de medição até o segundo ponto de medição.

[0026] Preferivelmente, o mínimo tempo intertransmissões é mais longo do que ou igual a 10 milissegundos.

[0027] Preferivelmente, a etapa b) compreende, mediante transmissão de cada um dos primeiros pacotes:

- verificar se o certo período é um dos primeiros períodos ou um dos segundos períodos; e

- se o certo período for um dos primeiros períodos, aumentar um contador de transmissão, verificar se o mínimo tempo intertransmissões decorreu desde a transmissão do último pacote marcado pelo primeiro valor de marcação e, em afirmativo, marcar o primeiro pacote pelo primeiro valor de marcação e definir um de um número N de variáveis de registro de tempo de transmissão em um tempo atual indicado por um relógio local do primeiro

ponto de medição.

[0028] Preferivelmente, a etapa d) compreende:

- verificar se o período foi um dos primeiros períodos ou um dos segundos períodos;
- se o período foi um dos primeiros períodos, usar o contador de transmissão e o número N de variáveis de registro de tempo de transmissão para realizar a medição de tempo; e
- redefinir o contador de transmissão e o número N de variáveis de registro de tempo de transmissão.

[0029] Preferivelmente, a etapa c) compreende, mediante recepção de cada pacote:

- verificar se o pacote é um dos primeiros pacotes ou um dos segundos pacotes;
- se o pacote for um dos primeiros pacotes, aumentar um contador de recepção, verificar se o primeiro pacote é marcado pelo primeiro valor e, em afirmativo, definir um de um número N de variáveis do registro de tempo de recepção em um tempo atual indicado por um relógio local do segundo ponto de medição.

[0030] Preferivelmente, a etapa d) compreende:

- verificar se o período foi um dos primeiros períodos ou um dos segundos períodos;
- se o período foi um dos primeiros períodos, usar o contador de recepção e o número N de variáveis do registro de tempo de recepção para realizar a medição de tempo; e
- redefinir o contador de recepção e o número N de variáveis do registro de tempo de recepção.

[0031] De acordo com modalidades preferidas, a etapa d) é atrasada, em relação ao final do período, em um tempo de espera predeterminado compreendido entre 1 % e 50 % de uma duração do período.

[0032] Preferivelmente, a etapa d) compreende calcular um atraso unidirecional para cada um dos primeiros pacotes marcados pelo primeiro valor de marcação como uma diferença entre o registro de tempo de transmissão e o registro de tempo de recepção gerados na etapa c) para o primeiro pacote.

[0033] De acordo com um segundo aspecto, a presente invenção provê um nó para uma rede de comunicação, o nó sendo configurado para transmitir um fluxo de pacote para um nó adicional, o nó sendo configurado para:

a) enquanto o fluxo de pacote for transmitido, dividir o fluxo de pacote em primeiros pacotes transmitidos durante primeiros períodos e segundos pacotes transmitidos durante segundos períodos que alternam no tempo com os primeiros períodos;

b) durante um certo período, enquanto os primeiros pacotes forem transmitidos, marcar os primeiros pacotes pela definição de uma característica de cada um dos primeiros pacotes tanto em um primeiro valor de marcação que indica um primeiro pacote a ser sujeito à medição de tempo quanto em um segundo valor de marcação que indica um primeiro pacote a não ser sujeito à medição de tempo, a marcação sendo realizada de forma que tempos de transmissão dos dois primeiros pacotes marcados pelo primeiro valor de marcação sejam reciprocamente atrasados em pelo menos um mínimo tempo intertransmissões predefinido mais curto do que uma duração do período e, para cada um dos primeiros pacotes marcados pelo primeiro valor de marcação, gerar um registro de tempo de transmissão.

[0034] De acordo com um terceiro aspecto, a presente invenção provê um nó para uma rede de comunicação, o nó sendo configurado para receber um fluxo de pacote a partir de um nó adicional, o fluxo de pacote compreendendo pacotes divididos em primeiros pacotes transmitidos durante primeiros períodos e segundos pacotes transmitidos durante segundos

períodos que alternam no tempo com os primeiros períodos, em que cada um dos pacotes compreende uma característica definida tanto em um primeiro valor de marcação que indica um primeiro pacote a ser sujeito à medição de tempo quanto em um segundo valor de marcação que indica um primeiro pacote a não ser sujeito à medição de tempo, o segundo nó sendo configurado para:

- identificar os primeiros pacotes marcados pelo primeiro valor de marcação; e
- gerar um registro de tempo de recepção para cada um dos primeiros pacotes marcados pelo primeiro valor de marcação.

[0035] De acordo com um quarto aspecto, a presente invenção provê uma rede de comunicação que compreende pelo menos um primeiro nó de acordo com o segundo aspecto da presente invenção e um segundo nó de acordo com o terceiro aspecto da presente invenção.

[0036] De acordo com um quinto aspecto, a presente invenção provê um produto de programa de computador carregável na memória de pelo menos um computador e que inclui porções de código de software para realizar as etapas do método da forma apresentada anteriormente, quando o produto for executado em pelo menos um computador.

Breve Descrição dos Desenhos

[0037] A presente invenção ficará mais clara a partir da seguinte descrição detalhada, dada a título de exemplo e não de limitação, a ser lida em relação aos desenhos anexos, em que:

- a figura 1 mostra esquematicamente uma rede de comutação de pacote exemplar;
- a figura 2 mostra esquematicamente uma estrutura de pacote de acordo com uma modalidade da presente invenção;
- as figuras 3a e 3b são fluxogramas do método de acordo com uma modalidade da presente invenção no lado da transmissão; e

- as figuras 4a e 4b são fluxogramas do método de acordo com uma modalidade da presente invenção no lado de recepção.

Descrição Detalhada das Modalidades Preferidas da Invenção

[0038] A figura 1 mostra esquematicamente uma rede de comunicação CN de comutação de pacotes exemplar na qual o método para realizar uma medição de tempo de acordo com modalidades da presente invenção pode ser implementado. A rede de comunicação CN pode ser uma rede IP, uma rede Ethernet, uma rede MPLS ou qualquer outro tipo conhecido de rede de comunicação de comutação de pacotes.

[0039] A rede de comunicação CN compreende uma pluralidade de nós reciprocamente interconectados por ligações de acordo com qualquer topologia conhecida.

[0040] Em particular, a rede de comunicação CN compreende um primeiro nó N1 e um segundo nó N2. O primeiro nó N1 (também aqui chamado a seguir de "nó transmissor") é configurado para transmitir um fluxo de pacote PF para o segundo nó (também chamado de "nó receptor"), possivelmente, através de nós intermediários (não mostrados na figura 1) da rede de comunicação CN. O nó transmissor N1 pode ser tanto o nó de origem do fluxo de pacote PF quanto um nó intermediário do caminho do nó de origem até o nó de destino. Similarmente, o nó receptor N2 pode ser tanto o nó de destino do fluxo de pacote PF quanto um nó intermediário do caminho do nó de origem até o nó de destino.

[0041] Preferivelmente, a rede de comunicação CN também é adequada para cooperar com um servidor de gerenciamento MS. O servidor de gerenciamento MS pode ser tanto um servidor independente conectado em qualquer um dos nós da rede de comunicação CN. Alternativamente, o servidor de gerenciamento MS pode ser implementado em qualquer um dos nós da rede de comunicação CN.

[0042] De acordo com modalidades preferidas da presente invenção, o

fluxo de pacote PF compreende uma sequência de pacotes Pki.

[0043] Cada pacote Pki compreende um cabeçalho e uma carga útil. A carga útil compreende dados a serem transmitidos. Além disto, preferivelmente, o cabeçalho compreende informação para roteamento do pacote Pki, tais como o endereço do nó de origem e o endereço do nó de destino. Cada pacote Pki também compreende preferivelmente um campo de prioridade. Preferivelmente, todos os pacotes Pki do fluxo PF têm uma mesma prioridade.

[0044] O pacote Pki compreende adicionalmente um campo de marcação MF, que compreende pelo menos dois subcampos, por exemplo, dois bits de marcação b1 e b2. Cada subcampo de marcação b1, b2 pode ser definido em qualquer um de dois valores de marcação alternativos. Em particular, o primeiro subcampo de marcação b1 pode ser definido em qualquer um de dois valores de marcação alternativos Va, Vb, enquanto que o segundo subcampo de marcação b2 pode ser definido em qualquer um de dois valores de marcação alternativos Vc, Vd. O campo de marcação MF é preferivelmente compreendido no cabeçalho do pacote. O campo de marcação MF pode ser, por exemplo, um campo ao qual o protocolo de acordo com o qual o pacote Pki é formatado ainda não atribuiu uma função específica. Alternativamente, o campo de marcação MF pode ser compreendido em um campo que tem outros usos. Por exemplo, no caso de pacotes IP, o campo de marcação MF pode compreender dois bits do campo de DS (Serviço Diferenciado) de 8 bits, cada bit constituindo um dos dois subcampos de marcação. Em tal caso, os dois valores de marcação alternativos Va e Vb do bit b1 são 1 e 0, enquanto que os dois valores de marcação alternativos Vc e Vd do bit b2 são 1 e 0, respectivamente.

[0045] Opcionalmente, o campo de marcação MF também pode compreender um subcampo de filtro (não mostrado no desenho), que é definido em qualquer um de dois valores alternativos. O valor do subcampo

de filtro em um pacote P_{ki} preferivelmente indica se o pacote P_{ki} é um pacote P_{ki} marcado (em cujo caso, os valores do subcampo de marcação b_1 , b_2 serão lidos e processados com propósitos de medição de perda de pacote e/ou de tempo) ou não (em cujo caso, o subcampo de marcação b_1 , b_2 será ignorado). O subcampo de filtro é preferivelmente anexado no início do primeiro subcampo de marcação b_1 .

[0046] Os pacotes P_{ki} são preferivelmente marcados mediante suas transmissões pelo nó transmissor N_1 , que define o valor do primeiro subcampo de marcação b_1 em V_a ou V_b e o valor do segundo subcampo de marcação b_2 em V_c ou V_d .

[0047] O nó transmissor N_1 em particular muda periodicamente o valor de marcação V_a , V_b atribuído ao primeiro subcampo de marcação b_1 (por exemplo, 1 ou 0) com um período T_b , que será aqui chamado a seguir de "período de bloco". Desta maneira, pacotes P_{ki} marcados durante os primeiros períodos de bloco (também aqui chamados a seguir de "períodos de bloco pares") são marcados por um primeiro valor de marcação V_a (por exemplo, 1) do primeiro subcampo de marcação b_1 , ao mesmo tempo em que pacotes P_{ki} marcados durante os segundos períodos de bloco (também aqui chamados a seguir de "períodos de bloco ímpares") que alternam no tempo com os primeiros períodos de bloco são marcados por um segundo valor de marcação V_b (por exemplo, 0) do primeiro subcampo de marcação b_1 .

[0048] O período de bloco T_b pode ser definido pelo operador de rede, de acordo com a taxa de medição da perda de pacote desejada (o período de bloco T_b também é o período de medição para perda de pacote). Por exemplo, o período de bloco T_b pode ser igual a 5 minutos.

[0049] De acordo com modalidades preferidas da presente invenção, em cada período de bloco par e ímpar $T(k)$ ($k = 0, 1, 2, 3, \text{etc.}$), o nó transmissor N_1 usa os valores de marcação V_c , V_d do segundo subcampo de marcação b_2 (por exemplo, 1 ou 0) para distinguir pacotes a ser sujeitos a

medições de tempo de pacotes a não ser sujeitos a medições de tempo. Em particular, durante cada período de bloco $T(k)$ ($k = 0, 1, 2, 3, \text{etc.}$), pacotes P_{ki} a ser sujeitos à medição de tempo são marcados por um primeiro valor de marcação V_c (por exemplo, 1) do segundo subcampo de marcação b_2 , ao mesmo tempo em que pacotes P_{ki} a não ser sujeitos à medição de tempo são marcados por um segundo valor de marcação V_d (por exemplo, 0) do segundo subcampo de marcação b_2 .

[0050] Durante cada período de bloco $T(k)$ ($k = 0, 1, 2, 3, \text{etc.}$), dois ou mais pacotes P_{ki} são marcados como pacotes a ser sujeitos à medição de tempo. Em particular, o nó transmissor N_1 determina o valor V_c ou V_d do segundo subcampo de marcação b_2 de cada pacote P_{ki} aplicando o princípio de que os tempos de transmissão de dois pacotes P_{ki} consecutivos transmitidos durante um mesmo período de bloco e sendo marcados como pacotes a ser sujeitos à medição de tempo devem ser reciprocamente atrasados em pelo menos um mínimo tempo intertransmissões predefinido T_x . O mínimo tempo intertransmissões predefinido T_x é mais curto do que o período de bloco T_b e é selecionado para impedir erros de sequência de recepção que envolvem ultrapassagem entre pacotes a ser sujeitos a medições de tempo, e depende da característica da ligação entre os nós N_1 e N_2 , como será aqui discutido com detalhes a seguir.

[0051] Durante cada período de bloco $T(k)$ ($k = 0, 1, 2, 3, \text{etc.}$), para cada pacote P_{ki} marcado como um pacote a ser sujeito à medição de tempo, no lado da transmissão, um registro de tempo de transmissão é gerado, que indica o tempo no qual o pacote P_{ki} é transmitido pelo nó transmissor N_1 e, similarmente, no lado de recepção, um registro de tempo de recepção é gerado, que indica o tempo no qual o pacote P_{ki} é recebido pelo nó receptor N_2 .

[0052] Então, depois do final de cada período de bloco $T(k)$, os registros de tempo de transmissão e os registros de tempo de recepção em

relação aos pacotes Pki a ser sujeitos à medição de tempo que foram transmitidos e recebidos durante este período de bloco $T(k)$ são preferivelmente usados para realizar medições de tempo, como será aqui descrito com detalhes a seguir.

[0053] Portanto, vantajosamente, pacotes Pki a ser sujeitos à medição de tempo são identificados pelo valor do segundo subcampo de marcação b2, o que permite que o nó receptor N2 distinga tais pacotes dos outros pacotes Pki do fluxo de pacote PF que - enquanto estiver envolvido na medição da perda de pacote - não devem ser sujeitos à medição de tempo. Em outras palavras, o segundo subcampo de marcação b2 permite criar, no fluxo de pacote PF, um "subfluxo" de pacotes Pki a ser sujeito à medição de tempo, que pode ser distinguido de forma não ambígua do restante do fluxo de pacote PF pelo nó receptor N2.

[0054] Portanto, mesmo se ocorrer um erro de sequência de recepção que envolve uma ultrapassagem entre um pacote a ser sujeito à medição de tempo e um ou mais pacotes a não ser sujeitos à medição de tempo, o nó receptor N2 pode, de qualquer maneira, identificar apropriadamente o pacote a ser sujeito à medição de tempo e, portanto, gerar o registro de tempo de recepção relevante de uma maneira apropriada. A medição de tempo resultante com base neste registro de tempo de recepção é, desta maneira, uma medição válida. A medição de tempo é, portanto, vantajosamente imune a este tipo de erro de sequência de recepção.

[0055] Por outro lado, uma apropriada seleção do tempo intertransmissões Tx permite evitar erros de sequência de recepção que envolvem a ultrapassagem entre pacotes a ser sujeitos à medição de tempo.

[0056] Além do mais, o primeiro subcampo de marcação b1 vantajosamente introduz uma descontinuidade periódica no "subfluxo" de pacotes Pki a ser sujeito à medição de tempo. Em outras palavras, similarmente à íntegra do fluxo de pacote PF, também o "subfluxo" de

pacotes a ser sujeitos à medição de tempo é dividido em blocos alternados de período T_b . Portanto, no caso em que ocorrer uma perda de pacote e/ou um erro de sequência de recepção que invalida as medições em relação a um certo período de bloco $T(k)$, tal erro é automaticamente redefinido no final do período de bloco, já que todos os parâmetros (contadores e registros de tempo) usados para fazer as medições são redefinidos depois do final do período de bloco, como será aqui descrito com detalhes a seguir.

[0057] Além do mais, para cada período de bloco $T(k)$, diversas amostras de medição de tempo podem ser vantajosamente obtidas, já que registros de tempo de transmissão e de recepção (que serão usados para fazer as medições de tempo) são gerados para múltiplos pacotes durante cada período de bloco. Em particular, o máximo número de amostras de medição de tempo que, em princípio, podem ser obtidas em cada período de bloco $T(k)$ é $N = T_b / T_x$, em que T_b é a duração de cada período de bloco $T(k)$ e T_x é o supramencionado mínimo tempo intertransmissões, a saber, o mínimo tempo que deve decorrer entre a transmissão de dois pacotes P_{ki} marcados como pacotes a ser sujeitos à medição de tempo.

[0058] Da forma supramencionada, o mínimo tempo intertransmissões T_x é preferivelmente selecionado com base no desempenho da ligação entre os nós N_1 e N_2 . Em particular, o mínimo tempo intertransmissões T_x é preferivelmente definido para substancialmente impedir possíveis erros de sequência de recepção que envolvem a ultrapassagem entre pacotes a ser sujeitos à medição de tempo.

[0059] Por exemplo, o mínimo tempo intertransmissões T_x pode ser escolhido mais alto do que um atraso unidirecional médio entre N_1 e N_2 .

[0060] Em particular, de acordo com algumas modalidades, o mínimo tempo intertransmissões é primeiramente definido igual a um valor inicial T_{x0} , que deve ser baixo o suficiente para prover um número suficientemente alto de amostras de medição de tempo em cada período de bloco, para tornar a

medição do atraso unidirecional médio tão realística quanto possível. Em tal fase inicial, é feita apenas a medição do atraso unidirecional médio que, como será aqui discutido com detalhes a seguir, é inerentemente imune a erros de sequência de recepção que envolvem a ultrapassagem entre pacotes a ser sujeitos à medição de tempo. Todas as outras medições (por exemplo, máximos e mínimos atraso e instabilidade) são, em vez disto, suspensas, já que elas não são imunes a este tipo de erro de sequência de recepção e, em tal fase inicial, o valor de Tx_0 pode ser muito baixo para garantir que tal tipo de erro não ocorra.

[0061] Então, depois que o atraso unidirecional médio for medido (detalhes sobre tal tipo de medição de tempo serão providos na seguinte descrição), o mínimo tempo intertransmissões T_x é definido mais alto do que tal valor e as medições de tempo são iniciadas novamente. Nesta segunda fase, também, aquelas medições de tempo cuja precisão é danificada por possível ultrapassagem entre pacotes a ser medidos podem ser realizadas. A escolha do mínimo tempo intertransmissões T_x , de fato, vantajosamente impede tal tipo de erro de sequência de recepção.

[0062] Alternativamente, o mínimo tempo intertransmissões T_x pode ser selecionado mais alto do que um máximo atraso unidirecional entre N_1 e N_2 .

[0063] Em particular, de acordo com outras modalidades, o mínimo tempo intertransmissões é primeiramente definido igual a um valor inicial Tx_0 , que deve ser alto o suficiente (por exemplo, diversos segundos) para garantir que erros de sequência de recepção que envolvem a ultrapassagem entre pacotes a ser medidos não ocorram. Isto permite a provisão de uma confiável medição de máximo atraso unidirecional que, como será aqui discutido com detalhes a seguir, não é imune a este tipo de erros de sequência de recepção. Em tal fase inicial, um número muito reduzido de amostras de medição de tempo é obtido, o número de pacotes P_{ki} sujeitos à medição de

tempo em cada período de bloco $T(k)$ sendo muito baixo. Portanto, medições de tempo médio (por exemplo, atraso unidirecional médio, instabilidade média, etc.) são preferivelmente suspensas nesta fase.

[0064] Então, depois que o máximo atraso unidirecional for medido (detalhes sobre tal tipo de medição de tempo serão providos na seguinte descrição), o mínimo tempo intertransmissões T_x é definido mais alto do que tal valor e as medições de tempo são iniciadas novamente. Nesta segunda fase, também, as medições de tempo médio podem ser realizadas, o número de amostras sendo agora alto o suficiente para prover valores médios realísticos.

[0065] Já que o atraso unidirecional médio ou máximo de uma ligação entre dois nós, tipicamente, é de alguns milissegundos, o mínimo tempo intertransmissões T_x pode ser definido igual a, por exemplo, cerca de 10 milissegundos. Se o período de bloco T_b for 5 minutos, o máximo número N de amostras de medição de tempo que pode ser provido durante cada período de bloco $T(k)$ é 30.000.

[0066] O método para realizar medições de tempo de acordo com a presente invenção será agora descrito com detalhes adicionais.

[0067] Pela referência, primeiro, à figura 3a, no lado da transmissão, inúmeras variáveis são preferivelmente providas: um primeiro contador de transmissão $C1a$, um arranjo de N primeiros registros de tempo de transmissão $TS1a(i)$, $i = 1, 2, \dots, N$, um primeiro índice i , um segundo contador de transmissão $C1b$, um arranjo de N segundos registros de tempo de transmissão $TS1b(j)$, $j = 1, 2, \dots, N$, e um segundo índice j . O número N , da forma discutida anteriormente, é o máximo número de amostras de medição de tempo que, em princípio, podem ser providas em cada período de bloco $T(k)$, e é igual a T_b / T_x .

[0068] Então, o nó transmissor $N1$ espera por possíveis pacotes P_{ki} do fluxo de pacote PF a ser transmitido (etapa 301). O nó transmissor $N1$

preferivelmente identifica os pacotes P_{ki} do fluxo de pacote PF pelo uso de pelo menos parte do endereço de destino, pelo menos parte do endereço de origem e, opcionalmente, outros campos do cabeçalho de pacote H_i (por exemplo, o campo DSCP no caso de pacotes IP).

[0069] Quando um pacote P_{ki} precisar ser transmitido, o nó transmissor N_1 preferivelmente verifica se o atual período de bloco $T(k)$ é um período de bloco par ou um período de bloco ímpar (etapa 302) e, desta maneira, determina o valor de marcação V_a (durante períodos de bloco pares) ou V_b (durante períodos de bloco ímpares) do primeiro subcampo de marcação b_1 a ser aplicado no pacote P_{ki} .

[0070] Em particular, se o atual período de bloco $T(k)$ for um período de bloco par, antes de transmitir o pacote P_{ki} , o nó N_1 preferivelmente marca o mesmo (etapa 304a) pela definição do seu primeiro subcampo de marcação b_1 no valor de marcação V_a . Se o pacote P_{ki} também compreender um subcampo de filtro (da forma supramencionada), na etapa 304a, o mesmo é preferivelmente definido no valor que indica um pacote marcado.

[0071] Adicionalmente, o primeiro contador de transmissão C_{1a} é preferivelmente aumentado em 1 (etapa 305a).

[0072] Então, o nó N_1 preferivelmente verifica se o mínimo tempo intertransmissões T_x decorreu desde a transmissão do último pacote cujo segundo subcampo de marcação b_2 foi definido no valor V_c , a saber, o valor que identifica pacotes a ser sujeitos à medição de tempo (etapa 306a).

[0073] Em afirmativo, o nó N_1 , preferivelmente, marca adicionalmente o pacote P_{ki} pela definição do seu segundo subcampo de marcação b_2 no valor de marcação V_c (subetapa 307a), a saber, o valor de marcação que indica pacotes a ser medidos. Adicionalmente, o índice i é preferivelmente aumentado em 1 (etapa 308a) e, então, o i -ésimo elemento do arranjo de N primeiros registros de tempo de transmissão $TS_{1a}(i)$ é definido igual ao tempo atual t indicado por um relógio local do nó transmissor N_1

(etapa 309a).

[0074] Se o mínimo tempo intertransmissões Tx não tiver decorrido, o nó N1, preferivelmente, marca adicionalmente o pacote Pki pela definição do seu segundo subcampo de marcação b2 no valor de marcação Vd (subetapa 310a), a saber, o valor de marcação que indica pacotes a não ser sujeitos à medição de tempo.

[0075] O pacote Pki é, então, transmitido para N2 (etapa 311).

[0076] Se, na etapa 302, for determinado que o atual período de bloco T(k) é um período de bloco ímpar, o nó transmissor N1 marca o pacote Pki pela definição do seu primeiro subcampo de marcação b1 no valor de marcação Vb (etapa 304b), então, realiza preferivelmente as etapas 305b-310b para atualizar os valores do segundo contador de transmissão C1b e do arranjo de N segundos registros de tempo de transmissão TS1b(j) e, finalmente, transmite o pacote Pki (etapa 311). As etapas 305b-310b, basicamente, correspondem às etapas 305a-310a realizadas se o atual período de bloco T(k) for um período de bloco par. Portanto, uma descrição detalhada de tais etapas não será repetida.

[0077] As etapas do fluxograma da figura 3a são preferivelmente iteradas toda vez que o nó N1 precisar transmitir um pacote Pki do fluxo de pacote PF.

[0078] Agora, em relação à figura 3b, no final de cada período de bloco T(k), é verificado se o período de bloco T(k) que acabou de expirar foi um período de bloco par ou ímpar (etapa 320).

[0079] Se o período de bloco T(k) foi um período de bloco par, é determinado que as variáveis relevantes para realizar medições de tempo em relação ao período de bloco T(k) são aquelas em relação aos pacotes transmitidos marcados por Va, a saber, C1a e TS1a(i).

[0080] Portanto, o nó N1 preferivelmente transmite para o servidor de gerenciamento MS o valor do primeiro contador de transmissão C1a

alcançado na última iteração da etapa 305a e o arranjo dos N primeiros registros de tempo de transmissão TS1a(i) providos na última iteração da etapa 309a (etapa 321a). O primeiro contador de transmissão C1a, o arranjo dos N primeiros registros de tempo de transmissão TS1a(i) e o índice i são, então, preferivelmente redefinidos (etapa 322a).

[0081] Caso contrário, se o período de bloco T(k) foi um período de bloco ímpar, é determinado que as variáveis relevantes para realizar medições de tempo em relação ao período de bloco T(k) são aquelas em relação aos pacotes marcados por Vb, a saber, C1b e TS1b(j).

[0082] Portanto, o nó N1, preferivelmente transmite para o servidor de gerenciamento MS o valor do segundo contador de transmissão C1b alcançado na última iteração da etapa 305b e o arranjo de N segundos registros de tempo de transmissão TS1b(j) providos na última iteração da etapa 309b (etapa 321b). O segundo contador de transmissão C1b, o arranjo de N segundos registros de tempo de transmissão TS1b(j) e o índice j são, então, preferivelmente redefinidos (etapa 322b).

[0083] Deve ser percebido que o número real N• de pacotes com seu segundo subcampo de marcação b2 definido em Vc transmitido durante o período de bloco T(k) pode ser inferior a N, já que ele depende da taxa de transmissão de pacote real do fluxo de pacote PF durante o período de bloco T(k). Em tal caso, apenas os primeiros N• elementos do arranjo TS1a(i) ou TS1b(j) compreendem significativos valores de registro de tempo, o restante dos arranjos compreendendo os valores de inicialização (a saber, zeros).

[0084] Etapas 321a e 321b podem ser realizadas, por exemplo, pelo estabelecimento de uma sessão de comunicação entre o nó transmissor N1 e o servidor de gerenciamento MS com base em um conhecido protocolo de comunicação, por exemplo, FTP (Protocolo de Transferência de Arquivo). A sessão de comunicação pode ser iniciada tanto pelo nó transmissor N1 quanto pelo servidor de gerenciamento MS.

[0085] Adicionalmente, as etapas 321a e 321b são preferivelmente realizadas em um instante aleatório compreendido entre o final do período de bloco $T(k)$ e o final do subsequente período de bloco $T(k+1)$, por motivos que serão aqui descritos com detalhes a seguir.

[0086] Agora, pela referência à figura 4a, no lado de recepção, inúmeras variáveis são preferivelmente providas: um primeiro contador de recepção C2a, um arranjo de N primeiros registros de tempo de recepção $TS2a(i)$, $i = 1, 2, \dots N$, um primeiro índice i , um segundo contador de recepção C2b, um arranjo de N segundos registros de tempo de recepção $TS2b(j)$, $j = 1, 2, \dots N$, e um segundo índice j . O número N é preferivelmente o mesmo para o lado de transmissão, a saber, ele é preferivelmente igual a T_b / T_x .

[0087] Então, o nó receptor N2 espera por possíveis pacotes P_{ki} do fluxo de pacote PF (etapa 401). Similarmente ao nó N1, também, o nó receptor N2 preferivelmente identifica os pacotes P_{ki} do fluxo de pacote PF pelo uso de pelo menos parte de seu endereço de destino, pelo menos parte de seu endereço de origem e, opcionalmente, outros campos do cabeçalho de pacote H_i (por exemplo, o campo DSCP no caso de pacotes IP).

[0088] Mediante recepção de um pacote P_{ki} do fluxo de pacote PF, é preferivelmente verificado se o pacote P_{ki} é um pacote marcado (etapa 402). Com este propósito, é preferivelmente verificado o valor do subcampo de filtro incluído no campo de marcação MF do pacote P_{ki} . Se for determinado que o pacote P_{ki} não é marcado, nenhuma outra operação é realizada com propósitos de medição de perda de pacote e/ou de tempo.

[0089] Caso contrário, se o pacote P_{ki} for um pacote marcado, o valor do primeiro subcampo de marcação b_1 do pacote recebido P_{ki} é preferivelmente verificado (etapa 403).

[0090] Se o valor do primeiro subcampo de marcação b_1 do pacote recebido P_{ki} for igual a V_a , o primeiro contador de recepção C2a é

preferivelmente aumentado em 1 (etapa 404a).

[0091] Então, o valor do segundo subcampo de marcação b2 do pacote recebido P_{ki} é preferivelmente verificado (etapa 405a). Se o valor do segundo subcampo de marcação b2 for igual a V_c (que identifica pacotes a serem medidos), o índice i é preferivelmente aumentado em 1 (etapa 406a) e o i -ésimo elemento do arranjo de N primeiros registros de tempo de recepção $TS_{2a}(i)$ é definido igual ao tempo atual $t_{\bullet\bullet}$ indicado por um relógio local do nó receptor N_2 (etapa 407a). Caso contrário, se o valor do segundo subcampo de marcação b2 for igual a V_d (que identifica pacotes a não ser medidos), nenhuma outra ação é realizada.

[0092] Se, na etapa 403, for determinado que o valor do primeiro subcampo de marcação b1 do pacote recebido P_{ki} é igual a V_b , o segundo contador de recepção C_{2b} é preferivelmente aumentado em 1 (etapa 404b).

[0093] Então, o valor do segundo subcampo de marcação b2 do pacote recebido P_{ki} é preferivelmente verificado (etapa 405b). Se o valor do segundo subcampo de marcação b2 for igual a V_c (que identifica pacotes a ser medidos), o índice j é preferivelmente aumentado em 1 (etapa 406b) e o j -ésimo elemento do arranjo de N primeiros registros de tempo de recepção $TS_{2b}(j)$ é definido igual ao tempo atual $t_{\bullet\bullet}$ indicado por um relógio local do nó receptor N_2 (etapa 407b). Caso contrário, se o valor do segundo subcampo de marcação b2 for igual a V_d (que identifica pacotes a não ser medidos), nenhuma outra ação é realizada.

[0094] As etapas 402 a 407a/407b são preferivelmente iteradas toda vez que um pacote P_{ki} do fluxo de pacote PF for recebido.

[0095] Agora, em relação à figura 4b, no final de cada período de bloco $T(k)$, depois que um tempo de espera de segurança SWT tiver decorrido (etapa 420), é determinado se o período de bloco $T(k)$ que acabou de expirar era um período de bloco par ou ímpar (etapa 421).

[0096] Se o período de bloco $T(k)$ era um período de bloco par, é

determinado que as variáveis relevantes para realizar medições de tempo em relação ao período de bloco $T(k)$ são aquelas em relação aos pacotes recebidos marcados por V_a , a saber, $C2a$ e $TS2a(i)$.

[0097] Portanto, o nó $N2$ preferivelmente transmite para o servidor de gerenciamento MS o valor do primeiro contador de recepção $C2a$ alcançado na última iteração da etapa 404a e o arranjo dos N primeiros registros de tempo de recepção $TS2a(i)$ providos na última iteração da etapa 407a (etapa 422a). O primeiro contador de recepção $C2a$, o arranjo de N primeiros registros de tempo de recepção $TS2a(i)$ e o índice i são, então, preferivelmente redefinidos (etapa 423a).

[0098] Caso contrário, se o período de bloco $T(k)$ era um período de bloco ímpar, é determinado que as variáveis relevantes para realizar medições de tempo em relação ao período de bloco $T(k)$ são aquelas em relação aos pacotes marcados por V_b , a saber, $C2b$ e $TS2b(j)$.

[0099] Portanto, o nó $N2$ preferivelmente transmite para o servidor de gerenciamento MS o valor do segundo contador de recepção $C2b$ alcançado na última iteração da etapa 404b e o arranjo de N segundos registros de tempo de recepção $TS2b(j)$ providos na última iteração da etapa 407b (etapa 422b). O segundo contador de recepção $C2b$, o arranjo de N segundos registros de tempo de recepção $TS2b(j)$ e o índice j são, então, preferivelmente redefinidos (etapa 423b).

[00100] Deve ser percebido que o número $N_{\bullet\bullet}$ de pacotes com seu segundo subcampo de marcação $b2$ definido em V_c recebido durante o período de bloco $T(k)$ pode ser inferior a N (e também a N_{\bullet}), já que ele depende da taxa de transmissão de pacote real do fluxo de pacote PF durante o período de bloco $T(k)$ e, também, da perda de pacote durante o período de bloco $T(k)$. Em tal caso, apenas os primeiros $N_{\bullet\bullet}$ elementos do arranjo $TS2a(i)$ ou $TS2b(j)$ compreendem significativos valores de registro de tempo, o restante do arranjo compreendendo os valores de inicialização (a saber,

zeros).

[00101] Da forma supramencionada, as etapas do fluxograma da figura 4b são preferivelmente atrasadas em um tempo de espera de segurança SWT em relação ao final do período de bloco $T(k)$. De fato, devido ao atraso de propagação dos pacotes P_{ki} através da rede de comunicação CN ou a um erro de sequência de recepção, os últimos pacotes P_{ki} marcados por V_a e transmitidos durante um período de bloco par $T(k)$ podem ser recebidos pelo nó receptor N2 no início do subsequente período de bloco ímpar $T(k+1)$. Portanto, depois do final de um período de bloco par $T(k)$, as variáveis em relação a pacotes recebidos marcados por V_a (a saber, C2a e TS2a(i)) ainda podem ser variáveis. Similarmente, os últimos pacotes marcados por V_b e transmitidos durante um período de bloco ímpar $T(k)$ podem ser recebidos pelo nó receptor N2 no início do subsequente período de bloco par $T(k+1)$. Portanto, depois do final de um período de bloco ímpar $T(k)$, as variáveis em relação a pacotes recebidos marcados por V_b (a saber, C2b e TS2b(j)) ainda podem ser variáveis.

[00102] O tempo de espera de segurança SWT garante que as variáveis em relação a pacotes marcados por V_a ou V_b sejam transmitidas para o servidor de gerenciamento MS apenas quando seus valores forem estabilizados. Isto também torna a perda de pacote e as medições de tempo com base em tais variáveis imunes a erros de sequência de recepção que ocorrem na borda entre consecutivos períodos de bloco. O tempo de espera de segurança SWT é preferivelmente compreendido entre 1 e 50 % do período de bloco T_b . Por exemplo, se o período de bloco T_b for igual a 5 minutos, o tempo de espera de segurança SWT pode ser igual a 20 % T_b , a saber, 1 minuto.

[00103] As etapas 422a e 422b podem ser realizadas, por exemplo, pelo estabelecimento de uma sessão de comunicação entre o nó receptor N2 e o servidor de gerenciamento MS com base em um conhecido protocolo de

comunicação, por exemplo, FTP (Protocolo de Transferência de Arquivo). A sessão de comunicação pode ser iniciada tanto pelo nó receptor N2 quanto pelo servidor de gerenciamento MS.

[00104] Adicionalmente, etapas 422a e 422b são preferivelmente realizadas em um instante aleatório compreendido entre o final do tempo de espera de segurança SWT e o final do período de bloco $T(k+1)$. Isto impede vantajosamente que o servidor de gerenciamento MS receba ao mesmo tempo os parâmetros em relação a todos os nós da rede de comunicação CN, o que pode induzir um congestionamento do servidor de gerenciamento MS. O tempo que decorre entre o final do tempo de espera de segurança SWT e o instante no qual as etapas 422a e 422b são realizadas é preferivelmente compreendido entre 1 % e 40 % T_b . Por exemplo, se o período de bloco T_b for 5 minutos, ele pode ser 20 %, isto é 1 minuto.

[00105] Portanto, depois da expiração de cada período de bloco $T(k)$, o servidor de gerenciamento MS recebe:

- um contador de transmissão $C1(k)$ igual a C_{a1} ou C_{1b} e o arranjo de N registros de tempo de transmissão $TS1a(l, k)$ igual a $TS1a(i)$ (ou $TS1b(j)$) provenientes do nó transmissor N1; e

- o contador de recepção $C2(k)$ igual a C_{2a} ou C_{2b} e o arranjo de N registros de tempo de recepção $TS2(l, k)$ igual a $TS2a(i)$ ou $TS2b(j)$ provenientes do nó receptor N2.

[00106] Depois da expiração de cada período de bloco $T(k)$, o servidor de gerenciamento MS pode, então, calcular uma perda de pacote $PL(k)$ em relação a este período de bloco $T(k)$ como uma diferença entre o contador de transmissão $C1(k)$ e o contador de recepção $C2(k)$. Tal medição da perda de pacote é vantajosamente imune a erros de sequência de recepção que envolvem indiferentemente pacotes a ser sujeitos à medição de tempo e/ou pacotes a não ser sujeitos à medição de tempo.

[00107] Adicionalmente, depois da expiração de cada período de bloco

$T(k)$, o servidor de gerenciamento MS pode calcular os atrasos unidirecionais $OWD(l, k)$ de um de no máximo N pacotes transmitidos durante o período de bloco $T(k)$ e com seu segundo subcampo de marcação b_2 igual a V_c . Para cada um destes pacotes, o atraso unidirecional $OWD(l, k)$ é calculado como uma diferença entre o l -ésimo elemento do arranjo de registros de tempo de recepção $TS_2(l, k)$ e o correspondente l -ésimo elemento do arranjo de registros de tempo de transmissão $TS_1(l, k)$. Uma vez que os atrasos unidirecionais $OWD(l, k)$ foram calculados, um mínimo atraso unidirecional $OWD_{min}(k)$ e um máximo atraso unidirecional $OWD_{max}(k)$ para o período de bloco $T(k)$ podem ser calculados como o mínimo e máximo entre tais atrasos unidirecionais $OWD(l, k)$.

[00108] Adicionalmente, uma vez que os atrasos unidirecionais $OWD(l, k)$ para um período de bloco $T(k)$ foram calculados, o servidor de gerenciamento MS pode calcular uma instabilidade $J(l, k)$ para cada par de consecutivos pacotes transmitidos durante o período de bloco $T(k)$ e com seu segundo subcampo de marcação b_2 igual a V_c como uma diferença entre seus atrasos unidirecionais $OWD(l, k)$.

[00109] Uma vez que as instabilidades $J(l, k)$ foram calculadas para um período de bloco $T(k)$, uma mínima instabilidade $J_{min}(k)$ (negativa) e uma máxima instabilidade $J_{max}(k)$ (positiva) para o período de bloco $T(k)$ podem ser calculadas como a mínima e a máxima entre estas instabilidades $J(l, k)$.

[00110] Tais medições de atraso unidirecional e de instabilidade (com as medições máxima e mínima relacionadas) proveem, entretanto, resultados válidos apenas quando não houver perda de pacote, ou pelo menos nenhuma perda de pacote que envolve os pacotes com seu segundo subcampo de marcação b_2 igual a V_c , a saber, pacotes a ser sujeitos a medições de tempo. De fato, se um ou mais pacotes a ser medidos forem perdidos durante o período de bloco $T(k)$, uma divergência é introduzida nos arranjos de registros de tempo de transmissão $TS_1(l, k)$ e registros de tempo de recepção $TS_2(l, k)$

para este período de bloco $T(k)$, já que $N_{\bullet\bullet}$ é inferior a N_{\bullet} . Isto altera os resultados da medição de atraso unidirecional para todos os pacotes subsequentes àquele perdido e todas as medições de tempo derivadas a partir dos mesmos, já que, para tais pacotes, o registro de tempo de recepção é comparado com o registro de tempo de transmissão de um outro pacote. Tais medições de tempo são, então, preferivelmente descartadas quando uma perda de pacote for detectada. Preferivelmente, para detecção da perda de pacote que envolve pacotes a ser sujeitos a medições de tempo, os contadores de transmissão $C1a$ e $C1b$ são aumentados em um apenas mediante transmissão de pacotes P_{ki} marcados por V_c (e não mediante transmissão de cada pacote P_{ki} , da forma mostrada na figura 3a) e, similarmente, os contadores de recepção $C2a$ e $C2b$ são aumentados em um apenas mediante recepção de pacotes P_{ki} marcados por V_c (e não mediante recepção de cada pacote P_{ki} , da forma mostrada na figura 4a). Então, depois da expiração de cada período de bloco, uma perda de pacote em relação aos pacotes P_{ki} marcados por V_c é preferivelmente calculada como uma diferença entre o registro de tempo de transmissão $C1a$ ou $C1b$ e o registro de tempo de recepção $C2a$ ou $C2b$. Se a perda de pacote em relação a um período $T(k)$ for diferente de zero, as medições de atraso unidirecional e de instabilidade (com as medições máxima e mínima relacionadas) em relação a este período são preferivelmente descartadas como sendo inválidas. De acordo com algumas variantes, a medição da perda de pacote apenas nos pacotes marcados como medidos é realizada, além da medição da perda de pacote na íntegra do fluxo de pacote PF . Em tal caso, dois conjuntos separados de contadores de transmissão e contadores de recepção devem ser implementados, a saber, um primeiro conjunto de contadores de transmissão e de recepção para contar todos os pacotes P_{ki} transmitidos e recebidos durante cada período de bloco, e um segundo conjunto de contadores de transmissão e de recepção para contar apenas pacotes marcados como pacotes a ser sujeitos a medições de tempo.

Embora a perda de pacote calculada usando o primeiro conjunto de contadores (a saber, na íntegra do fluxo de pacote PF) seja indicativa do comportamento do fluxo de pacote PF, a perda de pacote calculada usando o segundo conjunto de contadores (a saber, apenas nos pacotes Pki marcados como pacotes a ser medidos) é preferivelmente usada apenas para validar / invalidar as medições de tempo.

[00111] Por motivos similares, também, erros de sequência de recepção que ocorrem em um período de bloco T(k) e que envolvem a ultrapassagem entre pacotes a ser sujeitos à medição de tempo danificam a precisão da medição de atraso unidirecional, como exposto. Tais erros, diferentemente da perda de pacote, podem não ser detectados. Entretanto, a supradescrita escolha do mínimo tempo intertransmissões Tx vantajosamente permite evitar este tipo de erro de sequência de recepção.

[00112] Depois da expiração de cada período de bloco T(k), o servidor de gerenciamento MS também pode calcular um atraso unidirecional médio OWDav(k) para este período de bloco T(k). Com este propósito, o servidor de gerenciamento MS pode calcular os atrasos unidirecionais OWD(l, k) dos pacotes transmitidos durante o período de bloco T(k) e com seu segundo subcampo de marcação b2 igual a Vc, como exposto, e, então, calcular uma média. Alternativamente, o servidor de gerenciamento MS pode primeiramente calcular um registro de tempo de transmissão médio TS1av(k) como:

$$TS1av(k) = \frac{\sum_{l=1}^{N^*} TS1(l, k)}{N^*}, [1]$$

então, um registro de tempo de recepção médio TS2av(k)

como:

$$TS2av(k) = \frac{\sum_{l=1}^{N^{**}} TS2(l, k)}{N^{**}}, [2]$$

e, então, calcular o atraso unidirecional médio OWDav(k)

como uma diferença entre registro de tempo de recepção médio $TS2av(k)$ e registro de tempo de transmissão médio $TS1av(k)$. De acordo com variantes particularmente vantajosas, os próprios nós transmissores e receptores $N1$ e $N2$ preferivelmente calculam o registro de tempo de transmissão médio $TS1av(k)$ e o registro de tempo de recepção médio $TS2av(k)$, respectivamente, e enviam os mesmos para o servidor de gerenciamento MS , que meramente precisa calcular a diferença entre estes dois parâmetros recebidos.

[00113] Opcionalmente, o nó transmissor $N1$ e o nó receptor $N2$ também podem calcular um registro de tempo de transmissão médio e um registro de tempo de recepção médio em relação a todos os pacotes marcados Pki transmitidos durante o período de bloco $T(k)$, independentemente do valor de seu segundo subcampo de marcação $b2$. Isto permite que o servidor de gerenciamento MS calcule, além do atraso unidirecional médio $OWDav$ no subfluxo de pacotes Pki marcados por Vc , um atraso unidirecional médio da íntegra do fluxo de pacote PF .

[00114] Além disto, o servidor de gerenciamento MS também pode calcular uma instabilidade média $Jav(k)$ em relação ao período de bloco $T(k)$. Com este propósito, o servidor de gerenciamento MS preferivelmente calcula uma instabilidade de transmissão em um ponto média $OPJ1av(k)$ como:

$$OPJ1av(k) = \frac{\sum_{l=1}^{N^*-1} TS1(l+1,k) - TS1(l,k)}{N^*-1} = \frac{TS1(N^*,k) - TS1(1,k)}{N^*-1} \quad [3]$$

[00115] então, uma instabilidade de recepção em um ponto média $OPJ2av(k)$ como:

$$OPJ2av(k) = \frac{\sum_{l=1}^{N^{**}-1} TS2(l+1,k) - TS2(l,k)}{N^{**}-1} = \frac{TS2(N^{**},k) - TS2(1,k)}{N^{**}-1} \quad [4]$$

e, então, calcula a instabilidade média $Jav(k)$ como uma diferença entre a instabilidade de recepção em um ponto média $OPJ2av(k)$ e a instabilidade de transmissão em um ponto média $OPJ1av(k)$. De acordo com

variantes particularmente vantajosas, os próprios nós transmissores e receptores N1 e N2 preferivelmente calculam a instabilidade de transmissão em um ponto média $OPJ1av(k)$ e a instabilidade de recepção em um ponto média $OPJ2av(k)$ em relação ao período de bloco $T(k)$, respectivamente, e enviam as mesmas para o servidor de gerenciamento MS, que meramente precisa calcular a diferença entre estes dois parâmetros recebidos.

[00116] Opcionalmente, o nó transmissor N1 e o nó receptor N2 também podem calcular uma instabilidade de transmissão em um ponto média e uma instabilidade de recepção em um ponto média em relação a todos os pacotes marcados P_{ki} transmitidos durante o período de bloco $T(k)$, independentemente do valor de seu segundo subcampo de marcação b_2 . Isto permite que o servidor de gerenciamento MS calcule, além da instabilidade média $Jav(k)$ no subfluxo de pacotes P_{ki} marcados por V_c , uma instabilidade média da íntegra do fluxo de pacote PF .

[00117] O atraso unidirecional médio $OWDav(k)$ e a instabilidade média $Jav(k)$ calculados para um período de bloco $T(k)$, da forma supradescrita, são vantajosamente resistentes contra a possível perda de pacote que ocorre durante o período de bloco $T(k)$, em particular, contra a perda de pacote que afeta pacotes a ser sujeitos à medição de tempo. De fato, no caso em que um ou mais de tais pacotes forem perdidos antes de eles serem recebidos no nó receptor N2, isto afeta ligeiramente a precisão do atraso médio $OWDav(k)$ e da instabilidade média $Jav(k)$, em virtude de os dois registros de tempo médios $TS1av(k)$ e $TS2av(k)$, bem como as duas instabilidades em um ponto médias $OPJ1av(k)$ e $OPJ2av(k)$, serem calculados em diferentes conta de pacote N^* , N^{**} .

[00118] Além do mais, o atraso unidirecional médio $OWDav(k)$ e a instabilidade média $Jav(k)$ calculados da forma supradescrita são resistentes contra possíveis erros de sequência de recepção que ocorrem durante o período de bloco $T(k)$ e que envolvem uma ultrapassagem entre pacotes

sujeitos à medição de tempo. De fato, se a ordem na qual pacotes marcados por V_c são recebidos no nó receptor N2 for diferente da ordem na qual eles foram transmitidos pelo nó transmissor N1, o valor do registro de tempo de recepção médio $TS_{2av}(k)$ e da instabilidade de recepção em um ponto média $OPJ_{2av}(k)$ não muda (no caso de instabilidade, ele muda apenas se o erro envolver tanto o primeiro pacote quanto o último pacote a ser medidos transmitidos durante o período de bloco $T(k)$). Isto acontece também se, devido a um erro de sequência de recepção, alguns pacotes transmitidos durante um período de bloco forem recebidos durante o subsequente período de bloco, da forma discutida anteriormente em relação ao fluxograma da figura 4b.

[00119] Na descrição exposta, referência foi feita apenas a medições unidirecionais, a saber, a medições em relação a um fluxo de pacote transmitido do nó N1 para o nó N2. Tais medições proveem resultados precisos apenas no caso em que os nós N1, N2 forem sincronizados, a saber, se seus relógios locais indicarem as mesmas data e hora. Entretanto, em muitas aplicações, os nós N1 e N2 não são sincronizados. Em tais cenários, as medições unidirecionais (em particular, as medições unidirecionais de atraso) podem ser imprecisas, já que um deslocamento imprevisível existe entre registros de tempo de transmissão e registros de tempo de recepção.

[00120] Portanto, preferivelmente, se os nós N1 e N2 não forem sincronizados, os parâmetros de transmissão e recepção providos pelos nós N1 e N2 são usados para prover medições bidirecionais, em particular, medições de atraso bidirecionais, que "emulam" uma medição de atraso de ida e volta.

[00121] Em particular, de acordo com tais modalidades, além do processamento dos pacotes recebidos P_{ki} do fluxo de pacote PF da forma supradescrita em relação aos fluxogramas das figuras 4a e 4b, o segundo nó N2 também processa preferivelmente um fluxo de pacote adicional PF' dos

pacotes P_{ki}' transmitidos de N_2 para N_1 para prover, depois da expiração de cada período de bloco $T(k)$, um contador de transmissão $C1(k)'$ e um arranjo de N' registros de tempo de transmissão $TS1'(l, k)$ em relação ao fluxo de pacote PF' . O número N' (a saber, o máximo número de pacotes do fluxo PF' a ser sujeito a medições de tempo em cada período de bloco), no geral, pode ser diferente de N (a saber, o máximo número de pacotes do fluxo PF a ser sujeito a medições de tempo em cada período de bloco), em virtude de o mínimo tempo intertransmissões T_x' para medições de tempo na direção de N_2 até N_1 poder ser, a priori, diferente do mínimo tempo intertransmissões T_x para medições de tempo na direção de N_1 até N_2 .

[00122] Para prover contador de transmissão $C1(k)'$ e arranjo de N' registros de tempo de transmissão $TS1'(l, k)$ depois da expiração de cada período de bloco $T(k)$, o segundo nó N_2 basicamente aplica as etapas mostradas nas figuras 3a e 3b nos pacotes P_{ki}' do fluxo de pacote PF' .

[00123] Similarmente, além do processamento dos pacotes transmitidos P_{ki} do fluxo de pacote PF , da forma supradescrita em relação aos fluxogramas das figuras 3a e 3b, o primeiro nó N_1 também processa preferivelmente os pacotes P_{ki}' do fluxo de pacote adicional PF' recebido a partir do segundo nó N_2 para prover, depois da expiração de cada período de bloco $T(k)$, um contador de recepção $C2(k)'$ e um arranjo de N' registros de tempo de recepção $TS2'(l, k)$ em relação ao fluxo de pacote PF' . Com este propósito, o primeiro nó N_1 basicamente aplica as etapas mostradas nas figuras 4a e 4b no fluxo de pacote PF' .

[00124] Então, depois da expiração de cada período de bloco $T(k)$, os nós N_1 e N_2 , além de transmitir para o servidor de gerenciamento MS os valores de contadores e de registros de tempo em relação ao fluxo de pacote PF , também transmite os valores de contadores e de registros de tempo em relação ao fluxo de pacote PF' .

[00125] Então, os registros de tempo recebidos são preferivelmente

usados para realizar medições de atraso bidirecionais.

[00126] Em particular, um atraso bidirecional médio $TWDav(k)$ é preferivelmente calculado como uma soma do atraso unidirecional médio $OWDav(k)$ do fluxo de pacote PF calculado da forma supradescrita e um atraso unidirecional médio $OWDav'(k)$ do fluxo de pacote PF' calculado de uma maneira similar usando os parâmetros em relação ao fluxo de pacote PF'. Se atrasos unidirecionais médios tiverem sido calculados na íntegra dos fluxos de pacote PF e PF' (a saber, sem distinção entre pacotes marcados por Vc e pacotes marcados por Vd), um atraso bidirecional médio em relação à íntegra do tráfego também pode ser calculado.

[00127] Tal atraso bidirecional médio $TWDav(k)$ realmente é uma estimativa de um atraso de ida e volta, já que ele não é medido em um mesmo pacote transmitido para um lado e para o outro entre $N1$ e $N2$. Entretanto, ele é uma estimativa bastante precisa, já que ele é calculado como uma média em um alto número de pacotes de dois fluxos de pacote que propagam contador. Os inventores estimaram que a precisão do atraso bidirecional médio $TWDav(k)$ calculado da forma supradescrita é comparável com a precisão do atraso de ida e volta calculado com uma função de ping. Entretanto, vantajosamente, diferentemente da função de ping, o cálculo do atraso de ida e volta médio é realizado em tráfego real e não exige a transmissão de qualquer pacote artificial.

[00128] Então, um máximo atraso bidirecional $TWDmax(k)$ e um mínimo atraso bidirecional $TWDmin(k)$ são preferivelmente calculados. Com este propósito, os atrasos unidirecionais $OWD(l, k)$ dos pacotes do fluxo de pacote PF marcados por Vc são calculados como exposto. Além disto, atrasos unidirecionais $OWD'(l, k)$ dos pacotes do fluxo de pacote PF' marcados por Vc são calculados de uma maneira similar. Então, atrasos bidirecionais $TWD(l, k)$ são calculados, cada atraso bidirecional $TWD(l, k)$ sendo uma soma do atraso unidirecional $OWD(l, k)$ em relação a um certo pacote Pki do

fluxo de pacote PF e do atraso unidirecional $OWD'(l, k)$ de um correspondente pacote P_{ki}' do fluxo de pacote PF'. Preferivelmente, o correspondente pacote P_{ki}' é selecionado como aquele cujo registro de tempo de transmissão é o mais próximo do tempo de recepção do pacote P_{ki} entre todos os pacotes do fluxo de pacote PF' transmitidos durante o período de bloco $T(k)$ e marcados por V_c .

[00129] Deve ser percebido que, já que o número de pacotes P_{ki} do fluxo de pacote PF transmitido durante um certo período de bloco é, a priori, diferente do número de pacotes P_{ki}' do fluxo de pacote PF' transmitido durante o mesmo período de bloco (e, em particular, o número de pacotes marcados por V_c pode ser diferente nos dois fluxos), o número de registros de tempo de transmissão e de recepção disponíveis no final de um certo período de bloco $T(k)$ para fazer medições bidirecionais de tempo pode ser não o mesmo para os dois fluxos PF e PF'. Em particular, o número de atrasos unidirecionais $OWD(l, k)$ e $OWD'(l, k)$ disponíveis para fazer medição de atraso bidirecional pode não ser o mesmo para os dois fluxos PF e PF'. Portanto, a fim de apropriadamente combinar atrasos unidirecionais para calcular atrasos bidirecionais, é preferido começar a partir do fluxo de pacote PF ou PF' com o mais baixo número de pacotes marcados por V_c para os quais registros de tempo foram gerados e atraso unidirecional calculado. Considerando, por exemplo, que a taxa de pacote do fluxo de pacote PF' durante um certo período de bloco $T(k)$ foi inferior à taxa de pacote do fluxo de pacote PF, um mais alto número de registros de tempo de transmissão e de recepção (e, portanto, de atrasos unidirecionais $OWD(l, k)$ calculados) será disponível para o fluxo de pacote PF. Em tal caso, é preferido começar a partir do arranjo de atrasos unidirecionais $OWD'(l, k)$ calculados para o fluxo de pacote PF'. Em particular, para cada atraso unidirecional $OWD'(l, k)$ calculado, um correspondente atraso bidirecional $TWD(l, k)$ é calculado pela adição do atraso unidirecional $OWD(l, k)$ do pacote P_{ki} do fluxo de pacote PF

cujos tempo de transmissão é o mais próximo do tempo de recepção deste pacote. De acordo com uma variante particularmente preferida, um limite é preferivelmente fixo, que não deve ser superado pela diferença entre o registro de tempo de recepção e o registro de tempo de transmissão dos pacotes correspondidos. Isto impede que possíveis derivações dos relógios locais dos nós N1 e N2 aumentem o erro. Se a diferença entre o registro de tempo de recepção e o registro de tempo de transmissão dos pacotes correspondidos superar o limite, o atraso bidirecional calculado para estes pacotes correspondidos é preferivelmente descartado.

[00130] Uma vez que os atrasos bidirecionais $TWD(l, k)$ foram calculados para cada par de pacotes correspondidos dos fluxos de pacote que propagam contador PF, PF', outras medições bidirecionais podem ser realizadas.

[00131] Por exemplo, um máximo atraso bidirecional $TWD_{max}(k)$, um mínimo atraso bidirecional $TWD_{min}(k)$ e um atraso bidirecional médio $TWD_{av}(k)$ podem ser calculados como o máximo, o mínimo e a média dos atrasos bidirecionais $TWD(l, k)$ calculados.

[00132] Além do mais, de acordo com variantes preferidas, o percentual de pacotes cujo atraso bidirecional $TWD(l, k)$ está abaixo de um certo valor (que pode ser definido, por exemplo, por um SLA) pode ser estimado.

[00133] O método de medição de tempo supradescrito compreende mudar periodicamente o valor do primeiro subcampo de marcação b1 para dividir o fluxo de pacote PF em blocos. Isto, entretanto, não é limitante. De fato, de acordo com modalidades alternativas da presente invenção, o fluxo de pacote PF pode ser dividido em blocos sem o primeiro subcampo de marcação b1. Em particular, de acordo com uma modalidade preferida, o nó transmissor N1 pode inserir periodicamente no fluxo de pacote PF um pacote adicional que marca a borda entre um período de bloco $T(k)$ e o período de bloco

subsequente $T(k+1)$. Por exemplo, se a rede de comunicação CN for uma rede Ethernet, os pacotes adicionais podem ser quadros OAM que, da forma definida pela Recomendação ITU-T Y.1731 (02/2008), Capítulo 8.1 (páginas 25-27), são atualmente usados para permitir a medição da perda de quadro. De acordo com tais modalidades, perda de pacote é preferivelmente calculada no fluxo de pacote dividido em blocos, da forma provida por Y.1731. Entretanto, diferentemente de Y.1731, as medições de tempo não são realizadas nos pacotes OAM que dividem o fluxo de pacote em blocos. De acordo com tais modalidades, os pacotes do fluxo de pacote dividido em blocos são marcados para distinguir pacotes a ser sujeitos à medição de tempo dos pacotes a não ser sujeitos à medição de tempo, como exposto. Então, medições de tempo são realizadas nos pacotes marcados como pacotes a ser sujeitos à medição de tempo. Portanto, embora, de acordo com Y.1731, perda de pacote seja medida em tráfego real ao mesmo tempo em que medições de tempo são feitas em tráfego artificial (a saber, os pacotes OAM que dividem o tráfego real em blocos), de acordo com a presente invenção, tanto medições de perda de pacote quanto medições de tempo são realizadas em tráfego real.

[00134] No geral, no método de medição de tempo da presente invenção, o fluxo de pacote PF pode ser dividido em blocos por qualquer técnica, desde que tal técnica permita a identificação de períodos de bloco pares e períodos de bloco ímpares alternando no tempo. Isto permite a implementação de um conjunto duplo de variáveis (contadores e registros de tempo) em relação a pacotes transmitidos durante períodos de bloco pares e ímpares. Desta maneira, em cada período de bloco, um conjunto de variáveis está variando (etapas das figuras 3a e 4a) ao mesmo tempo em que o outro conjunto de variáveis tem valor fixo e pode, desta maneira, ser usado (etapas das figuras 3b e 4b) para realizar a perda de pacote e a medições de tempo, como exposto.

[00135] Na descrição exposta, foi considerado que todas as etapas dos

fluxogramas das figuras 3a, 3b são realizados no nó transmissor N1, enquanto que todas as etapas dos fluxogramas das figuras 4a, 4b são realizadas no nó receptor N2. Entretanto, isto não é limitante. De fato, em alguns casos, pode ser indesejável ou até mesmo impossível implementar o método para realizar uma medição de tempo nos nós. Este é o caso, por exemplo, quando os nós da rede de comunicação não compreenderem as funcionalidades básicas exigidas para suportar a execução das etapas do método, ou quando os nós forem de diferentes revendedores e, desta maneira, suas reconfigurações forem uma operação muito longa e onerosa. Em tais situações, de acordo com modalidades alternativas da presente invenção, pelo menos algumas das etapas do método são realizadas por computadores dedicados conectados nos nós, como será aqui descrito com detalhes a seguir.

[00136] De acordo com uma primeira modalidade alternativa, o nó transmissor N1 é preferivelmente conectado em um primeiro computador através de uma porta diferente da porta através da qual o fluxo de pacote PF é transmitido. Similarmente, o nó receptor N2 é preferivelmente conectado em um segundo computador PC2 através de uma porta diferente da porta através da qual o fluxo de pacote PF é recebido. De acordo com esta primeira implementação, o nó N1 marca os pacotes P_ki para dividir o fluxo de pacote PF em blocos e para identificar pacotes a ser sujeitos à medição de tempo, ao mesmo tempo em que a medição de tempo é realizada pelos computadores PC1, PC2 em cópias do tráfego real transmitido na rede de comunicação CN. Uma funcionalidade de marcação já disponível no nó N1 pode ser explorada para suportar a medição de tempo realizada pelos computadores PC1, PC2. Vantajosamente, no caso de um dos PCs ter falhado, apenas a medição de tempo é afetada, enquanto que a transmissão do fluxo de pacote PF não é afetada.

[00137] De acordo com uma segunda modalidade alternativa, o nó transmissor N1 é preferivelmente conectado em um primeiro computador PC1

através da mesma porta através da qual o fluxo de pacote PF é transmitido. Similarmente, o nó receptor N2 é preferivelmente conectado em um segundo computador PC2 através da mesma porta através da qual o fluxo de pacote PF é recebido. Em outras palavras, o primeiro computador PC1 e o segundo computador PC2 são sondas de travessia localizadas no caminho seguido pelo fluxo de pacote PF entre o nó transmissor N1 e o nó receptor N2. De acordo com esta segunda modalidade alternativa, o primeiro computador PC1 é configurado para realizar todas as etapas dos fluxogramas das figuras 3a e 3b, ao mesmo tempo em que o segundo computador PC2 é configurado para realizar todas as etapas dos fluxogramas das figuras 4a e 4b. Em outras palavras, de acordo com esta segunda modalidade alternativa, os nós N1, N2 não realizam nenhuma operação que suporta a medição de tempo, o que fica completamente a cargo dos computadores PC1, PC2. Os computadores PC1, PC2 basicamente implementam todas as funções de processamento de tráfego de um nó, mais as funções de medições de perda de pacote e de tempo. Portanto, a medição de tempo pode ser implementada independentemente das funcionalidades disponíveis nos nós N1, N2. Isto permite a implementação da medição de tempo em tráfego real transmitido em redes de comunicação que compreendem nós de diferentes tipos e diferentes revendedores.

[00138] Adicionalmente, na descrição exposta, foi considerado que os nós N1, N2 transmitem os respectivos parâmetros calculados (arranjo de contagem de pacote e de registro de tempo) para o servidor de gerenciamento MS, que usa os mesmos para calcular o atraso médio e a instabilidade média. De acordo com modalidades alternativas, as medições de perda de pacote e de tempo podem ser realizadas por um dos nós N1, N2. Portanto, considerando, por exemplo, que o cálculo é realizado pelo nó receptor N2, o nó transmissor N1 deve transmitir para o nó receptor N1 os parâmetros calculados. Tais parâmetros podem ser inseridos em um pacote dedicado, por exemplo, um quadro OAM. Portanto, de acordo com tais modalidades, o cálculo das

medições de tempo em relação a vários fluxos de pacote é vantajosamente distribuído nos nós da rede de comunicação CN.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para realizar uma medição de tempo em um fluxo de pacote (PF) transmitido através de uma rede de comunicação (CN) de um primeiro ponto de medição (N1) até um segundo ponto de medição (N2), caracterizado pelo fato de que dito método compreende:

a) no dito primeiro ponto de medição (N1), enquanto o dito fluxo de pacote (PF) for transmitido, dividir o dito fluxo de pacote (PF) em primeiros pacotes (Pki) transmitidos durante primeiros períodos (T(0), T(2), T(4), ...) e segundo pacotes (Pki) transmitidos durante segundos períodos (T(1), T(3), ...) que alternam no tempo com os ditos primeiros períodos (T(0), T(2), T(4), ...);

b) durante um certo período (T(k)), enquanto os ditos primeiros pacotes (Pki) forem transmitidos, marcar os ditos primeiros pacotes (Pki) pela definição de uma característica de cada um dos ditos primeiros pacotes (Pki) tanto em um primeiro valor de marcação (Vc) que indica um primeiro pacote (Pki) a ser sujeito à medição de tempo quanto em um segundo valor de marcação (Vd) que indica um primeiro pacote (Pki) a não ser sujeito à medição de tempo, e, no dito primeiro ponto de medição (N1), gerar um registro de tempo de transmissão para cada um dos ditos primeiros pacotes (Pki) marcados pelo dito primeiro valor de marcação (Vc), dita marcação compreendendo:

definir um tempo mínimo de intertransmissões predefinido (Tx) mais curto do que a duração do dito período, e

verificar se o dito tempo mínimo de intertransmissões decorreu desde a transmissão do último pacote marcado pelo dito primeiro valor de marcação (Vc) e, quando o tempo mínimo de intertransmissões decorrer, marcar o dito primeiro pacote pelo dito primeiro valor de marcação (Vc) no ou após o decurso do intervalo mínimo tempo de transmissão;

c) no dito segundo ponto de medição (N2), identificar ditos

primeiros pacotes (P_{ki}) marcados pelo dito primeiro valor de marcação (V_c) e, para cada um dos ditos primeiros pacotes (P_{ki}) marcados pelo dito primeiro valor de marcação (V_c), gerar um registro de tempo de recepção;

d) depois da expiração do dito período ($T(k)$), realizar a dita medição de tempo com base nos ditos registros de tempo de transmissão e nos ditos registros de tempo de recepção dos ditos primeiros pacotes (P_{ki}) marcados pelo dito primeiro valor de marcação (V_c).

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita etapa a) compreende marcar os ditos pacotes (P_{ki}) pela definição de uma característica adicional de cada um dos ditos pacotes (P_{ki}) tanto em um terceiro valor de marcação (V_a) que indica um primeiro pacote (P_{ki}) a ser transmitido durante os ditos primeiros períodos ($T(0)$, $T(2)$, $T(4)$, ...) quanto em um quarto valor de marcação (V_b) que indica um segundo pacote (P_{ki}) a ser transmitido durante os ditos segundos períodos ($T(1)$, $T(3)$, ...).

3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que cada pacote (P_{ki}) do dito fluxo de pacote (PF) compreende um campo de marcação (MF), um primeiro subcampo de marcação (b_1) do dito campo de marcação (MF) e a dita característica sendo um segundo subcampo de marcação (b_2) do dito campo de marcação (MF).

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito mínimo tempo intertransmissões (T_x) é mais longo do que um atraso unidirecional médio do dito fluxo de pacote (PF) do dito primeiro ponto de medição (N_1) até o dito segundo ponto de medição (N_2).

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito mínimo tempo intertransmissões (T_x) é mais longo do que um máximo atraso unidirecional do dito fluxo de pacote (PF) do dito primeiro ponto de medição (N_1) até o dito segundo ponto de medição (N_2).

6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo

fato de que o dito mínimo tempo intertransmissões (T_x) é mais longo do que ou igual a 10 milissegundos.

7. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita etapa b) compreende, mediante transmissão de cada um dos ditos primeiros pacotes (P_{ki}):

- verificar se o dito certo período ($T(k)$) é um dos ditos primeiros períodos ($T(0)$, $T(2)$, $T(4)$, ...) ou um dos ditos segundos períodos ($T(1)$, $T(3)$, ...); e

- se o dito certo período ($T(k)$) for um dos ditos primeiros períodos ($T(0)$, $T(2)$, $T(4)$, ...), aumentar um contador de transmissão (C_{1a}), verificar se o dito mínimo tempo intertransmissões (T_x) decorreu desde a transmissão do último pacote (P_{ki}) marcado pelo dito primeiro valor de marcação (V_c) e, em afirmativo, marcar o dito primeiro pacote (P_{ki}) pelo dito primeiro valor de marcação (V_c) e definir um de um número N de variáveis de registro de tempo de transmissão ($TS_{1a(i)}$) até um tempo atual (t_{\bullet}) indicado por um relógio local do dito primeiro ponto de medição (N_1).

8. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a dita etapa d) compreende:

- verificar se o dito período ($T(k)$) foi um dos ditos primeiros períodos ($T(0)$, $T(2)$, $T(4)$, ...) ou um dos ditos segundos períodos ($T(1)$, $T(3)$, ...);

- se o dito período ($T(k)$) foi um dos ditos primeiros períodos ($T(0)$, $T(2)$, $T(4)$, ...), usar o dito contador de transmissão (C_{1a}) e o dito número N de variáveis de registro de tempo de transmissão ($TS_{1a(i)}$) para realizar a dita medição de tempo; e

- redefinir o dito contador de transmissão (C_{1a}) e o dito número N de variáveis de registro de tempo de transmissão ($TS_{1a(i)}$).

9. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a dita etapa c) compreende, mediante recepção de cada pacote

(Pki):

- verificar se o dito pacote (Pki) é um dos ditos primeiros pacotes (Pki) ou um dos ditos segundos pacotes (Pki);

- se o dito pacote (Pki) for um dos ditos primeiros pacotes (Pki), aumentar um contador de recepção (C2a), verificar se o dito primeiro pacote (Pki) é marcado pelo dito primeiro valor (Vc) e, em afirmativo, definir um de um número N de variáveis do registro de tempo de recepção (TS2a(i)) em um tempo atual (t••) indicado por um relógio local do dito segundo ponto de medição (N2).

10. Método de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a dita etapa d) compreende:

- verificar se o dito período (T(k)) foi um dos ditos primeiros períodos (T(0), T(2), T(4), ...) ou um dos ditos segundos períodos (T(1), T(3), ...);

- se o dito período (T(k)) foi um dos ditos primeiros períodos (T(0), T(2), T(4), ...), usar o dito contador de recepção (C2a) e o dito número N de variáveis do registro de tempo de recepção (TS2a(i)) para realizar a dita medição de tempo; e

- redefinir o dito contador de recepção (C2a) e o dito número N de variáveis do registro de tempo de recepção (TS2a(i)).

11. Método de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a dita etapa d) é atrasada, em relação ao final do dito período (T(k)), em um tempo de espera predeterminado compreendido entre 1 % e 50 % de uma duração (Tb) do dito período (T(k)).

12. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita etapa d) compreende calcular um atraso unidirecional para cada um dos ditos primeiros pacotes (Pki) marcados pelo dito primeiro valor de marcação (Vc) como uma diferença entre o registro de tempo de transmissão e o registro de tempo de recepção gerado na etapa c) para o dito primeiro pacote (Pki).

13. Meio legível por computador não transitório caracterizado pelo fato de que é codificado com instruções legíveis por computador que, quando executadas por um computador, fazem com que o computador execute o método da reivindicação 1.

14. Nó (N1) para uma rede de comunicação (CN), caracterizado pelo fato de que o dito nó (N1) é configurado para transmitir um fluxo de pacote (PF) para um nó adicional (N2), o nó compreendendo pelo menos um computador e memória, o dito nó (N1) sendo configurado para:

a) enquanto o dito fluxo de pacote (PF) for transmitido, dividir o dito fluxo de pacote (PF) em primeiros pacotes (P_{ki}) transmitidos durante primeiros períodos ($T(0)$, $T(2)$, $T(4)$, ...) e segundos pacotes (P_{ki}) transmitidos durante segundos períodos ($T(1)$, $T(3)$, ...) que alternam no tempo com os ditos primeiros períodos ($T(0)$, $T(2)$, $T(4)$, ...);

b) durante um certo período ($T(k)$), enquanto os ditos primeiros pacotes (P_{ki}) forem transmitidos, marcar os ditos primeiros pacotes (P_{ki}) pela definição de uma característica de cada um dos ditos primeiros pacotes (P_{ki}) tanto em um primeiro valor de marcação (V_c) que indica um primeiro pacote (P_{ki}) a ser sujeito à medição de tempo quanto em um segundo valor de marcação (V_d) que indica um primeiro pacote (P_{ki}) a não ser sujeito à medição de tempo, e, para cada um dos ditos primeiros pacotes (P_{ki}) marcados pelo dito primeiro valor de marcação (V_c), gerar um registro de tempo de transmissão, a marcação compreendendo:

definir um tempo mínimo de intertransmissões predefinido (T_x) mais curto do que a duração do dito período, e

verificar se o dito tempo mínimo de intertransmissões decorreu desde a transmissão do último pacote marcado pelo dito primeiro valor de marcação (V_c) e, quando o tempo mínimo de intertransmissões decorrer, marcar o dito primeiro pacote pelo dito primeiro valor de marcação (V_c) no ou após o decurso do intervalo mínimo tempo de transmissão.

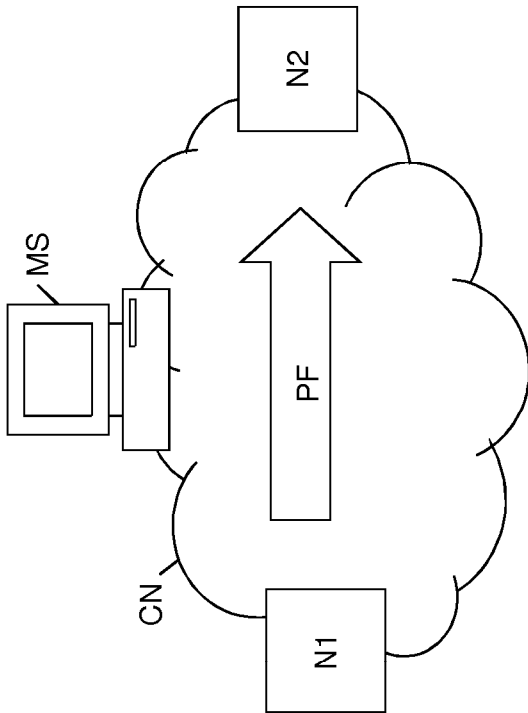


Figura 1

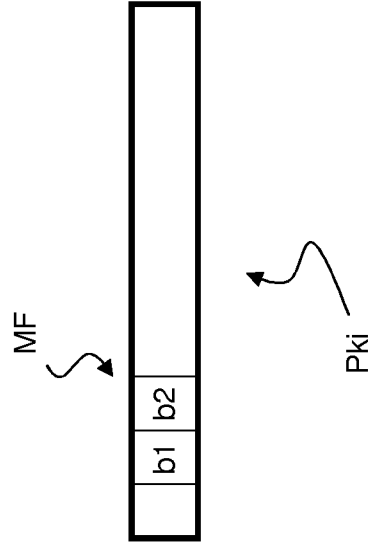
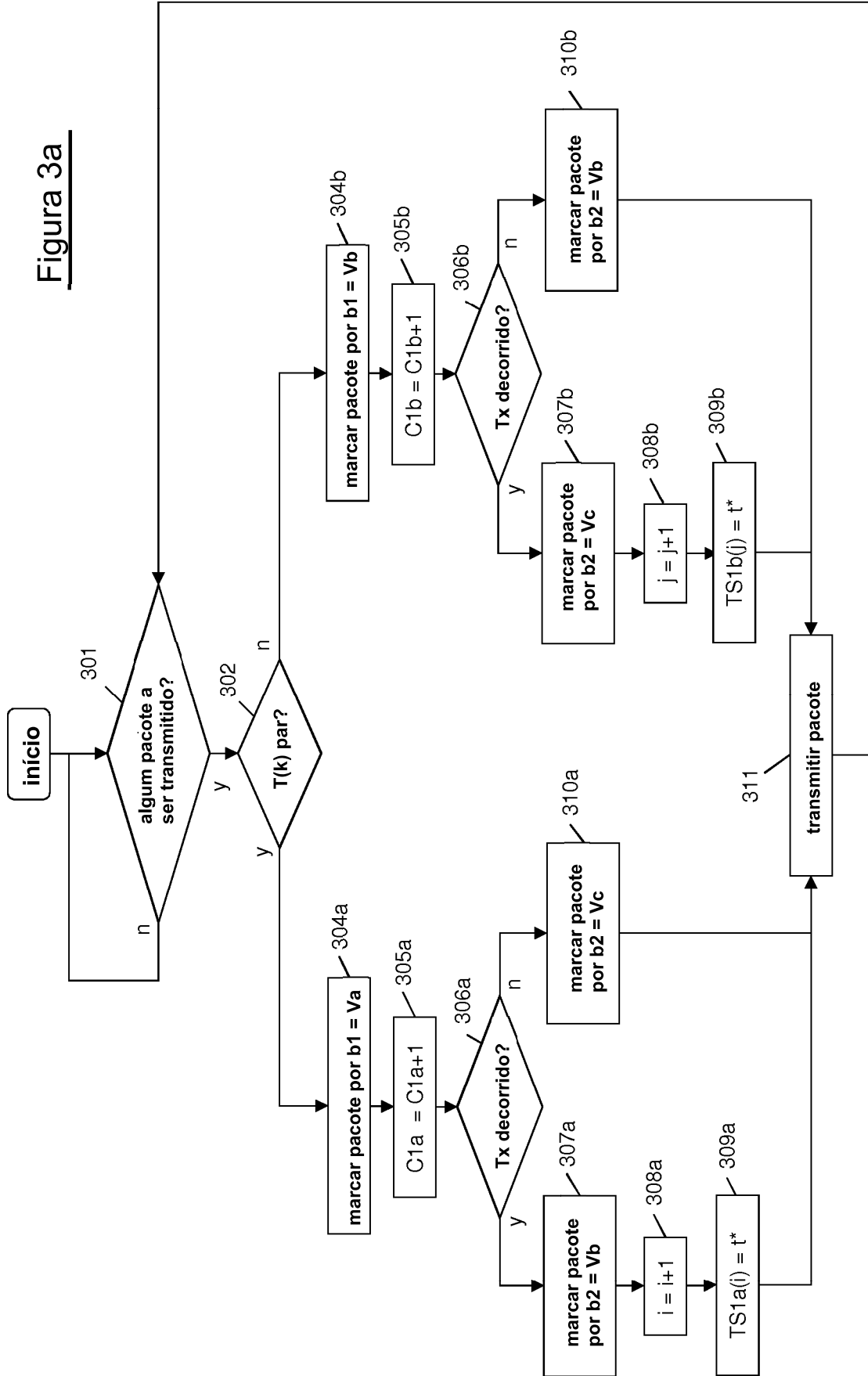


Figura 2

Figura 3a



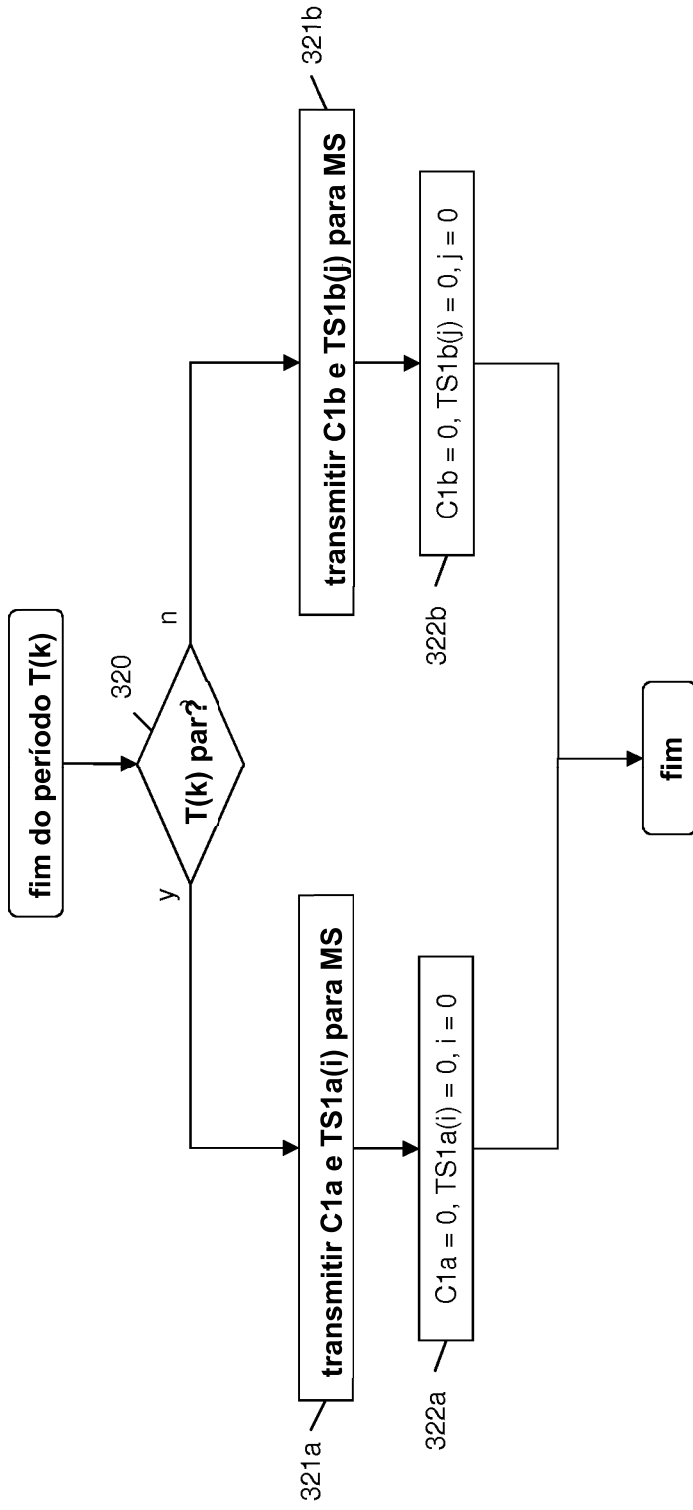


Figura 3b

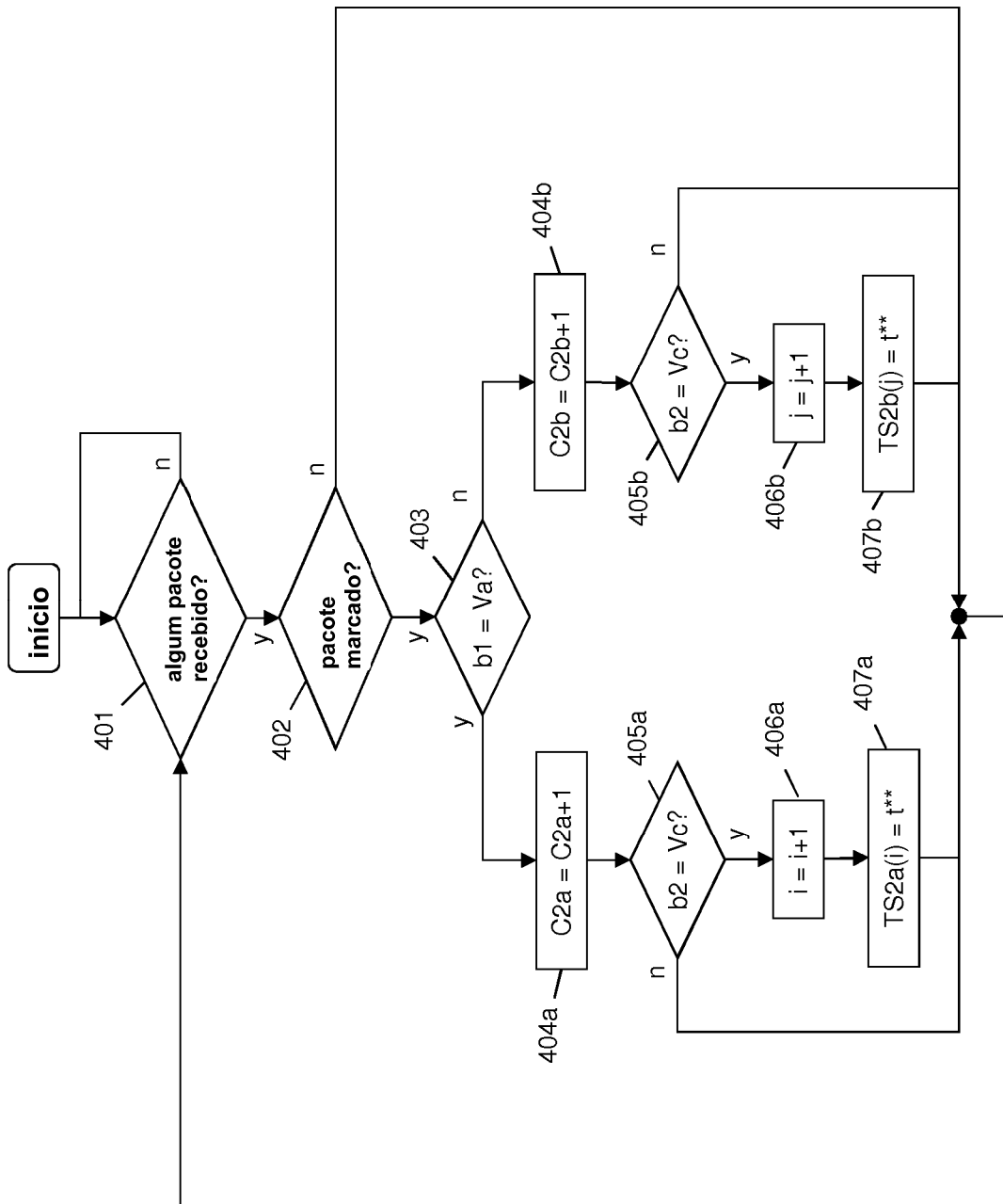


Figura 4a

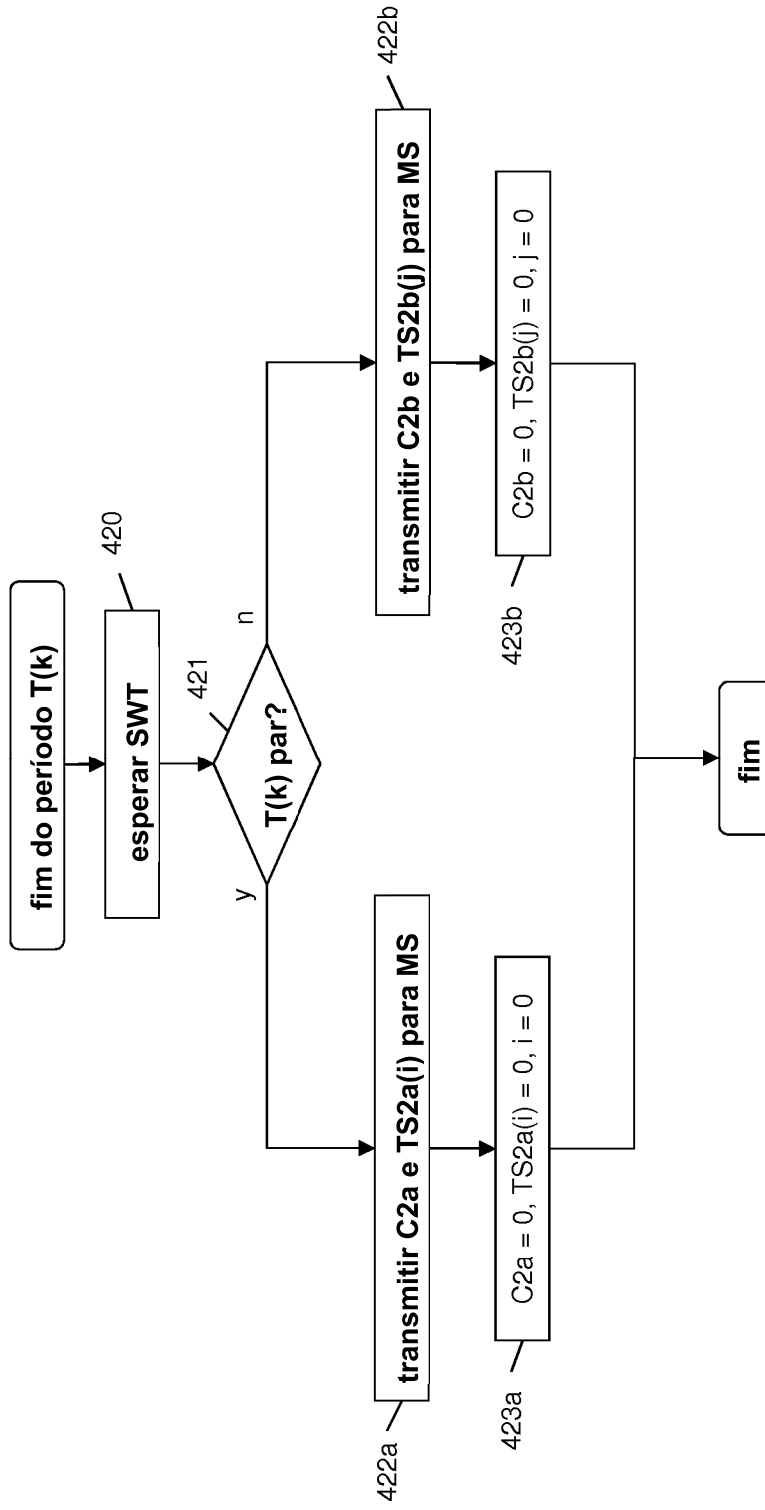


Figura 4b