



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년02월13일
(11) 등록번호 10-1947783
(24) 등록일자 2019년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 12/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7034707
(22) 출원일자(국제) 2012년05월22일
심사청구일자 2017년03월22일
(85) 번역문제출일자 2014년12월10일
(65) 공개번호 10-2015-0013743
(43) 공개일자 2015년02월05일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2012/059444
(87) 국제공개번호 WO 2013/174417
국제공개일자 2013년11월28일
(56) 선행기술조사문헌
W02001088763 A1*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
텔레콤 이탈리아 소시에떼 페 아찌오니
이탈리아 밀라노 20123 비아 가에타노 네그리 1
(72) 발명자
코칠리오 마우로
이탈리아 아이-10148 토리노 비아 쥐. 레이스 로
몰리 274 텔레콤 이탈리아 소시에떼 페 아찌오니
(74) 대리인
리앤목록특허법인

전체 청구항 수 : 총 12 항

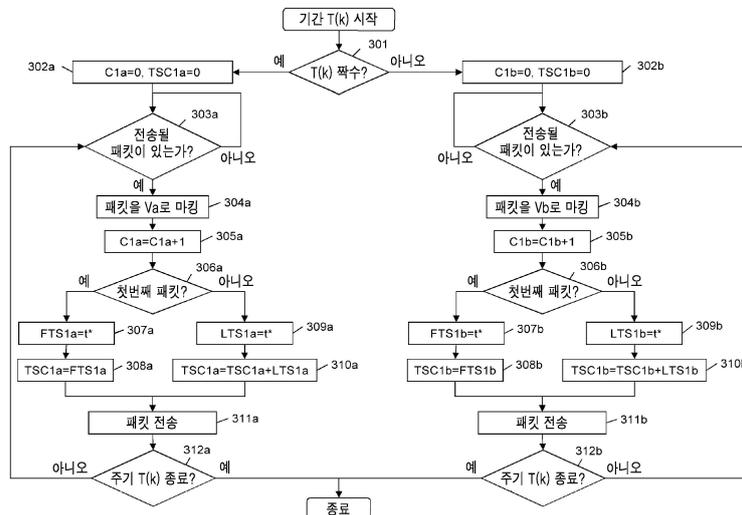
심사관 : 전용해

(54) 발명의 명칭 패킷-교환 통신 네트워크에서 패킷 흐름 상 타임 측정

(57) 요약

통신 네트워크의 제1 노드로부터 제2 노드로 전송될 패킷 흐름상에서의 타임 측정을 수행하는 방법이 개시된다. 상기 방법은: 주어진 블록 주기 동안에 전송된 패킷들에 관련된 전송 타임 파라미터들의 평균을 나타내는 매체 전송 타임 파라미터를 계산하고; 동일한 패킷들에 관련된 수신 타임 파라미터들의 평균을 나타내는 매체 수신 타임 파라미터를 계산하고; 그리고 상기 매체 전송 타임 파라미터 및 상기 매체 수신 타임 파라미터를 이용하여 상기 블록 주기 동안에 상기 패킷 흐름의 평균 성능을 나타내는 매체 타임 측정을 계산하는 것을 포함한다.

대표도



(56) 선행기술조사문헌

W02010072251 A1*

GB2422694 A

W02011079857 A1

JP2007208327 A

JP2007259162 A

JP2011023998 A

US20020039371 A1

US20070177520 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

통신 네트워크 (CN)의 제1 노드 (N1)로부터 제2 노드 (N2)로 전송될 패킷 흐름 (PF) 상에서의 타임 측정을 수행하는 방법으로서,

상기 패킷 흐름 (PF)은 상기 패킷 흐름 (PF)의 전송 시에 제1 블록 주기들 동안에 전송된 제1 패킷들 그리고 제2 블록 주기들 동안에 전송된 제2 패킷들로 분할되며, 상기 제1 블록 주기들은 상기 제2 블록 주기들과 시간 상 교번하며,

상기 패킷 흐름 (PF)은 상기 제1 블록 주기들 또는 상기 제2 블록 주기들 중의 블록 주기 (T(k)) 동안에 상기 제1 노드 (N1)에 의해서 전송된 적어도 두 개의 패킷들 (Pki)을 포함하며, 상기 방법은:

- a) 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki)에 관련된 적어도 두 개의 전송 타임 파라미터들 (TS1(i, k))의 평균을 나타내는, 상기 블록 주기 (T(k))에 대한 매체 전송 타임 파라미터 (TSM1(k))를 계산하는 단계로, 상기 매체 전송 타임 파라미터 (TSM1(k))는 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki)의 전송 시에 생성된 적어도 두 개의 전송 타임스탬프들 (TS1(i, k))의 평균으로서 계산된 매체 전송 타임스탬프 (TSM1(k))를 포함하는, 계산 단계;
- b) 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki)에 관련된 적어도 두 개의 수신 타임 파라미터들 (TS2(i, k))의 평균을 나타내는, 상기 블록 주기 (T(k))에 대한 매체 수신 타임 파라미터 (TSM2(k))를 계산하는 단계로, 상기 매체 수신 타임 파라미터 (TSM2(k))는 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki)의 수신 시에 생성된 적어도 두 개의 수신 타임스탬프들 (TS2(i, k))의 평균으로서 계산된 매체 수신 타임스탬프 (TSM2(k))를 포함하는, 계산 단계; 그리고
- c) 상기 매체 전송 타임 파라미터 (TSM1(k)) 및 상기 매체 수신 타임 파라미터 (TSM2(k))를 이용하여 상기 블록 주기 (T(k)) 동안에 상기 패킷 흐름 (PF)의 평균 성능을 나타내는, 상기 블록 주기 (T(k))에 대한 매체 타임 측정 (DM(k))을 계산하는 단계로, 상기 매체 타임 측정 (DM(k))은 상기 매체 수신 타임스탬프 (TSM2(k))와 상기 매체 전송 타임스탬프 (TSM1(k)) 사이의 차이로서 계산된 매체 지연 (DM(k))을 포함하는, 계산 단계를 포함하는, 타임 측정 수행 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

- 상기 단계 a)에서, 상기 매체 전송 타임 파라미터 (TSM1(k), OPJM1(k))는 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki) 중 마지막 패킷의 전송 시각을 나타내는 마지막-패킷 전송 타임스탬프 (TS1(C1(k), k)) 그리고 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki) 중 첫 번째 패킷의 전송 시각을 나타내는 첫 번째-패킷 전송 타임스탬프 (TS1(1, k)) 사이의 차이를 상기 블록 주기 (T(k)) 동안에 상기 제1 노드 (N1)에 의해서 전송된 패킷들의 제1 개수 (C1(k))에서 1을 뺀 것으로 나눈 것으로서 계산된 매체 원-포인트 전송 지터 (OPJM1(k))를 포함하며;
- 상기 단계 b)에서, 상기 매체 수신 타임 파라미터 (TSM2(k), OPJM2(k))는 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki) 중 상기 마지막 패킷의 수신 시각을 나타내는 마지막-패킷 전송 타임스탬프 (TS2(C2(k), k)) 그리고 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki) 중 상기 첫 번째 패킷의 수신 시각을 나타내는 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 (TS2(1, k)) 사이의 차이를 상기 블록 주기 (T(k)) 동안에 상기 제2 노드 (N2)에 의해서 수신된 패킷들의 제2 개수 (C2(k))에서 1을 뺀 것으로 나눈 것으로서 계산된 매체 원-포인트 수신 지터 (OPJM2(k))를 포함하며; 그리고
- 상기 단계 c)에서, 상기 매체 타임 측정 (DM(k), JM(k))은 상기 매체 원-포인트 수신 지터 (OPJM2(k)) 그리고 상기 매체 원-포인트 전송 지터 (OPJM1(k)) 사이의 차이로서 계산된 매체 지터 (JM(k))를 포함하는, 타임 측정 수행 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

- 상기 단계 a)에서, 상기 매체 전송 타임 파라미터 (TSM1(k), OPJM1(k))는 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki) 중 마지막 패킷의 전송 시각을 나타내는 마지막-패킷 전송 타임스탬프 (TS1(C1(k), k)) 그리고 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki) 중 첫 번째 패킷의 전송 시각을 나타내는 첫 번째-패킷 전송 타임스탬프 (TS1(1, k)) 사이의 차이를 상기 블록 주기 (T(k)) 동안에 상기 제1 노드 (N1)에 의해서 전송된 패킷들의 제1 개수 (C1(k))에서 1을 뺀 것으로 나눈 것으로서 계산된 매체 원-포인트 전송 지터 (OPJM1(k))를 포함하며;
- 상기 단계 b)에서, 상기 매체 수신 타임 파라미터 (TSM2(k), OPJM2(k))는 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki) 중 상기 마지막 패킷의 수신 시각을 나타내는 마지막-패킷 수신 타임스탬프 (TS2(C2(k), k)) 그리고 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki) 중 상기 첫 번째 패킷의 수신 시각을 나타내는 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 (TS2(1, k)) 사이의 차이를 상기 블록 주기 (T(k)) 동안에 상기 제1 노드 (N1)에 의해서 전송된 패킷들의 제1 개수 (C1(k))에서 1을 뺀 것으로 나눈 것으로서 계산된 매체 원-포인트 수신 지터 (OPJM2(k))를 포함하며; 그리고
- 상기 c) 단계에서, 상기 매체 타임 측정 (DM(k), JM(k))은 상기 매체 원-포인트 수신 지터 (OPJM2(k)) 그리고 상기 매체 원-포인트 전송 지터 (OPJM1(k)) 사이의 차이로서 계산된 매체 지터 (JM(k))를 포함하는, 타임 측정 수행 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 분할하는 단계는 상기 제1 패킷들을 제1 마킹 값 (Va)으로 마킹하고 그리고 상기 제2 패킷들을 제2 마킹 값 (Vb)으로 마킹하는 단계를 포함하는, 타임 측정 수행 방법.

청구항 7

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 단계 a)는 상기 제1 노드 (N1)에 의해서 수행되며 그리고 상기 단계 b)는 상기 제2 노드 (N2)에 의해서 수행되는, 타임 측정 수행 방법.

청구항 8

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 단계 a)는 상기 제1 노드 (N1)에 연결된 제1 컴퓨터 (PC1)에 의해서 수행되며 그리고 상기 단계 b)는 상기 제2 노드 (N2)에 연결된 제2 컴퓨터 (PC2)에 의해서 수행되는, 타임 측정 수행 방법.

청구항 9

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 단계 c)는 상기 통신 네트워크 (CN)와 협동하는 관리 서버 (MS)에 의해서 수행되는, 타임 측정 수행 방법.

청구항 10

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 단계 c)는 상기 제1 노드 (N1) 및 상기 제2 노드 (N2) 중 하나에 의해서 수행되는, 타임 측정 수행 방법.

청구항 11

통신 네트워크 (CN) 용의 노드 (N1)로서,

상기 노드 (N1)는 상기 통신 네트워크 (CN)의 추가 노드 (N2)로 패킷 흐름 (PF)을 전송하도록 구성되며,

상기 패킷 흐름 (PF)은 상기 패킷 흐름 (PF)의 전송 시에 제1 블록 주기들 동안에 전송된 제1 패킷들 그리고 제2 블록 주기들 동안에 전송된 제2 패킷들로 분할되며, 상기 제1 블록 주기들은 상기 제2 블록 주기들과 시간 상

교번하며,

상기 패킷 흐름 (PF)은 상기 제1 블록 주기들 또는 상기 제2 블록 주기들 중의 블록 주기 (T(k)) 동안에 상기 노드 (N1)에 의해서 전송된 적어도 두 개의 패킷들 (Pki)을 포함하며, 상기 노드 (N1)는:

- 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki)에 관련된 적어도 두 개의 전송 타임 파라미터들 (TS1(i, k))의 평균을 나타내는, 상기 블록 주기 (T(k))에 대한 매체 전송 타임 파라미터 (TSM1(k))를 계산하도록 구성되며, 상기 매체 전송 타임 파라미터 (TSM1(k))는 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki)의 전송 시에 생성된 적어도 두 개의 전송 타임스탬프들 (TS1(i, k))의 평균으로서 계산된 매체 전송 타임스탬프 (TSM1(k))를 포함하며; 그리고
- 상기 블록 주기 (T(k)) 동안에 상기 패킷 흐름 (PF)의 평균 성능을 나타내는, 상기 블록 주기 (T(k))에 대한 매체 타임 측정 (DM(k))을 계산하기 위해 상기 매체 전송 타임 파라미터 (TSM1(k))를 제공하도록 구성되며, 상기 매체 타임 측정 (DM(k))은 매체 수신 타임스탬프 (TSM2(k))와 상기 매체 전송 타임스탬프 (TSM1(k)) 사이의 차이로서 계산된 매체 지연 (DM(k))을 포함하는, 통신 네트워크 노드.

청구항 12

통신 네트워크 (CN) 용의 노드 (N2)로서,

상기 노드 (N2)는 상기 통신 네트워크 (CN)의 추가 노드 (N1)로부터 패킷 흐름 (PF)을 수신하도록 구성되며,

상기 패킷 흐름 (PF)은 상기 패킷 흐름 (PF)의 전송 시에 제1 블록 주기들 동안에 전송된 제1 패킷들 그리고 제2 블록 주기들 동안에 전송된 제2 패킷들로 분할되며, 상기 제1 블록 주기들은 상기 제2 블록 주기들과 시간 상 교번하며,

상기 패킷 흐름 (PF)은 상기 제1 블록 주기들 또는 상기 제2 블록 주기들 중의 블록 주기 (T(k)) 동안에 상기 추가 노드 (N1)에 의해서 전송된 적어도 두 개의 패킷들 (Pki)을 포함하며, 상기 노드 (N2)는:

- 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki)에 관련된 적어도 두 개의 수신 타임 파라미터들 (TS2(i, k))의 평균을 나타내는, 상기 블록 주기 (T(k))에 대한 매체 수신 타임 파라미터 (TSM2(k))를 계산하도록 구성되며, 상기 매체 수신 타임 파라미터 (TSM2(k))는 상기 적어도 두 개의 패킷들 (Pki)의 수신 시에 생성된 적어도 두 개의 수신 타임스탬프들 (TS2(i, k))의 평균으로서 계산된 매체 수신 타임스탬프 (TSM2(k))를 포함하며; 그리고
- 상기 블록 주기 (T(k)) 동안에 상기 패킷 흐름 (PF)의 평균 성능을 나타내는, 상기 블록 주기 (T(k))에 대한 매체 타임 측정 (DM(k))을 계산하기 위해 상기 매체 수신 타임 파라미터 (TSM2(k))를 제공하도록 구성되며, 상기 매체 타임 측정 (DM(k))은 상기 매체 수신 타임스탬프 (TSM2(k))와 매체 전송 타임스탬프 (TSM1(k)) 사이의 차이로서 계산된 매체 지연 (DM(k))을 포함하는, 통신 네트워크 노드.

청구항 13

제1 노드 (N1) 및 제2 노드 (N2)를 포함하는 통신 네트워크 (CN)로서,

상기 제1 노드 (N1)는 상기 제2 노드 (N2)로 패킷을 전송하도록 구성되며,

상기 패킷 흐름 (PF)은 블록 주기 (T(k)) 동안에 상기 제1 노드 (N1)에 의해서 전송된 적어도 두 개의 패킷들 (Pki)을 포함하며,

상기 제1 노드 (N1)는 제11항에 따른 것이며 그리고 상기 제2 노드 (N2)는 제12항에 따른 것인, 통신 네트워크.

청구항 14

컴퓨터 프로그램을 포함하는 컴퓨터-판독가능 저장 매체로서,

적어도 하나의 컴퓨터의 메모리에 적재가능하며 그리고 상기 컴퓨터 프로그램이 적어도 하나의 컴퓨터에서 실행 될 때에 제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 한 항의 방법의 단계들을 수행하기 위한 소프트웨어 코드부들을 포함하는, 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 통신 네트워크의 분야에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 패킷-교환 (packet-switched) 통신 네트워크에서 패킷 흐름 상에서의 타임 측정 (특히, 지연 그리고/또는 패킷 수신 간격 지터 (interarrival jitter) 측정)을 수행하기 위한 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 그런 방법을 구현하도록 구성된 통신 네트워크 용의 노드들 및 컴퓨터들에 관한 것이며, 그리고 그런 노드들 및 컴퓨터들을 포함하는 컴퓨터 네트워크들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 패킷-교환 통신 네트워크에서, 소스 노드로부터 목적지 노드로 가능한 중간 노드들을 통해서 라우팅된 패킷들의 형상으로 데이터가 전송된다. 예시적인 패킷-교환 네트워크들은 IP (Internet Protocol) 네트워크들, 이더넷 네트워크들 그리고 MPLS (Multi-Protocol Label Switching) 네트워크들이다.

[0003] 패킷들은 항상 그 목적지 노드에 도착하는 것은 아니다. 즉, 그 패킷들은 네트워크를 통한 전송 동안에 손실될 수 있다. 패킷들의 손실은 상이한 이유들로 인한 것이다. 예를 들면, 노드 또는 링크가 고장날 수 있을 것이며, 그럼으로써 그 고장이 우회되거나 또는 수리될 때까지 전체 패킷의 손실을 초래한다. 다른 방식에서, 패킷들은 노드의 포트들에서 혼잡으로 인해서 그 노드에 의해서 폐기될 수 있을 것이다. 게다가, 패킷들이 비트 오류들을 포함하고 있기 때문에 노드에 의해 그 노드들이 폐시될 수 있을 것이다. 어떤 경우이든, 패킷-교환 네트워크를 통해서 데이터를 전송함으로써 서비스가 제공될 때에, 전송 동안에 패킷들의 손실 레이트는 그 서비스의 서비스 품질 (quality of service (QoS))에 영향을 미친다.

[0004] 게다가, 패킷은 소스 노드에 의해 전송 시각에 전송되며 그리고 목적지 노드에 의해 수신 시각에 수신된다. 전송 시각 및 수신 시각 사이에 경과한 시간은 보통은 "단 방향 지연 (one way delay)" (또는, 간략하게 "지연 (delay)")으로 불린다. 패킷의 지연은 다음의 식으로 주어진다:

[0005] [수학식 1]

[0006]
$$D = Trx - Ttx$$

[0007] 이 경우 Trx는 상기 패킷의 전송 시각이며 그리고 Ttx는 상기 패킷의 수신 시각이다.

[0008] 패킷의 지연은 소스로부터 목적지까지 상기 패킷이 지나간 가능한 중간 노드들의 개수, 각 노드에서 상기 패킷의 영속 (permanence) 시간 그리고 링크들을 따르는 전파 (propagation) 시간에 주로 종속한다. 패킷들이 각 노드에 의해서 홉 단위로 (hop-by-hop) 라우팅되기 때문에, 패킷들이 지나가는 가능한 중간 노드들의 개수 그리고 각 노드에서 패킷들의 영속 시간 둘 모두는 예측할 수 없다. 따라서, 패킷의 지연은 대개는 예측 불가능하다.

[0009] 게다가, 동일한 패킷 흐름의 패킷들은 상이한 지연들을 가질 수 있다. 동일한 데이터 흐름 중 두 개의 패킷들의 지연들에서의 차이는 "패킷 수신 간격 지터 (interarrival jitter)"로 명명된다. 특히, Ttx1 및 Ttx2이 제1 패킷 및 제2 패킷에 대한 전송 시각들이며, 그리고 Trx1 및 Trx2이 상기 제1 패킷 및 상기 제2 패킷에 대한 수신 시각들이면, 상기 패킷 수신 간격 지터는 다음과 같이 표현될 수 있을 것이다:

[0010] [수학식 2]

[0011]
$$J = (Trx1 - Trx2) - (Ttx1 - Ttx2)$$

[0012] 통신 서비스 (특히, 호출, 컨퍼런스 호출, 비디오 컨퍼런스 등과 같은 실-시간 음성 또는 데이터 서비스)가 패킷-교환 네트워크에 의해서 제공될 때에, 상기 서비스를 운반하는 패킷 흐름의 지연 및 패킷 수신 간격 지터는 상기 서비스의 최종 사용자들이 감지하는 서비스 품질 (QoS)에 강력하게 영향을 미친다. 그러므로, 통신 네트워크에서 패킷 흐름들의 지연/패킷 수신 간격 지터를 측정하는 것은 네트워크 운영자들에 대해서는 특히 관심대상이다.

[0013] (본원의 출원인과 동일한 출원인의) WO 2010/072251은 전송 노드로부터 수신 노드로 통신 네트워크를 통해서 전송된 데이터 흐름의 데이터 손실을 측정하기 위한 방법을 개시한다. 상기 데이터 흐름 중의 데이터 유닛을 전송하기 이전에, 상기 전송 노드는 상기 데이터 흐름을 블록들로 분할하기 위해서 각 데이터 유닛을 마킹한다. 특히, 상기 전송 노드는 각 데이터 유닛의 헤더의 비트를 "1" 또는 "0"로 세팅하여 각 데이터 유닛을 마킹한다. 상기 마킹은 일련의 블록들이라는 결과가 되게 하며, 이 경우에 "1"로 마킹된 데이터 유닛들의 블록들은 "0"으로 마킹된 데이터 유닛들의 블록들과 시간 상 교번한다. 상기 블록들은 "블록 주기 (block period)" Tb (예를 들면, 5분)으로 명명된 동일한 지속시간을 가질 수 있을 것이다. 또한, 상기 전송 노드는 "1"로 마킹된 데이터 유닛이 전송될 때마다 제1 카운터 C1을 1씩 증가시키며, 그리고 "0"으로 마킹된 데이터 유닛이 전송될 때마다

제2 카운터 C0을 1씩 증가시킨다. 상기 마킹된 데이터 유닛들은 그 후에 상기 수신 노드에서 수신된다. 상기 수신 노드가 데이터 유닛을 수신할 때마다, 그 데이터 유닛의 마킹을 체크하며, 그 마킹이 "1" 이라면 제3 카운터 C'1을 증가시키며 그리고 그 마킹이 "0" 이라면 제4 카운터 C'0을 증가시킨다. 상기 카운터들 C1, C0, C'1 및 C'0의 값들은 주기적으로 검출되며 그리고 그 검출된 값들은 각 블록 주기에서 데이터 손실을 계산하기 위해서 사용된다.

[0014] (본원의 출원인과 동일인 출원인의) WO 2011/079857은 통신 네트워크의 전송 노드로부터 수신 노드로 전송된 데이터 흐름 상에서 타임 측정을 수행하기 위한 (특히, 지연 및/또는 패킷 수신 간격 지터를 측정하기 위한) 방법을 개시한다. WO 2011/079857에 따르면, 전송 노드에서, WO 2010/072251에 의해서 개시된 상기의 마킹 동작에 추가로, 각 블록 주기에 전송 타임스탬프가 또한 생성되며, 이는 현재 블록의 미리 정해진 데이터 유닛 (예를 들면, 상기 현재 블록의 제1 데이터 유닛)이 전송된 시각을 나타낸다. 수신 노드에서, 각 블록 주기에 수신 타임스탬프가 생성되며, 이는 현재 블록의 미리 정해진 데이터 유닛이 수신된 시각을 나타낸다. 각 블록 주기에서, 상기 전송 타임스탬프 그리고 상기 수신 타임스탬프는 상기 현재 블록의 미리 정의된 데이터 유닛의 지연을 계산하기 위해서 사용된다.

[0015] 본 출원인은 WO 2011/079857에서 개시된 타임 측정을 수행하기 위한 솔루션을 개선하기 위한 필요성을 감지했다.

[0016] 실제로, 상기 솔루션은 각 블록 주기에 대해서 샘플 패킷 (즉, 미리 정해진 데이터 유닛)에 참조된 단일의 지연 측정을 제공한다. 그런 지연 측정은 동일한 블록 주기 동안에 전송된 다른 패킷들이 겪은 지연들에 대해서는 어떤 표시도 제공하지 않으며, 이 다른 패킷들이 겪은 지연은 상기 샘플 패킷이 겪은 지연과는 매우 상이할 수 있을 것이다.

[0017] 또한, 주어진 블록 주기의 상기 샘플 패킷이 수신 노드에 도착하기 이전에 손실되는 경우에, 그 블록 주기에 대해서는 어떤 의미있는 지연 측정도 계산되지 않을 수 있다. 또한, 상기 샘플 패킷을 포함하는 블록 주기에 수신 시퀀스 오류가 발생하는 경우에 (즉, 상기 패킷들이 전송되었던 순서와 상이한 순서로 수신된다), 그 블록 주기에 대해서는 어떤 의미있는 지연 측정도 계산되지 않을 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 상기의 내용을 고려하여, 본 출원인은 패킷-교환 통신 네트워크에서 전송된 패킷 흐름 상에서 타임 측정을 수행하기 위한 방법을 제공하는 상기 문제점에 도전하며, 이는 모든 전송된 패킷들의 행동을 표시하는 결과를 제공하며 그리고 이는 있을 수 있는 패킷 손실 및 수신 시퀀스 오류들에 대항하여 더욱 강건하다.

과제의 해결 수단

[0019] 다음의 설명에서 그리고 청구범위에서, "타임 측정을 수행 (performing a time measurement)"의 표현은 다음의 것들을 측정하는 동작을 표시한다:

[0020] - 상기 제1 노드로부터 상기 제2 노드로의 전송에 의해 패킷 상에 유발된 지연; 그리고/또는

[0021] - 상기 제1 노드로부터 상기 제2 노드로의 전송에 의해 패킷들의 쌍에 유발된 패킷 수신 간격 지터.

[0022] 게다가, 다음의 설명에서 그리고 청구범위에서, "패킷에 마킹 (marking a packet)"의 표현은 패킷의 특징을 미리 정의된 마킹 값으로, 특히, 적어도 두 개의 교번하는 마킹 값들 중 하나로 세팅하는 동작을 표시할 것이다. 예를 들면, 패킷에 마킹하는 동작은 패킷의 하나 또는 그 이상의 비트들을 적어도 두 개의 미리 정의된 교번 마킹 값들 중 하나로 세팅하는 동작, 그것의 주파수 또는 그것의 위상을 적어도 두 개의 미리 정의된 교번 마킹 값들 중 하나로 세팅하는 동작 등을 포함할 수 있을 것이다.

[0023] 첫 번째 모습에 따라서, 본 발명은 통신 네트워크의 제1 노드로부터 제2 노드로 전송될 패킷 흐름 상에서의 타임 측정을 수행하는 방법을 제공하며, 상기 패킷 흐름은 블록 주기 동안에 상기 제1 노드에 의해서 전송된 적어도 두 개의 패킷들을 포함하며, 상기 방법은:

[0024] a) 상기 적어도 두 개의 패킷들에 관련된 적어도 두 개의 전송 타임 파라미터들의 평균을 나타내는 매체 전송 타임 파라미터를 계산하는 단계;

- [0025] b) 상기 적어도 두 개의 패킷들에 관련된 적어도 두 개의 수신 타임 파라미터들의 평균을 나타내는 매체 수신 타임 파라미터를 계산하는 단계; 그리고
- [0026] c) 상기 매체 전송 타임 파라미터 및 상기 매체 수신 타임 파라미터를 이용하여 상기 블록 주기 동안에 상기 패킷 흐름의 평균 성능을 나타내는 매체 타임 측정을 계산하는 단계를 포함한다.
- [0027] 바람직하게는:
- [0028] - 상기 단계 a)에서, 상기 매체 전송 타임 파라미터는 상기 적어도 두 개의 패킷들의 전송 시에 생성된 적어도 두 개의 전송 타임스탬프들의 평균으로서 계산된 매체 전송 타임스탬프를 포함하며;
- [0029] - 상기 단계 b)에서, 상기 매체 수신 타임 파라미터는 상기 적어도 두 개의 패킷들의 수신 시에 생성된 적어도 두 개의 수신 타임스탬프들의 평균으로서 계산된 매체 수신 타임스탬프를 포함하며;
- [0030] - 상기 단계 c)에서, 상기 매체 타임 측정은 상기 매체 수신 타임스탬프와 상기 매체 전송 타임스탬프 사이의 차이로서 계산된 매체 지연 (DM(k))을 포함한다.
- [0031] 또한, 바람직하게는:
- [0032] - 상기 단계 a)에서, 상기 매체 전송 타임 파라미터는 상기 적어도 두 개의 패킷들 중 마지막 패킷의 전송 시각을 나타내는 마지막-패킷 전송 타임스탬프 그리고 상기 적어도 두 개의 패킷들 중 첫 번째 패킷의 전송 시각을 나타내는 첫 번째-패킷 전송 타임스탬프 사이의 차이를 상기 블록 주기 동안에 상기 제1 노드에 의해서 전송된 패킷들의 제1 개수에서 1을 뺀 것으로 나눈 것으로서 계산된 매체 원-포인트 전송 지터를 포함하며;
- [0033] - 상기 단계 b)에서, 상기 매체 수신 타임 파라미터는 상기 적어도 두 개의 패킷들 중 상기 마지막 패킷의 수신 시각을 나타내는 마지막-패킷 전송 타임스탬프 그리고 상기 적어도 두 개의 패킷들 중 상기 첫 번째 패킷의 수신 시각을 나타내는 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 사이의 차이를 상기 블록 주기 동안에 상기 제2 노드에 의해서 수신된 패킷들의 제2 개수에서 1을 뺀 것으로 나눈 것으로서 계산된 매체 원-포인트 수신 지터를 포함하며; 그리고
- [0034] - 상기 단계 c)에서, 상기 매체 타임 측정은 상기 매체 원-포인트 수신 지터 그리고 상기 매체 원-포인트 전송 지터 사이의 차이로서 계산된 매체 지터를 포함한다.
- [0035] 대안으로:
- [0036] - 상기 단계 a)에서, 상기 매체 전송 타임 파라미터는 상기 적어도 두 개의 패킷들 중 마지막 패킷의 전송 시각을 나타내는 마지막-패킷 전송 타임스탬프 그리고 상기 적어도 두 개의 패킷들 중 첫 번째 패킷의 전송 시각을 나타내는 첫 번째-패킷 전송 타임스탬프 사이의 차이를 상기 블록 주기 동안에 상기 제1 노드에 의해서 전송된 패킷들의 제1 개수에서 1을 뺀 것으로 나눈 것으로서 계산된 매체 원-포인트 전송 지터를 포함하며;
- [0037] - 상기 단계 b)에서, 상기 매체 전송 타임 파라미터는 상기 적어도 두 개의 패킷들 중 상기 마지막 패킷의 수신 시각을 나타내는 마지막-패킷 수신 타임스탬프 그리고 상기 적어도 두 개의 패킷들 중 상기 첫 번째 패킷의 수신 시각을 나타내는 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 사이의 차이를 상기 블록 주기 동안에 상기 제1 노드에 의해서 전송된 패킷들의 제1 개수에서 1을 뺀 것으로 나눈 것으로서 계산된 매체 원-포인트 수신 지터를 포함하며; 그리고
- [0038] - 상기 c) 단계에서, 상기 매체 타임 측정은 상기 매체 원-포인트 수신 지터 그리고 상기 매체 원-포인트 전송 지터 사이의 차이로서 계산된 매체 지터를 포함한다.
- [0039] 바람직하게는, 상기 방법은, 상기 패킷 흐름의 전송 시에 상기 패킷 흐름을 제1 블록 주기들 동안에 전송된 제1 패킷들 그리고 제2 블록 주기들 동안에 전송된 제2 패킷들로 분할하는 단계를 더 포함하며, 상기 제1 블록 주기들은 상기 제2 블록 주기들과 시간 상 교번한다.
- [0040] 바람직한 실시예들에 따라, 상기 분할하는 단계는 상기 제1 패킷들을 제1 마킹 값으로 마킹하고 그리고 상기 제2 패킷들을 제2 마킹 값으로 마킹하는 단계를 포함한다.
- [0041] 제1 실시예에 따라서, 상기 단계 a)는 상기 제1 노드에 의해서 수행되며 그리고 상기 단계 b)는 상기 제2 노드에 의해서 수행된다.
- [0042] 제2 실시예에 따라서, 상기 단계 a)는 상기 제1 노드에 연결된 제1 컴퓨터에 의해서 수행되며 그리고 상기 단계

b)는 상기 제2 노드에 연결된 제2 컴퓨터에 의해서 수행된다.

- [0043] 바람직하게는, 상기 단계 c)는 상기 통신 네트워크와 협동하는 관리 서버에 의해서 수행된다.
- [0044] 대안으로, 상기 단계 c)는 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드 중 하나에 의해서 수행된다.
- [0045] 두 번째 모습에 따라서, 본 발명은 통신 네트워크 용의 노드를 제공하며, 상기 노드는 상기 통신 네트워크의 추가 노드로 패킷 흐름을 전송하도록 구성되며, 상기 패킷 흐름은 블록 주기 동안에 상기 노드에 의해서 전송된 적어도 두 개의 패킷들을 포함하며, 상기 노드는:
 - [0046] - 상기 적어도 두 개의 패킷들에 관련된 적어도 두 개의 전송 타임 파라미터들의 평균을 나타내는 매체 전송 타임 파라미터를 계산하며; 그리고
 - [0047] - 상기 블록 주기 동안에 상기 패킷 흐름의 평균 성능을 나타내는 매체 타임 측정을 계산하기 위해 상기 매체 전송 타임 파라미터를 제공하도록 구성된다.
- [0048] 세 번째 모습에 따라서, 본 발명은 통신 네트워크 용의 노드를 제공하며, 상기 노드는 상기 통신 네트워크의 추가 노드로부터 패킷 흐름을 수신하도록 구성되며, 상기 패킷 흐름은 블록 주기 동안에 상기 추가 노드에 의해서 전송된 적어도 두 개의 패킷들을 포함하며, 상기 노드는:
 - [0049] - 상기 적어도 두 개의 패킷들에 관련된 적어도 두 개의 수신 타임 파라미터들의 평균을 나타내는 매체 수신 타임 파라미터를 계산하며; 그리고
 - [0050] - 상기 블록 주기 동안에 상기 패킷 흐름의 평균 성능을 나타내는 매체 타임 측정을 계산하기 위해 상기 매체 수신 타임 파라미터를 제공하도록 구성된다.
- [0051] 네 번째 모습에 따라서, 본 발명은 제1 노드 및 제2 노드를 포함하는 통신 네트워크를 제공하며, 상기 제1 노드는 상기 제2 노드로 패킷을 전송하도록 구성되며, 상기 패킷 흐름은 블록 주기 동안에 상기 제1 노드에 의해서 전송된 적어도 두 개의 패킷들을 포함하며, 이 경우에 상기 제1 노드는 상기 두 번째 모습에 따른 것이며 그리고 상기 제2 노드는 상기 세 번째 모습에 따른 것이다.
- [0052] 다섯 번째 모습에 따라서, 본 발명은 컴퓨터 프로그램 제품을 제공하며, 그 컴퓨터 프로그램 제품은 적어도 하나의 컴퓨터의 메모리에 적재가능하며 그리고 상기 제품이 적어도 하나의 컴퓨터에서 실행될 때에 위에서 제시된 방법의 단계들을 수행하기 위한 소프트웨어 코드부들을 포함한다.
- [0053] 여섯 번째 모습에 따라서, 본 발명은 통신 네트워크의 노드에 연결되도록 구성된 컴퓨터를 제공하며, 상기 노드는 상기 통신 네트워크의 추가 노드로 패킷 흐름을 전송하도록 구성되며, 상기 패킷 흐름은 블록 주기 동안에 상기 노드에 의해서 전송된 적어도 두 개의 패킷들을 포함하며, 상기 컴퓨터는:
 - [0054] - 상기 적어도 두 개의 패킷들에 관련된 적어도 두 개의 전송 타임 파라미터들의 평균을 나타내는 매체 전송 타임 파라미터를 계산하며; 그리고
 - [0055] - 상기 블록 주기 동안에 상기 패킷 흐름의 평균 성능을 나타내는 매체 타임 측정을 계산하기 위해 상기 매체 전송 타임 파라미터를 제공하도록 구성된다.
- [0056] 일곱 번째 모습에 따라서, 본 발명은 통신 네트워크의 노드에 연결되도록 구성된 컴퓨터를 제공하며, 상기 노드는 상기 통신 네트워크의 추가 노드로부터 패킷 흐름을 수신하도록 구성되며, 상기 패킷 흐름은 블록 주기 동안에 상기 추가 노드에 의해서 전송된 적어도 두 개의 패킷들을 포함하며, 상기 컴퓨터는:
 - [0057] - 상기 적어도 두 개의 패킷들에 관련된 적어도 두 개의 수신 타임 파라미터들의 평균을 나타내는 매체 수신 타임 파라미터를 계산하며; 그리고
 - [0058] - 상기 블록 주기 동안에 상기 패킷 흐름의 평균 성능을 나타내는 매체 타임 측정을 계산하기 위해 상기 매체 수신 타임 파라미터를 제공하도록 구성된다.
- [0059] 여덟 번째 모습에 따라서, 본 발명은 제1 노드 및 제2 노드를 포함하는 통신 네트워크를 제공하며, 상기 제1 노드는 상기 제2 노드로 패킷을 전송하도록 구성되며, 상기 패킷 흐름은 블록 주기 동안에 상기 제1 노드에 의해서 전송된 적어도 두 개의 패킷들을 포함하며, 상기 통신 네트워크는 상기 제1 노드에 연결된 제1 컴퓨터 그리고 상기 제2 노드에 연결된 제2 컴퓨터를 포함하며, 이 경우에 상기 제1 컴퓨터는 상기 다섯 번째 모습에 따른 것이며 그리고 상기 제2 컴퓨터는 상기 여섯 번째 모습에 따른 것이다.

[0060] 첫 번째의 바람직한 변형에 따라서, 상기 제1 컴퓨터는 상기 제1 노드로부터 상기 패킷 흐름을 수신하고 그리고 그 패킷 흐름을 상기 제2 컴퓨터로 전달하도록 더 구성되며; 그리고 상기 제2 컴퓨터는 상기 제1 컴퓨터로부터 상기 패킷 흐름을 수신하고 그리고 그 패킷 흐름을 상기 제2 노드로 전달하도록 더 구성된다.

[0061] 두 번째 바람직한 변형에 따라서, 상기 제1 컴퓨터는 상기 제1 노드로부터 상기 패킷 흐름의 제1 사본을 수신하고 그리고 상기 매체 전송 타임 파라미터를 계산할 때에 상기 제1 사본을 상기 패킷 흐름으로 복사하도록 더 구성되며; 그리고 상기 제2 컴퓨터는 상기 제2 노드로부터 상기 패킷 흐름의 제2 사본을 수신하고 그리고 상기 매체 수신 타임 파라미터를 계산할 때에 상기 제2 사본을 상기 패킷 흐름으로 종결하도록 더 구성된다.

[0062] 세 번째 바람직한 변형에 따라서, 상기 제1 컴퓨터는 상기 패킷 흐름을 생성하고 그리고 그 패킷 흐름을 상기 제1 노드로 전달하도록 더 구성되며; 그리고 상기 제2 컴퓨터는 상기 제2 노드로부터 상기 패킷 흐름을 수신하고 그리고 그 패킷 흐름을 종결하도록 더 구성된다.

발명의 효과

[0063] 본 발명의 효과는 본 명세서의 해당되는 부분들에 개별적으로 명시되어 있다.

도면의 간단한 설명

[0064] 본 발명은 동반된 도면들을 참조하여 읽은, 예로서 주어진 것이며 제한하는 것이 아닌 다음의 상세한 설명으로부터 더 명백하게 될 것이다.

도 1은 예시적인 패킷-교환 네트워크를 개략적으로 보여준다.

도2는 본 발명의 실시예에 따른 패킷의 구조를 개략적으로 보여준다.

도 3a 및 도 3b는 전송 측에서, 본 발명의 실시예에 따라 타임 측정을 수행하기 위한 방법을 도시한 흐름도이다.

도 4b 및 도 4c는 수신 측에서, 본 발명의 실시예에 따라 타임 측정을 수행하기 위한 방법을 도시한 흐름도이다.

도 5a, 도 5b 및 도 5c는 도 1의 통신 네트워크에서 타임 측정을 수행하기 위한 방법의 세 가지 대안의 실시예들을 보여준다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0065] 도 1은 예시적인 패킷-교환 통신 네트워크 CN을 개략적으로 보여주며, 이 네트워크에서 본 발명의 실시예들에 따른 타임 측정을 수행하기 위한 방법이 구현될 수 있을 것이다. 상기 통신 네트워크 CN은 IP 네트워크, 이더넷 네트워크, MPLS 네트워크 또는 어떤 다른 알려진 유형의 패킷-교환 통신 네트워크일 수 있다.

[0066] 상기 통신 네트워크 CN은 어떤 알려진 위상 (topology)에 따른 링크들에 의해서 상호 연결된 복수의 노드들을 포함한다.

[0067] 특히, 상기 통신 네트워크 CN은 제1 노드 N1 및 제2 노드 N2를 포함한다. 상기 제1 노드 N1 (본원에서 이제부터는 "전송 노드 (transmitting node)"로도 불린다)은 패킷 흐름 PF를, 상기 통신 네트워크 CN의 중간 노드들 (도 1에 도시되지 않음)을 아마도 통해서, 상기 제2 노드 (본원에서 이제부터는 "수신 노드 (receiving node)"로도 불린다)로 전송하도록 구성된다. 상기 전송 노드 N1은 상기 패킷 흐름 PF의 소스 노드 또는 상기 소스 노드로부터 목적지 노드까지의 경로의 중간 노드 중 어느 하나일 수 있다. 유사하게, 상기 수신 노드 N2는 상기 패킷 흐름 PF의 목적지 노드 또는 상기 소스 노드로부터 상기 목적지 노드까지의 경로의 중간 노드 중 어느 하나일 수 있다.

[0068] 바람직하게는, 상기 통신 네트워크 CN은 관리 서버 MS와 협동하기에 또한 적합하다. 상기 관리 서버 MS는 상기 통신 네트워크 CN의 노드들 중 어느 하나의 노드에 연결된 독립형 (stand-alone) 서버일 수 있다. 대안으로, 상기 관리 서버 MS는 상기 통신 네트워크 CN의 노드들 중 어느 하나에서 구현될 수 있을 것이다.

[0069] 본 발명의 바람직한 실시예들에 따라, 상기 패킷 흐름 PF는 마킹된 패킷들 P_k의 시퀀스를 포함하며, 즉, 각 패킷 P_k는 피쳐 (feature) (즉, 적어도 하나의 비트를 포함하는 필드)를 포함하며, 그 피쳐의 값은 두 개의 양자택일의 마킹 값들 V_a, V_b 중 하나의 값으로 세팅된다.

[0070] 더 상세하게는, 도 2에서 보이는 것처럼, 각 패킷 P_{ki}은 헤더 H_i 그리고 페이로드 P_i를 포함한다. 상기 페이로드 P_i는 전송될 데이터를 포함한다. 게다가, 바람직하게는, 상기 헤더 H_i는 소스 노드 주소 및 목적지 노드 주소와 같이 상기 패킷 P_{ki}를 라우팅하기 위한 정보를 포함한다. 상기 패킷 P_{ki}는 마킹 필드 MF를 더 포함하며, 이 필드는 두 개의 양자택일의 마킹 값들 V_a, V_b 중 하나의 값으로 세팅될 수 있을 것이다. 상기 마킹 필드 MF는 바람직하게는 상기 헤더 H_i 내에 포함된다. 상기 마킹 필드 MF는 예를 들면 프로토콜 [상기 패킷 P_{ki}가 이 프로토콜에 따라서 포맷된다]이 특정 기능을 아직 할당하지 않은 필드일 수 있다. 대안으로, 상기 마킹 필드 MF는 다른 사용 용도들을 가진 필드 내에 포함될 수 있을 것이다. 예를 들면, IP 패킷들인 경우에, 상기 마킹 필드 MF는 8-비트 DS (Differentiated Service) 필드의 비트를 포함할 수 있으며, 그리고 그것의 두 개의 양자택일 마킹 값들 V_a 및 V_b는 각각 1 및 0일 수 있다.

[0071] 상기 패킷들 P_{ki}는 상기 전송 노드 N1에 의한 패킷들의 전송 시에 마킹되는 것이 바람직하며, 이것은 상기 마킹 필드 MF의 값을 상기 두 개의 양자택일 값들 V_a, V_b 중 하나의 값으로 적절하게 세팅한다. 상기 전송 노드 N1은 상기 마킹 필드 MF에 할당된 마킹 값 V_a, V_b를 주기 T_b로 주기적으로 변경하며, 이 주기 T_b는 이하에서는 "블록 주기 (block period)"로 명명될 것이다. 이 방식에서, 제1 블록 주기들 (또한 이하에서는 "짝수 블록 주기들 (even block periods)"로 불린다) 동안에 마킹된 패킷들 P_{ki}는 제1 마킹 값 V_a에 의해서 마킹되며, 반면에 시간 상 상기 제1 블록 주기들과 교번하는 (alternate) 제2 블록 주기들 (또한 이하에서는 "홀수 블록 주기들 (odd block periods)"로 불린다) 동안에 마킹된 패킷들 P_{ki}는 제2 마킹 값 V_b (예를 들면, 0)에 의해서 마킹된다.

[0072] 상기 블록 주기 T_b는, 원하는 타임 측정 레이트 (이는 이하에서 더 상세하게 설명될 것이며, 상기 블록 주기 T_b는 또한 상기 측정 주기이기도 하다)에 따라 상기 네트워크 운영자에 의해서 세팅될 수 있을 것이다. 예를 들면, 상기 블록 주기 T_b는 5분과 동일할 수 있을 것이다.

[0073] 본 발명의 바람직한 실시예들에 따라, 각 블록 주기 T(k) (k=0, 1, 2, 3, 등)dpt, 각 패킷 P_{ki}에 대해 전송 타임스탬프 TS1(i, k)가 생성되며, 이것은 상기 전송 노드 N1에 의해서 상기 패킷 P_{ki}가 전송되는 시각을 표시한다. 그러면, 상기 블록 주기 T(k)의 매체 (medium) 전송 타임스탬프 TSM1(k)는 다음의 식에 따라서 바람직하게 계산된다:

[0074] [수학식 3]

$$TSM1(k) = \frac{\sum_{i=1}^{C1(k)} TS1(i, k)}{C1(k)}$$

[0075]

[0076] 이 경우에 C1(k)는 블록 주기 T(k) 동안에 상기 전송 노드 N1에 의해서 전송된 패킷들 P_{ki}의 카운트이다.

[0077] 또한, 각 블록 주기 T(k)에서, 각 패킷 P_{ki}에 대해 수신 타임스탬프 TS2(i, k)가 생성되며, 이것은 상기 패킷 P_{ki}가 상기 수신 노드 N2에 의해서 수신된 시각을 표시한다. 그러면, 매체 수신 타임스탬프 TSM2(k)는 다음의 식에 따라서 바람직하게 계산된다:

[0078] [수학식 4]

$$TSM2(k) = \frac{\sum_{i=1}^{C2(k)} TS2(i, k)}{C2(k)}$$

[0079]

[0080] 이 경우 C2(k)는 상기 블록 주기 T(k) 동안에 상기 수신 노드 N2에 의해서 수신된 패킷들 P_{ki}의 카운트이다. 상기 패킷 흐름 PF의 패킷들이 현재 블록 주기 T(j) 동안에 손실되었다면 상기 수신 패킷 카운트 C2(k)는 상기 전송 카운트 C1(k) 보다 더 작으며, 한편, 상기 현재 블록 주기 T(j) 동안에 어떤 패킷 손실도 발생하지 않았다면 상기 수신 패킷 카운트 C2(k)는 상기 전송 카운트 C1(k)와 동일하다.

[0081] 바람직하게는, 각 블록 주기 T(k)에 대해서 매체 지연 DM(k)는 그러면 다음의 식에 따라서 계산된다:

[0082] [수학식 5]

[0083] $DM(k) = TSM2(k) - TSM1(k).$

[0084] 그래서, 본 발명에 따라, 각 블록 주기에 대해 단일의 샘플 패킷을 참조하는 지연 측정을 제공하는 것 대신에, 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 모든 패킷들이 겪는 평균 지연을 나타내는 지연 측정이 제공된다. 다른 말로 하면, 본 발명에 따라서 계산된 지연 측정은 전체적으로 상기 블록 주기 T(k) 동안에 상기 패킷 흐름 PF의 성능에 대한 추정을 제공한다.

[0085] 상기 계산은, 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 모든 패킷들에 관련된 전송 타임스탬프들을 집계하는 (aggregate) 단일의 매체 전송 타임스탬프 TSM1(k) 그리고 블록 주기 T(k) 동안에 수신된 모든 패킷들에 관련된 수신 타임스탬프들을 집계하는 단일의 매체 수신 타임스탬프 TSM2(k)를 기초로 하는 것이 유리하다. 그래서, 상기 매체 지연 계산이 상기 관리 서버 MS에 의해서 수행되는 경우에, 각 블록 주기 T(k)에서 각 노드 N1 및 N2는 각각 단일의 타임스탬프 TSM1(k) 및 TSM2(k)를 상기 관리 서버 MS로 전송해야 한다. 그래서, 블록 주기 동안에 전송된 그리고 수신된 모든 패킷들의 지연들을 나타내는 상기 매체 지연을 계산하는 것은 상기 통신 네트워크 CN을 통한 두 개의 타임스탬프들만의 전송을 필요로 한다. 이것은 통신 네트워크 CN에서 대역폭을 절약하는 것을 유리하게도 가능하게 한다.

[0086] 또한, 상기 매체 지연 측정은 상기 블록 주기 T(k) 내에서 발생하는 가능한 패킷 손실 및/또는 수신 시퀀스 오류들에 대해서 내성이 있으며, 이는 이하에서 상세하게 설명될 것이다.

[0087] 본 발명의 바람직한 실시예에 따라, 각 블록 주기 T(k)에 대해서, 수학식 3에 따라 매체 전송 타임스탬프 TSM1(k)을 계산하는 것에 추가로, 매체 원-포인트 전송 지터 OPJM1(k) 또한 다음의 식에 따라서 계산된다:

[0088] [수학식 6]

$$OPJM1(k) = \frac{\sum_{i=1}^{C1(k)-1} TS1(i+1, k) - TS1(i, k)}{C1(k) - 1} = \frac{TS1(C1(k), k) - TS1(1, k)}{C1(k) - 1}$$

[0089]

[0090] 상기 매체 원-포인트 전송 지터 OPJM1(k)는 기본적으로 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 연속적인 패킷들 커플들의 전송 시각들 사이의 오프셋들의 평균이다.

[0091] 또한, 각 블록 주기 T(k)에 대해, 수학식 4에 따라 상기 매체 수신 타임스탬프 TSM2(k)를 계산하는 것에 추가로, 매체 원-포인트 수신 지터 OPJM2(k)는 다음의 식에 따라서 계산된다:

[0092] [수학식 7]

$$OPJM2(k) = \frac{\sum_{i=1}^{C2(k)-1} TS2(i+1, k) - TS2(i, k)}{C2(k) - 1} = \frac{TS2(C2(k), k) - TS2(1, k)}{C2(k) - 1}$$

[0093]

[0094] 기본적으로 상기 매체 원-포인트 수신 지터 OPJM2(k)는 상기 블록 주기 T(k) 동안에 수신된 연속적인 패킷들 커플들의 수신 시각들 사이의 오프셋들의 평균이다.

[0095] 바람직하게는, 각 블록 주기 T(k)에 대해서, 매체 지터 JM(k)는 그러면 다음의 식에 따라서 계산된다:

[0096] [수학식 8]

[0097] $JM(k) = OPJM2(k) - OPJM1(k)$

[0098] 그래서, 본 발명에 따라서, 각 블록 주기에 대해 샘플의 연속적인 패킷들의 단일 커플을 참조하는 지터 측정을 제공하는 것 대신에, 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 연속적인 패킷들 중 커플들 모두가 겪는 평균 지터를 나타내는 지터 측정이 제공된다. 그래서, 본 발명에 따라서 계산된 지터 측정은 전체적으로 상기 블록 주기 T(k) 동안에 상기 패킷 흐름의 성능을 추정하는 것을 제공한다.

- [0099] 상기에서 설명된 지연 측정과 유사하게, 또한 수학식 6, 수학식 7 및 수학식 8에 따라 계산된 상기 지터 측정은 동일한 유리함수를 제공한다: 상기 통신 네트워크 CN을 통해서 전송될 정보의 줄어든 양 그리고 상기 블록 주기 $T(k)$ 동안에 발생하는 수신 시퀀스 오류들 및/또는 패킷 손실에 대한 탄력성으로, 이는 아래에서 상세하게 설명될 것이다.
- [0100] 본 발명에 따라서 타임 측정들을 수행하기 위한 방법이 이제 더 상세하게 설명될 것이다.
- [0101] 도 3a를 참조하면, 각 블록 주기 $T(k)$ 의 시작 부분에서, 바람직하게는 상기 전송 노드 N1은 상기 블록 주기 $T(k)$ 가 짝수 블록 주기인가 또는 홀수 블록 주기인가의 여부를 체크하며 (단계 301), 그리고 상기 블록 주기 $T(k)$ 동안에 전송될 패킷들에 적용될 마킹 값 V_a (짝수 블록 주기들 동안) 또는 V_b (홀수 블록 주기들 동안)을 그 체크 결과에 따라서 결정한다.
- [0102] 그러면, 상기 블록 주기 $T(k)$ 가 짝수 블록 주기이라면, 다음의 두 개의 변수들이 바람직하게 0으로 초기화된다: 제1 전송 카운터 $C1a$ 및 제1 누적 전송 타임스탬프 $TSC1a$ (단계 302a).
- [0103] 그러면, 상기 전송 노드 N1은 전송될 패킷 흐름 PF 중에서 가능한 패킷들 Pki 를 위해서 대기한다 (단계 303a). 바람직하게는 상기 전송 노드 N1은 패킷 흐름 PF의 패킷들 Pki 를, 그 패킷의 목적지 주소의 적어도 일부, 그 패킷의 소스 주소의 적어도 일부, 그리고 옵션으로, 패킷 헤더 Hi 의 다른 필드들 (예를 들면, IP 패킷들의 경우 필드 DSCP)을 이용함으로써 식별한다.
- [0104] 패킷 Pki 를 전송하기 이전에, 상기 노드 N1은 값 V_a 로 마킹함으로써 그 패킷에 마킹하는 것이 바람직하다 (단계 304a). 추가로, 상기 제1 전송 카운터 $C1a$ 는 1이 증가되는 것이 바람직하다 (단계 305a).
- [0105] 그러면, 상기 패킷 Pki 가 상기 현재의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 전송될 첫 번째 패킷이라면 (단계 306a), 제1의 첫 번째-패킷 전송 타임스탬프 $FTS1a$ 는 상기 전송 노드 N1의 로컬 클록에 의해서 표시된 현재 시각 t^* 과 동일하게 세팅되는 것이 바람직하다 (단계 307a). 그러면, 상기 제1 누적 전송 타임스탬프 $TSC1a$ 는 상기 제1 첫 번째-패킷 전송 타임스탬프 $FTS1a$ 와 동일하게 세팅되는 것이 바람직하다 (단계 308a).
- [0106] 그렇지 않고, 상기 패킷 Pki 가 현재의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 전송될 첫 번째 패킷이 아니라면, 제1의 마지막-패킷 전송 타임스탬프 $LTS1a$ 는 상기 전송 노드 N1의 로컬 클록에 의해서 표시된 현재 시각 t^* 와 동일하게 세팅되는 것이 바람직하다 (단계 309a). 그러면, 상기 제1 누적 전송 타임스탬프 $TSC1a$ 는 상기 제1 마지막-패킷 전송 타임스탬프 $LTS1a$ 만큼 증가되는 것이 바람직하다 (단계 310a).
- [0107] 상기 패킷 Pki 는 그 후에 전송된다 (단계 311a). 단계 311a는 단계 305a 내지 단계 310a의 단계들과 실질적으로 병렬로 수행될 수 있을 것이다.
- [0108] 단계들 304a-311a는 상기 패킷 흐름 PF 중의 패킷 Pki 가 전송되어야 할 때마다 매번 반복되며, 상기 블록 주기 $T(k)$ 의 끝 부분까지 반복되는 것이 바람직하다 (단계 312a).
- [0109] 단계 301에서, 블록 주기 $T(k)$ 가 홀수 블록 주기라고 판별된다면, 다음의 두 개의 변수들이 0으로 바람직하게 초기화된다; 제2 전송 카운터 $C1b$ 그리고 제2 누적 전송 타임스탬프 $TSC1b$ (단계 302b).
- [0110] 그러면, 상기 전송 노드 N1은 전송될 패킷 흐름 PF 중에서 가능한 패킷들 Pki 를 위해서 대기한다 (단계 303b). 패킷 Pki 를 전송하기 이전에, 상기 노드 N1은 값 V_b 로 마킹함으로써 그 패킷에 마킹하는 것이 바람직하다 (단계 304b). 추가로, 상기 제2 전송 카운터 $C1b$ 는 1이 증가되는 것이 바람직하다 (단계 305b).
- [0111] 그러면, 상기 패킷 Pki 가 상기 현재의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 전송될 첫 번째 패킷이라면 (단계 306b), 제2의 첫 번째-패킷 전송 타임스탬프 $FTS1b$ 는 상기 전송 노드 N1의 로컬 클록에 의해서 표시된 현재 시각 t^* 과 동일하게 세팅되는 것이 바람직하다 (단계 307b). 그러면, 상기 제2 누적 전송 타임스탬프 $TSC1b$ 는 상기 제2 첫 번째-패킷 전송 타임스탬프 $FTS1b$ 와 동일하게 세팅되는 것이 바람직하다 (단계 308b).
- [0112] 그렇지 않고, 상기 패킷 Pki 가 현재의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 전송될 첫 번째 패킷이 아니라면, 제2의 마지막-패킷 전송 타임스탬프 $LTS1b$ 는 상기 전송 노드 N1의 로컬 클록에 의해서 표시된 현재 시각 t^* 와 동일하게 세팅되는 것이 바람직하다 (단계 309a). 그러면, 상기 제2 누적 전송 타임스탬프 $TSC1b$ 는 상기 제2 마지막-패킷 전송 타임스탬프 $LTS1b$ 만큼 증가되는 것이 바람직하다 (단계 310b).
- [0113] 상기 패킷 Pki 는 그 후에 전송된다 (단계 311b). 단계 311b는 단계 305b 내지 단계 310b의 단계들과 실질적으로 병렬로 수행될 수 있을 것이다.

- [0114] 단계들 304b-311b는 상기 패킷 흐름 PF 중의 패킷 Pki가 전송되어야 할 때마다 매번 반복되며, 상기 블록 주기 T(k)의 끝 부분까지 반복되는 것이 바람직하다 (단계 312b).
- [0115] 이제 도 3b를 참조하면, 연속하는 블록 주기 T(k+1)의 시작 부분에서, 상기 블록 주기 T(k+1)가 짝수 블록 주기인가 또는 홀수 블록 주기인가의 여부가 체크된다 (단계 320).
- [0116] 상기 블록 주기 T(k+1)가 짝수 블록 주기라면, Va로 마킹된 패킷들에 관련된 변수들 (즉, C1a, TSC1a 및 LTS1a)의 값들이 현재 변경되고 있는지가 판별되며, 반면에 Vb로 마킹된 패킷들에 관련된 변수들 (즉, C1b, TSC1b 및 LTS1b)의 값들은 현재 일정하다. 그래서, 전송 패킷 카운트 C1(k)은 이전의 블록 주기 T(k) 동안에 단계 305b의 마지막 반복에서 도달된 상기 제2 전송 카운터 C1b의 값과 동일하게 세팅된다 (단계 321a). 또한, 매체 전송 타임스탬프 TSM1(k)는 상기 제2 누적 전송 타임스탬프 TSC1b의 값을 상기 이전의 블록 주기 T(k) 동안에 단계들 310b 및 305b의 각각의 마지막 반복에서 도달된 제2 전송 카운터 C1b의 값으로 나눈 것으로 계산된다 (단계 322a). 또한, 제1-패킷 전송 타임스탬프 TS1(1, k)은 상기 이전의 블록 주기 T(k) 동안에 단계 307b에서 결정된 상기 제2의 첫 번째-패킷 전송 타임스탬프 FTS1b의 값과 동일하게 세팅된다 (단계 323a). 또한, 마지막-패킷 전송 타임스탬프 TS1(C1(k), k)는 상기 이전의 블록 주기 T(k) 동안에 단계 309b의 마지막 반복에서 도달된 상기 제2 마지막-패킷 전송 타임스탬프 LTS1b의 값과 동일하게 세팅된다 (단계 324a).
- [0117] 그렇지 않고, 상기 블록 주기 T(k+1)가 홀수 블록 주기라면, Vb로 마킹된 패킷들에 관련된 변수들 (즉, C1b, TSC1b 및 LTS1b)의 값들이 현재 변경되고 있는지가 판별되며, 반면에 Va로 마킹된 패킷들에 관련된 변수들 (즉, C1a, TSC1a 및 LTS1a)의 값들은 현재 일정하다. 그래서, 전송 패킷 카운트 C1(k)은 이전의 블록 주기 T(k) 동안에 단계 305a의 마지막 반복에서 도달된 상기 제1 전송 카운터 C1a의 값과 동일하게 세팅된다 (단계 321b). 또한, 매체 전송 타임스탬프 TSM1(k)는 상기 제1 누적 전송 타임스탬프 TSC1a의 값을 상기 이전의 블록 주기 T(k) 동안에 단계들 310a 및 305a의 각각의 마지막 반복에서 도달된 제1 전송 카운터 C1a의 값으로 나눈 것으로 계산된다 (단계 322b). 또한, 제1-패킷 전송 타임스탬프 TS1(1, k)은 상기 이전의 블록 주기 T(k) 동안에 단계 307a에서 결정된 상기 제1의 첫 번째-패킷 전송 타임스탬프 FTS1a의 값과 동일하게 세팅된다 (단계 323b). 또한, 마지막-패킷 전송 타임스탬프 TS1(C1(k), k)는 상기 이전의 블록 주기 T(k) 동안에 단계 309a의 마지막 반복에서 도달된 상기 제1 마지막-패킷 전송 타임스탬프 LTS1a의 값과 동일하게 세팅된다 (단계 324b).
- [0118] 그래서, 단계 321a 또는 단계 321b에서 결정된 상기 전송 패킷 카운트 C1(k)는 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 패킷들 Pki의 개수를 표시한다. 또한, 단계 322a 또는 단계 322b에서 계산된 매체 전송 타임스탬프 TSM1(k)는 상기 수학적 식 3에 따라서 계산된 매체 전송 타임스탬프 TSM1(k)에 대응하며, 따라서 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 패킷들 Pki의 매체 전송 타임스탬프이다. 또한, 단계 323a 또는 323b에서 세팅된 상기 제1-패킷 전송 타임스탬프 TS1(1, k)은 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 제1 패킷 Pki의 전송 타임스탬프이다. 마지막으로, 단계 324a 또는 324b에서 세팅된 상기 마지막-패킷 전송 타임스탬프 TS1(C1(k), k)는 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 마지막 패킷 Pki의 전송 타임스탬프이다.
- [0119] 바람직하게는, 단계들 312a-324a 그리고 321b-324b이 수행된 시점은 상기 블록 주기 T(k+1)의 시작 시각에 대해 안전 대기 시간 SWT만큼 지연되며, 그 이유들에 대해서는 이하에서 상세하게 설명될 것이다.
- [0120] 그러면, 상기 전송 패킷 카운트 C1(k), 상기 제1-패킷 전송 타임스탬프 TS1(1, k), 상기 마지막-패킷 전송 타임스탬프 TS1(C1(k), k) 그리고 상기 매체 전송 타임스탬프 TSM1(k)는 상기 관리 서버 MS로 전송되며 (단계 325), 상기 관리 서버는 그것들을 상기 블록 주기 T(k)에 참조된 매체 지연 DM(k) 및 매체 지터 JM(k)를 계산하기 위해서 사용할 것이며, 이는 아래에서 상세하게 설명될 것이다. 대안의 실시예에 따르면, 단계 325가 수행되기 이전에, 매체 원-포인트 전송 지터 OPJM1(k)는 상기 마지막-패킷 전송 타임스탬프 TS1(C1(k), k) 그리고 제1-패킷 전송 타임스탬프 TS1(1, k) 사이의 차이를 상기 전송 피크 카운트 C1(k)에서 1을 뺀 것으로 나눈 것으로서 계산될 수 있을 것이다. 상기 계산된 매체 원-포인트 전송 지터 OPJM1(k)는 상기 수학적 식 6에 따라서 계산된 매체 원-포인트 전송 지터 OPJM1(k)에 대응한다. 그런 경우에, 단계 325에서 상기 매체 원-포인트 전송 지터 OPJM1(k)는 TS1(1, k) 및 TS1(C1(k), k)에 추가로 또는 대신하여 전송될 수 있을 것이다.
- [0121] 단계 325는, 예를 들면, 알려진 통신 프로토콜, 예를 들면, FTP (File Transfer Protocol)를 기초로 하여 상기 전송 노드 N1 그리고 상기 관리 노드 MS 사이에서 통신 세션을 확립함으로써 수행될 수 있을 것이다. 상기 통신 세션은 상기 전송 노드 N1 또는 상기 관리 서버 MS 중 어느 하나에 의해서 시작될 수 있을 것이다.
- [0122] 또한, 단계 325는 단계 324a/324b의 끝 부분 그리고 추가의 안전 대기 시간 SWT'에 의해 전방으로 운반된 블록 주기 T(k+1)의 끝 부분 사이에 포함된 랜덤한 순간에 수행되는 것이 바람직하며, 그 이유에 대해서는 이하에서

상세하게 설명될 것이다.

- [0123] 도 4a를 참조하면, 각 블록 주기 $T(k)$ 의 시작 부분에서, 또한 상기 수신 노드 N2도 상기 블록 주기 $T(k)$ 가 짝수 블록 주기인가 또는 홀수 블록 주기인가의 여부를 판별하는 것이 바람직하다 (단계 401).
- [0124] 그러면, 상기 블록 주기 $T(k)$ 가 짝수 블록 주기라면, 다음의 두 개의 변수는 바람직하게 0으로 초기화된다: 제1 수신 카운터 C2a 및 제1 누적 수신 타임스탬프 TSC2a (단계 402a).
- [0125] 그러면, 상기 수신 노드 N2는 가능한 패킷들 P_{ki} 를 위해서 대기한다 (단계 403a). 또한 상기 수신 노드 N2는 바람직하게는 패킷 흐름 PF의 패킷들 P_{ki} 를, 그 패킷의 목적지 주소의 적어도 일부, 그 패킷의 소스 주소의 적어도 일부, 그리고 옵션으로, 패킷 헤더 H_i 의 다른 필드들 (예를 들면, IP 패킷들의 경우 필드 DSCP)을 이용함으로써 식별한다.
- [0126] 패킷 P_{ki} 를 수신하면, 상기 제1 수신 카운터 C2a는 1이 증가되는 것이 바람직하다 (단계 404a).
- [0127] 그러면, 상기 패킷 P_{ki} 가 상기 현재의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 수신된 첫 번째 패킷이라면 (단계 405a), 제1의 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 FTS2a는 상기 수신 노드 N2의 로컬 클럭에 의해서 표시된 현재 시각 t^{**} 과 동일하게 세팅되는 것이 바람직하다 (단계 406a). 그러면, 상기 제1 누적 수신 타임스탬프 TSC2a는 상기 제1 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 FTS2a와 동일하게 세팅되는 것이 바람직하다 (단계 407a).
- [0128] 그렇지 않고, 상기 패킷 P_{ki} 가 현재의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 수신된 첫 번째 패킷이 아니라면, 제1의 마지막-패킷 수신 타임스탬프 LTS2a는 상기 수신 노드 N2의 로컬 클럭에 의해서 표시된 현재 시각 t^{**} 와 동일하게 세팅되는 것이 바람직하다 (단계 408a). 그러면, 상기 제1 누적 수신 타임스탬프 TSC2a는 상기 제1 마지막-패킷 수신 타임스탬프 LTS2a 만큼 증가되는 것이 바람직하다 (단계 409a).
- [0129] 단계들 404a-409a는 상기 패킷 흐름 PF 중의 패킷 P_{ki} 가 수신되어야 할 때마다 매번 반복되며, 상기 블록 주기 $T(k)$ 의 끝 부분까지 반복되는 것이 바람직하다 (단계 410a).
- [0130] 단계 401에서, 블록 주기 $T(k)$ 가 홀수 블록 주기라고 판별된다면, 다음의 두 개의 변수들은 0으로 바람직하게 초기화 된다; 제2 수신 카운터 C2b 그리고 제2 누적 수신 타임스탬프 TSC2b (단계 402b).
- [0131] 그러면, 상기 수신 노드 N2는 가능한 패킷들 P_{ki} 를 위해서 대기한다 (단계 403b). 패킷 P_{ki} 를 수신하면, 상기 제2 수신 카운터 C2b는 바람직하게는 1이 증가된다 (단계 404b).
- [0132] 그러면, 상기 패킷 P_{ki} 가 상기 현재의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 수신된 첫 번째 패킷이라면 (단계 405b), 제2의 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 FTS2b는 상기 수신 노드 N2의 로컬 클럭에 의해서 표시된 현재 시각 t^{**} 과 동일하게 세팅되는 것이 바람직하다 (단계 406b). 그러면, 상기 제2 누적 수신 타임스탬프 TSC2b는 상기 제2 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 FTS2b와 동일하게 세팅되는 것이 바람직하다 (단계 407b).
- [0133] 그렇지 않고, 상기 패킷 P_{ki} 가 현재의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 수신된 첫 번째 패킷이 아니라면, 제2의 마지막-패킷 수신 타임스탬프 LTS2b는 상기 수신 노드 N2의 로컬 클럭에 의해서 표시된 현재 시각 t^{**} 와 동일하게 세팅되는 것이 바람직하다 (단계 408b). 그러면, 상기 제2 누적 수신 타임스탬프 TSC2b는 상기 제2 마지막-패킷 수신 타임스탬프 LTS2b 만큼 증가되는 것이 바람직하다 (단계 409b).
- [0134] 단계들 404b-409b는 상기 패킷 흐름 PF 중의 패킷 P_{ki} 가 수신될 때마다 매번 반복되며, 상기 블록 주기 $T(k)$ 의 끝 부분까지 반복되는 것이 바람직하다 (단계 410b).
- [0135] 이제 도 4b를 참조하면, 연속하는 블록 주기 $T(k+1)$ 의 시작 부분에서, 상기 블록 주기 $T(k+1)$ 가 짝수 블록 주기인가 또는 홀수 블록 주기인가의 여부가 체크된다 (단계 420).
- [0136] 상기 블록 주기 $T(k+1)$ 가 짝수 블록 주기라면, V_a 로 마킹된 패킷들에 관련된 변수들 (즉, C2a, TSC2a 및 LTS2a)의 값들이 현재 변경되고 있는지가 판별되며, 반면에 V_b 로 마킹된 패킷들에 관련된 변수들 (즉, C2b, TSC2b 및 LTS2b)의 값들은 현재 일정하다. 그래서, 수신 패킷 카운트 $C2(k)$ 는 이전의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 단계 404b의 마지막 반복에서 도달된 상기 제2 수신 카운터 C2b의 값과 동일하게 세팅된다 (단계 421a). 또한, 매체 수신 타임스탬프 TSM2(k)는 상기 제2 누적 수신 타임스탬프 TSC2b의 값을 상기 이전의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 단계들 409b 및 404b의 각각의 마지막 반복에서 도달된 제2 수신 카운터 C2b의 값으로 나눈 것으로 계산된다 (단계 422a). 또한, 제1-패킷 수신 타임스탬프 TS2(1, k)는 상기 이전의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 단계 406b에서 결정된 상기 제2의 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 FTS1b의 값과 동일하게 세팅된다 (단계 423a). 또한, 마지막-패킷 수신 타임스탬프 TS2(C2(k), k)는 상기 이전의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 단계 408b의 마지막 반복에서 도달

된 상기 제2 마지막-패킷 수신 타임스탬프 LTS2b 의 값과 동일하게 세팅된다 (단계 424a).

[0137] 그렇지 않고, 상기 블록 주기 $T(k+1)$ 가 홀수 블록 주기라면, V_b 로 마킹된 패킷들에 관련된 변수들 (즉, C_{2b} , TSC_{2b} 및 LTS_{2b})의 값들이 현재 변경되고 있는지가 판별되며, 반면에 V_a 로 마킹된 패킷들에 관련된 변수들 (즉, C_{2a} , TSC_{2a} 및 LTS_{2a})의 값들은 현재 일정하다. 그래서, 수신 패킷 카운트 $C_2(k)$ 는 이전의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 단계 404a의 마지막 반복에서 도달된 상기 제1 수신 카운터 C_{2a} 의 값과 동일하게 세팅된다 (단계 421b). 또한, 매체 수신 타임스탬프 $TSM_2(k)$ 는 상기 제1 누적 수신 타임스탬프 TSC_{2a} 의 값을 상기 이전의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 단계들 409a 및 404a의 각각의 마지막 반복에서 도달된 제1 수신 카운터 C_{2a} 의 값으로 나눈 것으로 계산된다 (단계 422b). 또한, 제1-패킷 수신 타임스탬프 $TS_2(1, k)$ 은 상기 이전의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 단계 406a에서 결정된 상기 제1의 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 FTS_{2a} 의 값과 동일하게 세팅된다 (단계 423b). 또한, 마지막-패킷 수신 타임스탬프 $TS_2(C_2(k), k)$ 는 상기 이전의 블록 주기 $T(k)$ 동안에 단계 408a의 마지막 반복에서 도달된 상기 제1 마지막-패킷 수신 타임스탬프 LTS_{2a} 의 값과 동일하게 세팅된다 (단계 424b).

[0138] 그래서, 단계 421a 또는 단계 421b에서 결정된 상기 수신 패킷 카운트 $C_2(k)$ 는 상기 블록 주기 $T(k)$ 동안에 수신된 패킷들 P_{ki} 의 개수를 표시한다. 또한, 단계 422a 또는 단계 422b에서 계산된 매체 수신 타임스탬프 $TSM_2(k)$ 는 상기 수학적 식 4에 따라서 계산된 매체 수신 타임스탬프 $TSM_2(k)$ 에 대응하며, 따라서 상기 블록 주기 $T(k)$ 동안에 수신된 패킷들 P_{ki} 의 매체 수신 타임스탬프이다. 또한, 단계 423a 또는 423b에서 세팅된 상기 제1-패킷 수신 타임스탬프 $TS_2(1, k)$ 는 상기 블록 주기 $T(k)$ 동안에 수신된 제1 패킷 P_{ki} 의 수신 타임스탬프이다. 마지막으로, 단계 424a 또는 424b에서 세팅된 상기 마지막-패킷 수신 타임스탬프 $TS_2(C_2(k), k)$ 는 상기 블록 주기 $T(k)$ 동안에 수신된 마지막 패킷 P_{ki} 의 수신 타임스탬프이다.

[0139] 바람직하게는, 단계들 421a-424a 그리고 421b-424b이 수행된 시각은 상기 블록 주기 $T(k+1)$ 의 시작 시각에 대해 안전 대기 시간 SWT만큼 지연된다. 실제로, 상기 패킷들 P_{ki} 의 상기 통신 네트워크 CN을 통한 전파 (propagation) 지연으로 인해서 또는 수신 시퀀스 오류로 인해서, 짝수 블록 주기 $T(k)$ 동안에 상기 전송 노드 N_1 에 의해서 전송된 V_a 에 의해 마킹된 마지막 패킷들은 다음의 홀수 블록 주기 $T(k+1)$ 의 시작 부분에서 상기 수신 노드 N_2 에 의해서 수신될 수 있을 것이다. 그래서, 홀수 블록 주기 $T(k+1)$ 의 시작 부분에서, V_a 에 의해서 마킹된 패킷들에 관련된 변수들 (즉, C_{2a} , TSC_{2a} 및 LTS_{2a})은 여전히 변하고 있을 것이다. 유사하게, 홀수 블록 주기 $T(k)$ 동안에 상기 전송 노드 N_1 에 의해서 전송된 V_b 에 의해 마킹된 마지막 패킷들은 다음의 짝수 블록 주기 $T(k+1)$ 의 시작 부분에서 상기 수신 노드 N_2 에 의해서 수신될 수 있을 것이다. 그래서, 짝수 블록 주기 $T(k+1)$ 의 시작 부분에서, V_b 에 의해서 마킹된 패킷들에 관련된 변수들 (즉, C_{2b} , TSC_{2b} 및 LTS_{2a})은 여전히 변하고 있을 수 있다.

[0140] 상기 안전 대기 시간 SWT는 V_a 또는 V_b 에 의해서 마킹된 패킷들에 관련된 상기 변수들이, 그 변수들의 값들이 블록 주기 $T(k+1)$ 동안에 안정될 때에만, 상기 관리 서버 MS로 전송될 파라미터들을 계산하기 위해서 사용되는 것을 보증한다. 또한 이는 그런 변수들을 기초로 하는 타임 측정이 연속 블록 주기들 사이의 가장자리에서 발생하는 수신 시퀀스 오류들로부터 면역되도록 만든다. 상기 안전 대기 시간 SWT는 블록 주기 T_b 의 1 내지 50% 사이에 포함되는 것이 바람직하다. 예를 들면, 상기 블록 주기 T_b 가 5분과 동일하다면, 상기 안전 대기 시간 SWT는 20% T_b , 즉 1분과 동일할 수 있을 것이다.

[0141] 그러면, 상기 수신 패킷 카운트 $C_2(k)$, 상기 제1-패킷 수신 타임스탬프 $TS_2(1, k)$, 상기 마지막-패킷 수신 타임스탬프 $TS_2(C_2(k), k)$ 그리고 상기 매체 수신 타임스탬프 $TSM_2(k)$ 는 상기 관리 서버 MS로 전송되며 (단계 425), 상기 관리 서버는 그것들을 상기 블록 주기 $T(k)$ 에 참조된 매체 지연 $DM(k)$ 및 매체 지터 $JM(k)$ 를 계산하기 위해서 사용할 것이며, 이는 아래에서 상세하게 설명될 것이다. 대안의 실시예에 따르면, 단계 425가 수행되기 이전에, 매체 원-포인트 수신 지터 $OPJM_2(k)$ 는 상기 마지막-패킷 수신 타임스탬프 $TS_2(C_2(k), k)$ 그리고 제1-패킷 수신 타임스탬프 $TS_2(1, k)$ 사이의 차이를 상기 수신 피크 카운트 $C_2(k)$ 에서 1을 뺀 것으로 나눈 것으로서 계산될 수 있을 것이다. 상기 계산된 매체 원-포인트 수신 지터 $OPJM_2(k)$ 는 상기 수학적 식 7에 따라서 계산된 매체 원-포인트 수신 지터 $OPJM_2(k)$ 에 대응한다. 그런 경우에, 단계 425에서 상기 매체 원-포인트 수신 지터 $OPJM_2(k)$ 는 $TS_2(1, k)$ 및 $TS_2(C_2(k), k)$ 에 추가로 또는 대신하여 수신될 수 있을 것이다.

[0142] 단계 425는, 예를 들면, 알려진 통신 프로토콜, 예를 들면, FTP (File Transfer Protocol)를 기초로 하여 상기 수신 노드 N_2 그리고 상기 관리 노드 MS 사이에서 통신 세션을 확립함으로써 수행될 수 있을 것이다. 상기 통신 세션은 상기 수신 노드 N_2 또는 상기 관리 서버 MS 중 어느 하나에 의해서 시작될 수 있을 것이다.

[0143] 또한, 단계 425는 단계 424a/424b의 끝 부분 그리고 추가의 안전 대기 시간 SWT'에 의해 전방으로 운반된 블록 주기 $T(k+1)$ 의 끝 부분 사이에 포함된 랜덤한 순간에 수행되는 것이 바람직하다. 이것은, 상기 관리 서버 MS의

혼잡을 유발시킬 수 있을, 상기 관리 서버 MS가 상기 통신 네트워크 CN의 모든 노드들에 관련된 파라미터들을 동시에 수신하는 것을 유리하게도 방지한다. 상기 추가의 안전 대기 시간 SWT'는 1% 내지 40% Tb 사이에 포함되는 것이 바람직하다. 예를 들면, 상기 블록 주기가 5분이라면, 상기 추가의 안전 대기 시간 SWT'는 20%, 즉, 1분일 수 있다.

[0144] 그래서, 각 블록 주기 T(k+1)에서, 상기 관리 서버 MS는 다음의 것들을 수신한다:

[0145] - 상기 전송 노드 N1로부터의 상기 전송 패킷 카운트 C1(k), 상기 제1-패킷 전송 타임스탬프 TS1(1, k), 상기 마지막-패킷 전송 타임스탬프 TS1(C1(k), k), 상기 매체 전송 타임스탬프 TSM1(k) 그리고, 옵션으로는, 상기 매체 원-포인트 전송 지터 OPJM1(k); 그리고

[0146] - 상기 전송 노드 N2로부터의 상기 수신 패킷 카운트 C2(k), 상기 제1-패킷 전송 타임스탬프 TS2(1, k), 상기 마지막-패킷 전송 타임스탬프 TS2(C2(k), k), 상기 매체 전송 타임스탬프 TSM2(k) 그리고, 옵션으로는, 상기 매체 원-포인트 전송 지터 OPJM2(k).

[0147] 각 블록 주기 T(k+1)에서, 상기 관리 서버는 그러면 상기 수학적 식 5에 따라서 상기 매체 지연 DM(k)를, 즉, 매체 수신 타임스탬프 TSM2(k) 그리고 상기 매체 전송 타임스탬프 TSM1(k) 사이의 차이로 계산할 수 있을 것이다. 블록 주기 T(k+1)에서 상기 관리 서버 MS에 의해서 계산된 매체 지연 DM(k)은 선행하는 블록 주기 T(k)에 관련된다.

[0148] 위에서 설명된 매체 지연 측정은 블록 주기 T(k) 내에 발생하는 가능한 패킷 손실 및/또는 수신 시퀀스 오류들에 대해서 유리하게도 저항력이 있다. 실제로, 하나 또는 그 이상의 패킷들이 수신 노드 N2에서 수신되기 이전에 손실되는 경우에, 이것은 상기의 수학적 식 5에 따라 계산된 매체 지연의 정밀도에 약간 영향을 미치며, 이는 상기 두 개의 매체 타임스탬프 TSM1(k) 및 TSM2(k)가 상이한 패킷 카운트들 C1(k), C2(k) 상에서 계산되기 때문이다.

[0149] 특히, 단일의 패킷이 상기 블록 구간 T(k) 동안에 손실되는 경우, 상기 매체 전송 타임스탬프 TSM1(k) 상의 (그러므로, 상기 매체 지연 DM(k) 상의) 오류 E는 다음과 같다:

[0150] [수학적 식 9a]

[0151] $E = TSM1(k)^* - TSM1(k),$

[0152] 이 경우에 TSM1(k)*는, 말하자면 손실 패킷의 전송 타임스탬프를 고려하지 않고, C1(k)=N-1 패킷들 상에서 계산된 매체 전송 타임스탬프이며, TSM1(k)는, 말하자면 손실 패킷의 전송 타임스탬프를 고려하지 않고, C1(k)=N 패킷들 상에서 계산된 매체 전송 타임스탬프이다. 기본적으로, TSM1(k)는 실제로 계산된 매체 전송 타임스탬프이며, 반면에 TSM1(k)*는 N-1 패킷들 상에서 계산된 매체 지연 DM(k)의 올바른 값을 제공하기 위해서 수학적 식 5에서 사용되어야 하는 매체 전송 타임스탬프이다. 상기 [수학적 식 9a]는 또한 다음처럼 써질 수 있을 것이다:

[0153] [수학적 식 9b]

$$E = TSM1(k)^* - \frac{(N-1) \cdot TSM1^*(k) + TS1(i^*, k)}{N} = \frac{TSM1^*(k)}{N} - \frac{TS1(i^*, k)}{N}$$

[0154] 이 경우 TS1(i*, k)는 손실 패킷의 전송 타임스탬프이다.

[0156] 상기 전송 타임스탬프 TS1(i, k)가 현재의 블록 주기 T(k) 내에 실질적으로 고르게 분포되어 있다고 가정하며, 그래서 상기 매체 전송 타임스탬프가 상기 블록 주기 T(k)의 중간에 가깝다고 가정하면, 손실 패킷이 상기 블록 주기 T(k)의 중간으로부터 최대의 거리를 가질 때에, 즉, 상기 손실 패킷이 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 처음 패킷 또는 마지막 패킷 중 어느 하나일 때에 최대 오류 Emax가 발생한다. 그런 경우에, 상기 전송 타임스탬프 TS1(i*, k)는 약 TSM1*(k) * Tb/2와 동일하며, Tb는 상기 블록 주기의 지속 시간이다. 그래서, 상기 최대 오류 Emax는 상기 [수학적 식 9b]로부터 다음과 같이 유도될 수 있다:

[0157] [수학식 9c]

$$E_{max} = \frac{TSM1^*(k) - TSM1^*(k) \pm Tb/2}{N} = \pm \frac{Tb/2}{N}$$

[0158]

[0159] 유사하게, 손실 패킷이 블록 주기 T(k)의 중간으로부터의 평균 거리를 가질 때에, 즉, 상기 손실 패킷이 TSM1*(k) ± Tb/4과 동일한 전송 타임스탬프 TS1(i*, k)를 가질 때에 평균 오류 Eav가 발생한다. 그래서, 상기 평균 오류 Eav는 상기 [수학식 9b]로부터 다음과 같이 유도될 수 있을 것이다:

[0160] [수학식 9d]

$$E_{av} = \frac{TSM1^*(k) - TSM1^*(k) \pm Tb/4}{N} = \pm \frac{Tb/4}{N}$$

[0161]

[0162] n개의 패킷들이 블록 주기 T(k) 동안에 손실되는 더욱 일반적인 경우에, 손실 패킷들 모두는 상기 블록 주기 T(k)의 중간에 앞서거나 또는 뒤따르는 것 중 어느 하나라고 가정하면 (패킷들이 버스트들일 때에 보통 손실되기 때문에, 이것은 일반적인 경우이다), 상기 최대 오류는 n · Emax이며 그리고 상기 평균 오류는 n · Eav이다.

[0163] 상기 [수학식 9c] 및 [수학식 9d]로부터, 상기 최대 오류 Emax 그리고 현재의 블록 주기 T(k) 동안에 패킷들이 손실될 때에 매체 전송 타임스탬프 TSM1(k) (그래서 또한 매체 지연 DM(k))에 영향을 미치는 상기 평균 오류 Eav 둘 모두는, 손실 패킷들의 개수 n 그리고 전송된 패킷들의 개수 N 사이의 비율이 감소할수록, 감소한다는 것이 명백하다. 예를 들면, Tb=5 분, n=1 그리고 N=106인 경우에, 상기 최대 오류 Emax는 약 0.15 ms이다.

[0164] 또한, 위에서 설명된 상기 매체 지연 측정은 블록 주기 T(k) 동안에 발생한 있을 수 있는 수신 시퀀스 오류들에 대해서 저항력이 있다. 실제로, 상기 수신 노드 N2에서 패킷들이 수신된 순서가 그 패킷들이 상기 전송 노드 N1에 의해서 전송되었던 순서와 상이하다면, [수학식 4]에 따라서 계산된 상기 매체 수신 타임스탬프 TSM2(k)의 값은 변하지 않는다. 도 4의 흐름도를 참조하여 상기에서 설명된 것과 같이, 수신 시퀀스 오류로 인해서, 블록 주기 동안에 전송된 몇몇의 패킷들이 다음의 블록 주기 동안에 수신된다면, 이것이 또한 발생한다.

[0165] 상기 매체 지연 DM(k)에 추가로, 상기 관리 서버 MS는 상기 매체 지터 JM(k)를 다음과 같이 또한 계산할 수 있을 것이다:

[0166] [수학식 10]

$$JM(k) = \frac{TS2(C2(k), k) - TS2(1, k)}{C2(k) - 1} - \frac{TS1(C1(k), k) - TS1(1, k)}{C1(k) - 1}$$

[0167]

[0168] [수학식 10]에 따라서 계산된 상기 매체 지터 JM(k)는 상기 [수학식 8]에 따라서 계산된 매체 지터 JM(k)와 동일하다. 특히, [수학식 10]의 첫 번째 가수 (addend)는 상기의 [수학식 7]에 따라서 계산된 매체 원-포인트 수신 지터 OPJM2(k)이며, [수학식 10]의 두 번째 가수는 상기의 [수학식 6]에 따라서 계산된 매체 원-포인트 수신 지터 OPJM1(k)이다. 대안으로, 상기 관리 서버 MS가 상기 노드 N1 및 노드 N2로부터 상기 매체 원-포인트 지터들 OPJM1(k), OPJM2(k)을 수신하는 경우에, 그것은 상기의 [수학식 8], 즉, 그것들의 차이를 이용하여 상기 매체 지터 JM(k)를 계산하는 것이 바람직하다. 그 결과인 매체 지터 JM(k)는 둘 모두의 경우들에 동일하다. 블록 주기 T(k+1)에서 상기 관리 서버 MS에 의해서 계산된 상기 매체 지터 DM(k)는 선행하는 블록 주기 T(k)에 관한 것이다.

[0169] 특히 바람직한 실시예에 따라서, 상기 관리 서버 MS는 다음의 식에 따라서 상기 매체 지터 JM(k)를 계산하는 것이 바람직하다:

[0170] [수학식 11]

$$JM(k) = \frac{TS2(C2(k), k) - TS2(1, k)}{C1(k) - 1} - \frac{TS1(C1(k), k) - TS1(1, k)}{C1(k) - 1}$$

[0171]

[0172] 다른 말로 하면, 상기 매체 원-포인트 전송 지터 OPJM1(k) 그리고 상기 매체 원-포인트 전송 지터 OPJM2(k) 둘 모두는 전송 패킷 카운트 C1(k) 상에서 계산된다. 즉, 블록 주기 T(k)에서 발행한 가능한 패킷 손실은 무시되는 것이 바람직하다. 유리하게도 이것은 블록 주기 T(k) 동안에 패킷 손실이 발생하는 경우에, 그 패킷 손실이 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 첫 번째 및 마지막 패킷들을 포함하지 않는다면 또한 정확한 매체 지터 측정을 제공하는 것을 가능하게 한다. 어떤 경우에, 심지어 그 패킷 손실이 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 첫 번째 및 마지막 패킷들을 포함해도, 상기 [수학식 11]에 따라서 계산된 매체 지터 JM(k)에 영향을 미치는 오류는 상기 전송 패킷 카운트 C1(k)가 증가할 때에 감소한다.

[0173] [수학식 10] 또는 [수학식 11]에 따라서 계산된 매체 지터 JM(k)는 있을 수 있는 수신 시퀀스 오류들에 대해 또한 저항력이 있다. 특히, 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 중간 패킷들에 결부된 수신 시퀀스 오류들은 상기 매체 지터 JM(k)에 어떤 오류도 초래하지 않으며, 이는 [수학식 10] 그리고 [수학식 11]의 결과가 변하지 않기 때문이다. 게다가, 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 첫 번째 패킷 또는 마지막 패킷 중 어느 하나에 결부된 수신 시퀀스 오류들은 오류를 초래하며, 그 오류의 값은 그러나 상기 전송 패킷 카운트 C1(k)가 증가하면 증가한다.

[0174] 그래서, 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 모든 패킷들이 겪는 지터 및 평균 지연을 나타내는 지연 및 지터 측정들이 제공된다. 다른 말로 하면, 본 발명에 따라서 계산된 타임 측정들은 전체적으로 상기 블록 주기 T(k) 동안에 상기 패킷 흐름 PF의 성능을 추정하는 것을 제공한다.

[0175] 본 발명의 실시예들에 따라서 수행된 타임 측정들은 유리하게도 노드들로부터 상기 관리 서버 MS로의 데이터 전송을 거의 필요로 하지 않으며 (즉, 매체 지연 계산을 위한 매체 타임스탬프들 그리고 매체 지터를 위한 매체 원-포인트 지터들 또는 첫 번째/마지막 패킷 타임스탬프들), 그럼으로써 상기 통신 네트워크 CN에서 대역폭을 절약하게 한다. 또한, 위에서 설명된 것처럼, 그런 타임 측정들은 블록 주기 T(k) 내에서 발행하는 있을 수 있는 패킷 손실에 대해, 특히 블록 주기 T(k) 내 패킷 카운트들 C1(k), C2(k)가 매우 높을 때에 (백만 정도) 매우 저항력이 있다. 또한, 위에서 설명된 것처럼, 그런 타임 측정들은 블록 주기 T(k) 동안에 발생하는 가능한 수신 시퀀스 오류들에 대해, 심지어는 수신 시퀀스 오류로 인해서 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 몇몇의 패킷들이 다음의 블록 주기 T(k+1) 동안에 수신될 때에도, 매우 저항력이 있다

[0176] 위에서 설명된 타임 측정 방법은 상기 패킷 흐름 PF의 패킷들 Pki에 마킹하는 것을 포함하며, 그리고 특히, 상기 패킷 흐름 PF를 블록들로 분할하기 위해서 마킹 값을 주기적으로 변경한다. 이것은 그러나 제한적인 것이 아니다. 실제로, 본 발명의 대안의 실시예들에 따라, 상기 패킷 흐름 PF는 상기 패킷들 Pki에 마킹하지 않고도 블록들로 분할될 수 있을 것이다. 특히, 바람직한 실시예에 따라, 상기 전송 노드 N1은 어떤 블록 주기 T(k) 그리고 그 다음의 블록 주기 T(k+1) 사이의 가장자리 (edge)에 마킹하는 추가 패킷을 상기 패킷 흐름 PF 내에 주기적으로 삽입할 수 있을 것이다. 예를 들면, 상기 통신 네트워크 CN이 이더넷 네트워크라면, 상기 추가 패킷들은 OAM 프레임들일 수 있으며, 이는 ITU-T 권고안 Y.1731 (02/2008), 챕터 8.1 (25-27 면)에서 정의된 것이며, 프레임 손실을 측정하는 것을 허용하기 위해서 현재 사용된다. 그런 경우에, 상기 전송 노드 N1에서 계산된 현재 블록 주기 T(k)에 대한 매체 전송 타임스탬프 TSM1(k)는 다음의 블록 주기 T(k+1)의 끝 부분에 삽입된 OAM 패킷 내에서 상기 수신 노드 N2로 유리하게도 전송될 수 있을 것이다.

[0177] 일반적으로, 본 발명의 타임 측정 방법에서, 상기 패킷 흐름 PF는 시간 상 교변하는 짝수 블록 주기들과 홀수 블록 주기들을 식별하는 것을 가능하게 하는 기술이라면 어떤 기술에 의해서도 블록들로 분할될 수 있을 것이다. 이것은 짝수 주기들 및 홀수 블록 주기들 동안에 전송된 패킷들에 관련된 변수들의 두 배 (카운터들 및 타임스탬프들)의 세트를 구현하도록 허용한다. 이 방식에서, 각 블록 주기에서, 변수들의 한 세트는 변하고 있으며 (도 3a 및 도 4a의 단계들) 반면에 변수들의 다른 세트는 고정된 값이며 그리고 상기에서 설명된 것과 같이 매체 타임스탬프들, 매체 지연 및 매체 지터를 계산하기 위해서 그에 따라서 사용될 수 있을 것이다 (도 3b 및 도 4b의 단계들).

[0178] 옵션으로, 블록 주기 T(k+1)에서 상기 관리 서버 MS는 또한 다음의 것들을 계산할 수 있을 것이다:

[0179] - 블록 주기 T(k) 동안에 전송된/수신된 첫 번째 패킷의 지연을 상기 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 TS2(1, k) 그리고 상기 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 TS1(1, k) 사이의 차이로서 계산;

[0180] - 블록 주기 T(k) 동안에 전송된/수신된 마지막 패킷의 지연을 상기 마지막-패킷 수신 타임스탬프 TS2(C2(k), k) 그리고 상기 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 TS1(C1(k), k) 사이의 차이로서 계산; 그리고

[0181] - 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된/수신된 첫 번째 패킷 그리고 바로 앞의 블록 주기 T(k-1) 동안에 전송된/수신된 마지막 패킷 사이의 지터를 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된/수신된 상기 첫 번째 패킷의 지연 그리고 바로 앞의 블록 주기 T(k-1) 동안에 전송된/수신된 상기 마지막 패킷의 (상기 블록 주기 T(k)에서 계산된) 지연 사이의 차이로서 계산.

[0182] 그런 계산들은 샘플 패킷들, 즉 각 블록 주기의 첫 번째 패킷 그리고 마지막 패킷에 관한 지연 및 지터 측정을 각 블록 주기 T(k)에 대해서 제공한다. 그런 지연 및 측정 지연들은 상기 매체 지연 DM(k) 및 매체 지터 JM(k)와 비교될 수 있다. 크게 차이가 나는 경우에, 운영자는 상기 샘플 패킷들의 지연 또는 지터가 상기 계산된 매체 값들과 왜 그렇게 차이가 나는가의 이유를 판별하기 위해서 더 조사하도록 결정할 수 있다.

[0183] 본원에서 나중에, 본 발명에 따른 타임 측정을 수행하기 위한 방법의 특별하게 유리한 변형이 상세하게 설명될 것이다.

[0184] 도 3a를 다시 참조하면, 전송 측에서, 짝수 (홀수) 블록 주기들 동안에, 단계 302a (320b)에서, 누적 전송 타임스탬프 TSC1a (TSC1b) 대신에, 누적 전송 시간 차이 TDC1a (TDC1b)가 제공되며 그리고 0으로 초기화된다. 그러면, 단계 306a (306b)에서, 상기 패킷 Pki가 상기 블록 주기 T(k)의 첫 번째 패킷이라고 판별된다면, 단계 307a (307b)만이 수행되며, 반면에 단계 308a (308b)는 생략되는 것이 바람직하다. 그렇지 않고, 단계 306a (306b)에서 상기 패킷 Pki가 상기 블록 주기 T(k)의 첫 번째 패킷이 아니라고 판별된다면, 위에서 설명된 것처럼 단계 309a (309b)가 수행되며, 반면에 단계 310a (310b)에서 상기 누적 전송 시간 차이 TDC1a (TDC1b)의 값은 제1 (제2) 마지막-패킷 전송 타임스탬프 LTS1a (LTS1b) 그리고 제1 (제2) 첫 번째-패킷 전송 타임스탬프 FTS1a (FTS1b) 사이의 차이만큼 증가되며, 즉,

[0185] - 단계 310a에서 (짝수 블록 주기들) : $TDC1a = TDC1a + (LTS1a - FTS1a)$; 그리고

[0186] - 단계 310b에서 (홀수 블록 주기들) : $TDC1b = TDC1b + (LTS1b - FTS1b)$.

[0187] 단계 310a (310b)가 반복되면서, 상기 누적 전송 시간 차이 TDC1a (TDC1b)는 그러면 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 패킷들의 전송 타임스탬프들 그리고 블록 주기 T(k) 동안에 전송된 첫 번째 패킷의 전송 타임스탬프 사이의 오프셋들을 누적한다.

[0188] 이제 도 3b를 참조하면, 단계 322a (322b)에서 상기 매체 전송 타임스탬프 TSM1(k)는 그러면 단계 310b (310a)의 마지막 반복에서 계산된 누적 전송 시간 차이 TDC1b (TDC1a)를 두 번째 (첫 번째) 전송 카운터 C1b (C1a)로 나누고, 그리고 제1 (제2) 첫 번째-패킷 전송 타임스탬프 FTS1b (FTS1a)만큼 증가된 것으로서 계산될 수 있을 것이다. 즉:

[0189] - 단계 322a에서 (짝수 블록 주기들):

$$TSM1(k) = \frac{TDC1b}{C1b} + FTS1b$$

[0190] ; 그리고

[0191] - 단계 322b에서 (홀수 블록 주기들):

$$TSM1(k) = \frac{TDC1a}{C1a} + FTS1a$$

[0192]

[0193] 도 4a를 참조하면, 수신 측에서, 짝수 (홀수) 블록 주기들 동안에, 단계 402a (402b)에서, 누적 수신 타임스탬프 TSC2a (TSC2b) 대신에, 누적 수신 시간 차이 TDC2a (TDC2b)가 제공되며 그리고 0으로 초기화된다. 그러면, 단계 405a (405b)에서, 상기 패킷 Pki가 상기 블록 주기 T(k)의 첫 번째 패킷이라고 판별된다면, 단계 406a (406b)만이 수행되며, 반면에 단계 407a (407b)는 생략되는 것이 바람직하다. 그렇지 않고, 단계 405a (405b)에

서 상기 패킷 Pki가 상기 블록 주기 T(k)의 첫 번째 패킷이 아니라고 판별된다면, 위에서 설명된 것처럼 단계 408a (408b)가 수행되며, 반면에 단계 409a (409b)에서 상기 누적 수신 시간 차이 TDC2a (TDC2b)의 값은 제1 (제2) 마지막-패킷 수신 타임스탬프 LTS2a (LTS2b) 그리고 제1 (제2) 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 FTS2a (FTS2b) 사이의 차이만큼 증가되며, 즉,

[0194] - 단계 409a에서 (짝수 블록 주기들) : $TDC2a = TDC2a + (LTS2a - FTS2a)$; 그리고

[0195] - 단계 409b에서 (홀수 블록 주기들) : $TDC2b = TDC2b + (LTS2b - FTS2b)$.

[0196] 단계 409a (409b)가 반복되면서, 상기 누적 수신 시간 차이 TDC2a (TDC2b)는 그러면 상기 블록 주기 T(k) 동안에 수신된 패킷들의 수신 타임스탬프들 그리고 블록 주기 T(k) 동안에 수신된 첫 번째 패킷의 수신 타임스탬프 사이의 오프셋들을 누적한다.

[0197] 이제 도 4b를 참조하면, 단계 422a (422b)에서 상기 매체 수신 타임스탬프 TSM2(k)는 그러면 단계 409b (409a)의 마지막 반복에서 계산된 누적 수신 시간 차이 TDC2b (TDC2a)를 두 번째 (첫 번째) 수신 카운터 C2b (C2a)로 나누고, 그리고 제2 (제1) 첫 번째-패킷 수신 타임스탬프 FTS2b (FTS2a)만큼 증가된 것으로서 계산될 수 있을 것이다. 즉:

[0198] - 단계 422a에서 (짝수 블록 주기들):

$$TSM2(k) = \frac{TDC2b}{C2b} + FTS2b$$

; 그리고

[0199] ; 그리고

[0200] - 단계 422b에서 (홀수 블록 주기들):

$$TSM2(k) = \frac{TDC2a}{C2a} + FTS2a$$

[0201]

[0202] 다른 말로 하면, 그런 유리한 변형들에 따라, 블록 주기 T(k) 동안에 전송된/수신된 패킷들의 절대적인 타임스탬프들을 누적하는 것 대신에, 상기 블록 주기 T(k) 동안에 전송된/수신된 첫 번째 패킷의 타임스탬프에 상대적인 그 패킷들의 오프셋들만이 누적된다. 그러면, 그 다음의 블록 주기 T(k+1)에서, 상기 누적 오프셋은 전송된/수신된 패킷들의 개수로 나누어지며, 그럼으로써 매체 오프셋을 결정하며, 이는 상기 첫 번째 전송된/수신된 패킷의 타임스탬프만큼 증가되며, 다시 매체 절대적 타임스탬프의 결과가 된다.

[0203] 유리하게도, 상기 누적 시간 차이들 TDC1a, TDC1b, TDC2a, TDC2b은 대응하는 누적 타임스탬프들 TSC1a, TSC1b, TSC2a, TSC2b보다 아주 더 작은 값들을 가진다. 따라서, 그것들의 값들은 아주 더 작은 개수의 자리수로 표현될 수 있을 것이다. 참조번호 310a, 310b, 409a, 409b의 동작들은 따라서 계산의 관점에서 아주 구현하기 쉬우며 그리고 오버플로우 문제들을 덜 겪을 것 같다.

[0204] 상기의 설명에서, 도 3a 및 도 3b의 흐름도들의 모든 단계들이 상기 전송 노드 N1에서 수행되며, 반면에 도 4a 및 도 4b의 흐름도들의 모든 단계들이 상기 수신 노드 N2에서 수행된다고 가정되었다. 그러나, 이런 것으로 제한되는 것은 아니다. 실제로 몇몇의 경우들에, 상기 노드들에서 타임 측정을 수행하는 방법을 구현하는 것이 바람직하지 않거나 또는 심지어는 불가능할 수 있을 것이다. 예를 들면, 통신 네트워크의 노드들이 상기 방법 단계들을 실행하는 것을 지원하기에 필요한 기본적인 기능들을 포함하지 않을 때에, 또는 상기 노드들이 상이한 벤더들의 제품이며, 그래서 그 노드들을 재구성하는 것이 매우 길고 비용이 많이 드는 동작일 때가 그런 경우이다. 그런 상황에서, 본 발명의 대안의 실시예들에 따라서, 상기 방법 단계들 중 적어도 몇몇은 상기 노드들에 연결된 전용의 컴퓨터들에 의해서 수행되며, 이는 아래에서 상세하게 설명될 것이다.

[0205] 도 5a에 보이는 첫 번째 대안의 실시예에 따라서, 상기 전송 노드 N1은 패킷 흐름 PF가 전송되는 포트와는 상이한 포트를 통해서 제1 컴퓨터 PC1에 연결되는 것이 바람직하다. 유사하게, 상기 수신 노드 N2는 패킷 흐름 PF가 수신되는 포트와는 상이한 포트를 통해서 제2 컴퓨터 PC2에 연결되는 것이 바람직하다.

[0206] 도 3a 및 도 3b의 흐름도들을 참조함으로써, 이 첫 번째 대안의 실시예에 따라서, 상기 전송 노드 N1은 다음을 수행하도록 구성된다:

[0207] - 각 패킷 Pki에 마킹한다 (단계들 301, 303a/303b, 304a/304b);

- [0208] - 각 마킹된 패킷 Pki의 사본을 생성한다 (예를 들면, 상기 노드의 미러링 기능을 이용하여);
- [0209] - 상기 패킷 Pki를 상기 수신 노드로 전송한다 (단계 311a/311b); 그리고
- [0210] - 상기 패킷 Pki의 사본을 상기 제1 컴퓨터 PC1으로 전송한다.
- [0211] 또한, 이 첫 번째 대안의 실시예에 따라서, 상기 제1 컴퓨터 PC1은 다음을 수행하도록 구성된다:
- [0212] - 현재의 블록 주기 동안에 전송된 패킷들에 관련된 변수들을 초기화한다 (단계들 301 및 302a/302b);
- [0213] - 상기 마킹된 패킷들 Pki의 상기 사본들을 상기 전송 노드 N1으로부터 수신한다;
- [0214] - 각 사본을 수신하면, 관련된 변수들을 증가시킨다 (단계들 306a/306b 내지 310a/310b);
- [0215] - 상기 전송 노드 N1으로부터 수신된 상기 마킹된 패킷들 Pli의 사본들을 폐기한다;
- [0216] - 이전의 블록 주기에 관련된 파라미터들을 계산한다 (단계들 321a/321b 내지 324a/324b); 그리고
- [0217] - 상기 계산된 파라미터들을 상기 관리 서버 MS로 전송한다 (단계 325).
- [0218] 도 4a 및 도 4b의 흐름도들을 참조함으로써, 이 첫 번째 대안의 실시예에 따라서 상기 수신 노드 N2는 다음을 수행하도록 구성된다:
- [0219] - 상기 전송 노드 N1으로부터 수신된 각 마킹된 패킷 Pki의 사본을 생성한다 (예를 들면, 상기 노드의 미러링 기능을 이용하여); 그리고
- [0220] - 상기 패킷 Pki의 상기 사본을 상기 제2 컴퓨터 PC2로 전송한다.
- [0221] 또한, 이 첫 번째 구현에 따라서, 상기 제2 컴퓨터 PC2는 다음을 수행하도록 구성된다:
- [0222] - 현재의 블록 주기 동안에 수신된 패킷들에 관련된 변수들을 초기화한다 (단계들 401 및 402a/402b);
- [0223] - 상기 마킹된 패킷들 Pki의 상기 사본들을 상기 수신 노드 N2로부터 수신한다;
- [0224] - 각 사본을 수신하면, 상기 관련된 변수들을 증가시킨다 (단계들 404a/404b 내지 409a/409b);
- [0225] - 상기 수신 노드 N2로부터 수신된 상기 마킹된 패킷들 Pki의 사본들을 폐기한다;
- [0226] - 이전의 블록 주기에 관련된 파라미터들을 계산한다 (단계들 421a/421b 내지 424a/424b); 그리고
- [0227] - 상기 계산된 파라미터들을 상기 관리 서버 MS로 전송한다 (단계 425).
- [0228] 다른 말로 하면, 이 첫 번째 구현에 따라서, 상기 노드 N1은 상기 패킷 흐름 PF를 블록들로 분할하기 위해서 상기 패킷들 Pki를 마킹할 뿐이며, 반면에 타임 측정은 상기 통신 네트워크 CN에서 전송된 실제 트래픽의 사본에 대해 상기 컴퓨터들 PC1, PC2에 의해서 수행된다. 상기 노드 N1에서 이미 이용 가능한 마킹 기능은 상기 컴퓨터들 PC1, PC2에 의해서 수행된 타임 측정을 지원하기 위해서 활용될 수 있을 것이다. 유리하게는, 상기 PC들 중 하나가 고장나는 경우에, 타임 측정만이 영향을 받으며, 반면에 패킷 흐름 PF의 전송은 영향을 받지 않는다.
- [0229] 도 5b에서 보이는 두 번째 대안의 실시예에 따라서, 상기 전송 노드 N1은 패킷 흐름 PF가 전송되는 포트와 동일한 포트를 통해서 제1 컴퓨터 PC1에 연결되는 것이 바람직하다. 유사하게, 상기 수신 노드 N2는 패킷 흐름 PF가 수신되는 포트와 동일한 포트를 통해서 제2 컴퓨터 PC2에 연결되는 것이 바람직하다. 다른 말로 하면, 상기 제1 컴퓨터 PC1 그리고 상기 제2 컴퓨터 PC2는 상기 전송 노드 N1 그리고 상기 수신 노드 N2 사이의 패킷 흐름 PF가 뒤따르는 경로 상에 위치한 패스-스루 (pass-through) 프로브들이다.
- [0230] 이 두 번째 대안의 실시예에 따라서, 상기 제1 컴퓨터 PC1은 도 3a 및 도 3b의 흐름도들의 모든 단계들을 수행하도록 구성되며, 상기 제2 컴퓨터 PC2는 도 4a 및 도 4b의 흐름도들의 모든 단계들을 수행하도록 구성된다.
- [0231] 다른 말로 하면, 이 두 번째 대안의 실시예에 따라서, 상기 노드들 N1, N2는 타임 측정을 지원하는 어떤 동작도 수행하지 않으며, 이는 완전히 상기 컴퓨터들 PC1, PC2의 책임이다. 상기 컴퓨터들 PC1, PC2는 노드의 모든 트래픽 처리 기능들에 상기 타임 측정 기능들을 더한 기능들을 기본적으로 구현한다. 그래서, 상기 타임 측정은 상기 노드들 N1, N2에서 이용 가능한 기능성들과는 독립적으로 구현될 수 있을 것이다. 이것은 상이한 유형들 및 상이한 벤더들의 노드들을 포함하는 통신 네트워크들에서 전송된 실시간 트래픽 상에서 상기 타임 측정을 구현하는 것을 가능하게 한다.
- [0232] 도 5c에서 보이는 세 번째 대안의 실시예에 따라서, 상기 전송 노드 N1은 자신이 상기 트래픽 흐름 PF를 수신하

는 제1 컴퓨터 PC1에 연결되는 것이 바람직하다. 게다가, 상기 수신 노드 N2는 자신이 상기 트래픽 흐름 PF를 전달하는 제2 컴퓨터 PC2에 연결되는 것이 바람직하다.

[0233] 이 세 번째 대안의 실시예에 따라, 상기 제1 컴퓨터 PC1은 상기 패킷 흐름 PF를 생성하고 그리고 도 3a 및 도 3b의 도면들 중 흐름도들의 모든 단계들을 수행하도록 구성되며, 상기 제2 컴퓨터 PC2는 도 4a 및 도 4b 중 흐름도들의 모든 단계들을 수행하고 그리고 상기 패킷 흐름 PF를 종결하도록 구성된다.

[0234] 다른 말로 하면, 상기 컴퓨터들 PC1, PC2는 상기 노드들 N1 그리고 N2 사이에서 교환된 실제의 트래픽과 상기 노드들 N1 및 N2 사이에서 혼합된 인위적인 트래픽을 제공한다. 그런 세 번째 실시예에 따라서, 상기 컴퓨터들 PC1, PC2는 그러면 상기 인위적인 트래픽에 관한 타임 측정을 수행하며, 그리고 그에 따라서 상기 실제의 트래픽 성능을 대략적으로 나타내는 결과들을 제공한다. 또한, 이 세 번째 대안의 실시예에 따라서, 상기 노드들 N1 및 N2는 상기 타임 측정을 지원하는 어떤 동작도 수행하지 않으며, 이는 완전히 상기 컴퓨터들 PC1, PC2의 책임이다. 그래서, 상기 타임 측정은 상기 노드들 N1, N2에서 이용 가능한 기능들과 독립적으로 구현될 수 있을 것이다. 이는 상이한 유형들 및 상이한 벤더들의 노드들을 포함하는 통신 네트워크들에서 전송된 인위적인 트래픽에 대한 타임 측정을 구현하는 것을 가능하게 한다.

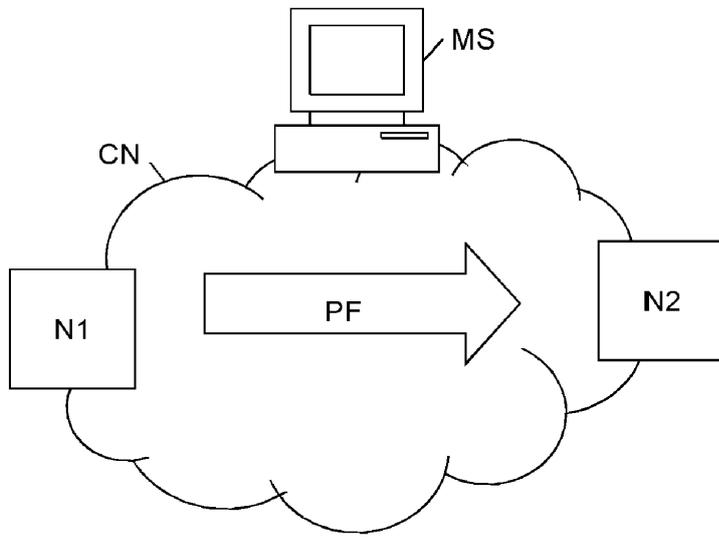
[0235] 상기 설명은 N1으로부터 N2로의 단-방향 트래픽에 관한 것이다. 그러나, 본 발명의 실시예들에 따라서 타임 측정을 수행하기 위한 상기 방법은 N1 및 N2 사이에서 교환된 양방향 트래픽에 적용될 수 있다. 그런 경우에, 상기 노드 N1 (또는 상기 제1 컴퓨터 PC1)은 상기 노드 N2로 전송된 패킷 흐름상에서 도 3a 및 도 3b의 동작들을 수행하는 것이 바람직하며, 그 노드는 상기 노드 N2로부터 수신된 반대의 패킷 흐름상에서 도 4a 및 도 4b의 동작들을 수행한다. 대칭적으로, 상기 노드 N2 (또는 상기 제2 컴퓨터 PC2)는 상기 노드 N1로 전송된 패킷 흐름상에서 도 3a 및 도 3b의 동작들을 수행하는 것이 바람직하며, 그 노드는 상기 노드 N1으로부터 수신된 반대의 패킷 흐름상에서 도 4a 및 도 4b의 동작들을 수행한다. 그런 경우에, 두 개의 매체 지연들 (그리고 지터들)이 계산될 수 있을 것이며, 하나는 N1으로부터 N2로의 전파 방향에 관한 것이며 그리고 다른 것은 N2로부터 N1로의 반대의 전파 방향에 관한 것이다. 그런 경우에, 두 개의 매체 지연들 (그리고 지터들)이 계산될 수 있을 것이며, 그 하나는 N1으로부터 N2로의 전파 방향에 관한 것이며 그리고 다른 것은 N2로부터 N1로의 반대의 전파 방향에 관한 것이다.

[0236] 상기 매체 지연들은 유리하게도 같이 합해질 수 있을 것이며, 그럼으로써 두 노드들 N1 및 N2 사이의 매체 왕복 지연을 제공한다. 그런 매체 왕복 지연은 실제로 추정이며, 이는 그 매체 왕복 지연이 N1 및 N2 사이에서 거꾸로 그리고 전방으로 전송된 동일한 패킷에 관하여 측정된 것이 아니기 때문이다. 그러나, 그것은 아주 정밀한 추정이며, 이는 그 매체 왕복 지연이 두 개의 반대로-전파하는 패킷 흐름들의 아주 많은 개수의 패킷들에 관한 평균으로서 계산되었기 때문이다. 본 발명자들은 위에서 설명된 것처럼 계산된 매체 왕복 지연의 정밀도는 핑 (ping) 기능을 이용하여 계산된 왕복 지연의 정밀도에 필적한다고 평가했다. 그러나, 유리하게도, 상기 핑 기능과는 상이하게, 상기 매체 왕복 지연의 계산은 실제의 트래픽 상에서 수행되며 그리고 어떤 인위적인 패킷의 전송을 필요로 하지 않는다.

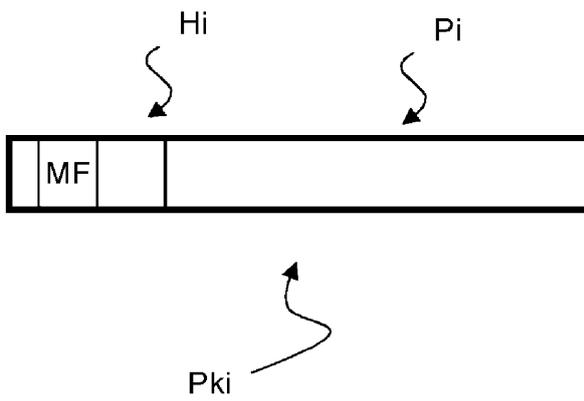
[0237] 또한, 상기의 설명에서, 상기 노드들 N1, N2는 각자의 계산된 파라미터들 (패킷 카운트, 매체 타임스탬프, 첫 번째-패킷 타임스탬프, 마지막-패킷 타임스탬프, 그리고 옵션으로, 매체 원-포인트 지터)을 상기 관리 서버 MS로 전송하며, 이 관리 서버 MS는 그 파라미터들을 상기 매체 지연 및 매체 지터를 계산하기 위해서 사용한다고 가정되었다. 대안의 실시예들에 따라서, 매체 지연 및 매체 지터의 상기 계산은 상기 노드들 N1, N2 중 하나의 노드에 의해서 수행될 수 있을 것이다. 그래서, 예를 들어 그 계산이 상기 수신 노드 N2에 의해서 수행된다고 가정하면, 상기 전송 노드 N1은 상기 수신 노드 N1에게 상기 계산된 파라미터들을 전송할 것이다. 그런 파라미터들은 전용의 패킷 내에, 예를 들면, OAM 프레임 내에 삽입될 수 있을 것이다. 그래서, 그런 실시예들에 따라서, 다양한 패킷 흐름들에 관한 타임 측정들을 계산하는 것은 유리하게도 통신 네트워크 CN의 모든 노드들에 분산된다.

도면

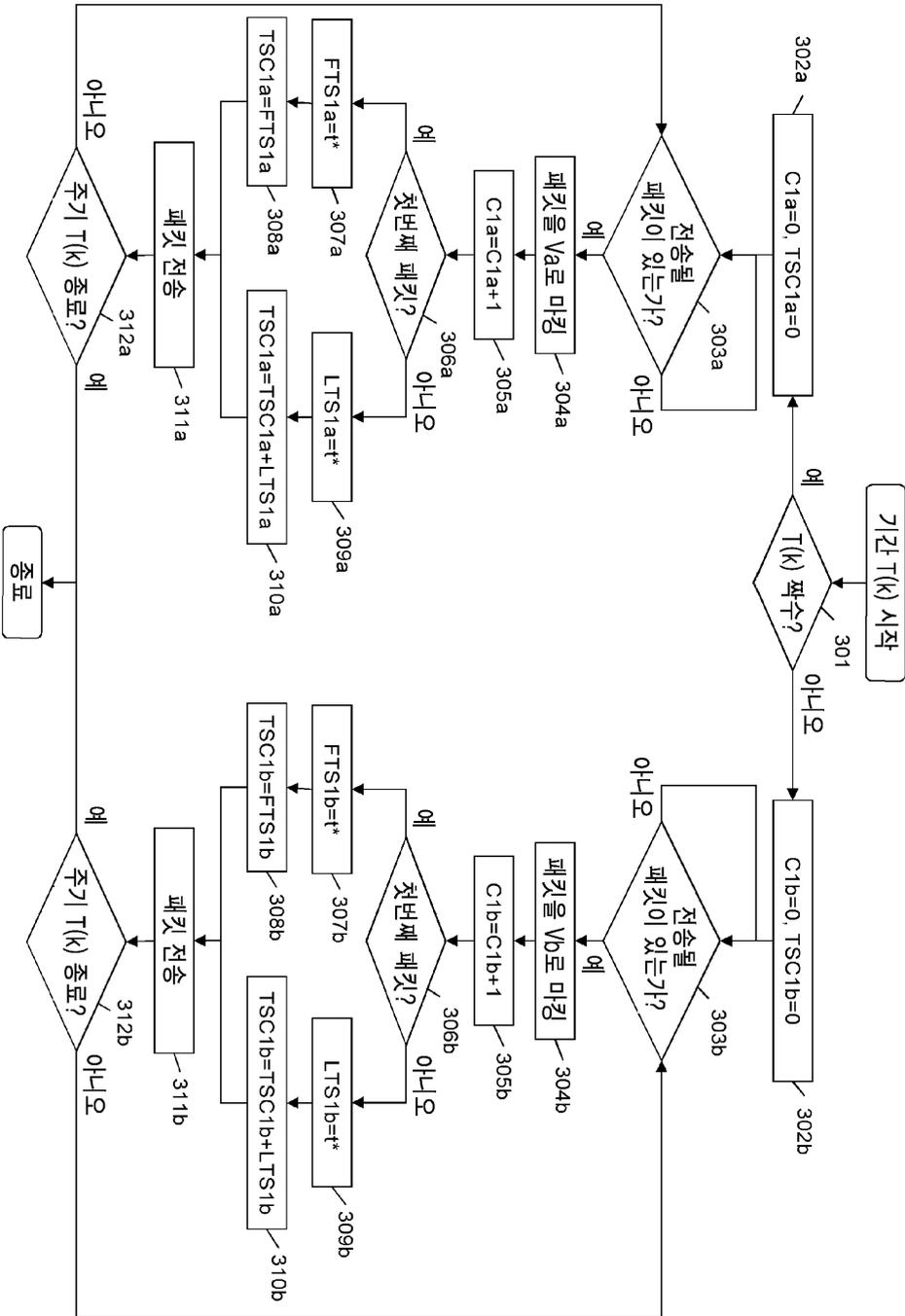
도면1



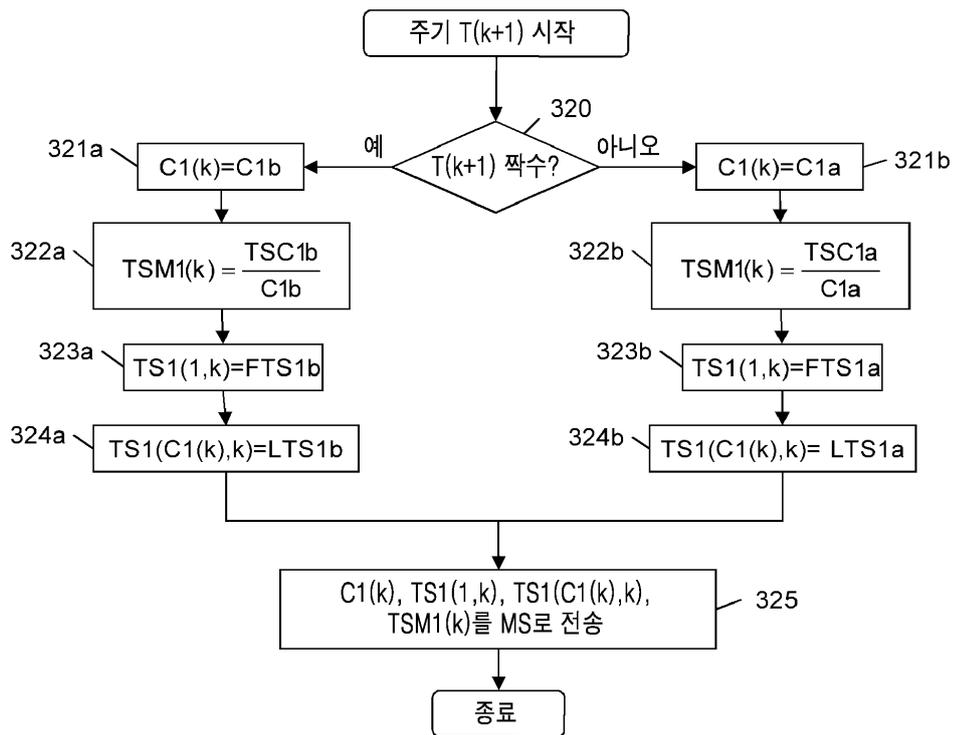
도면2



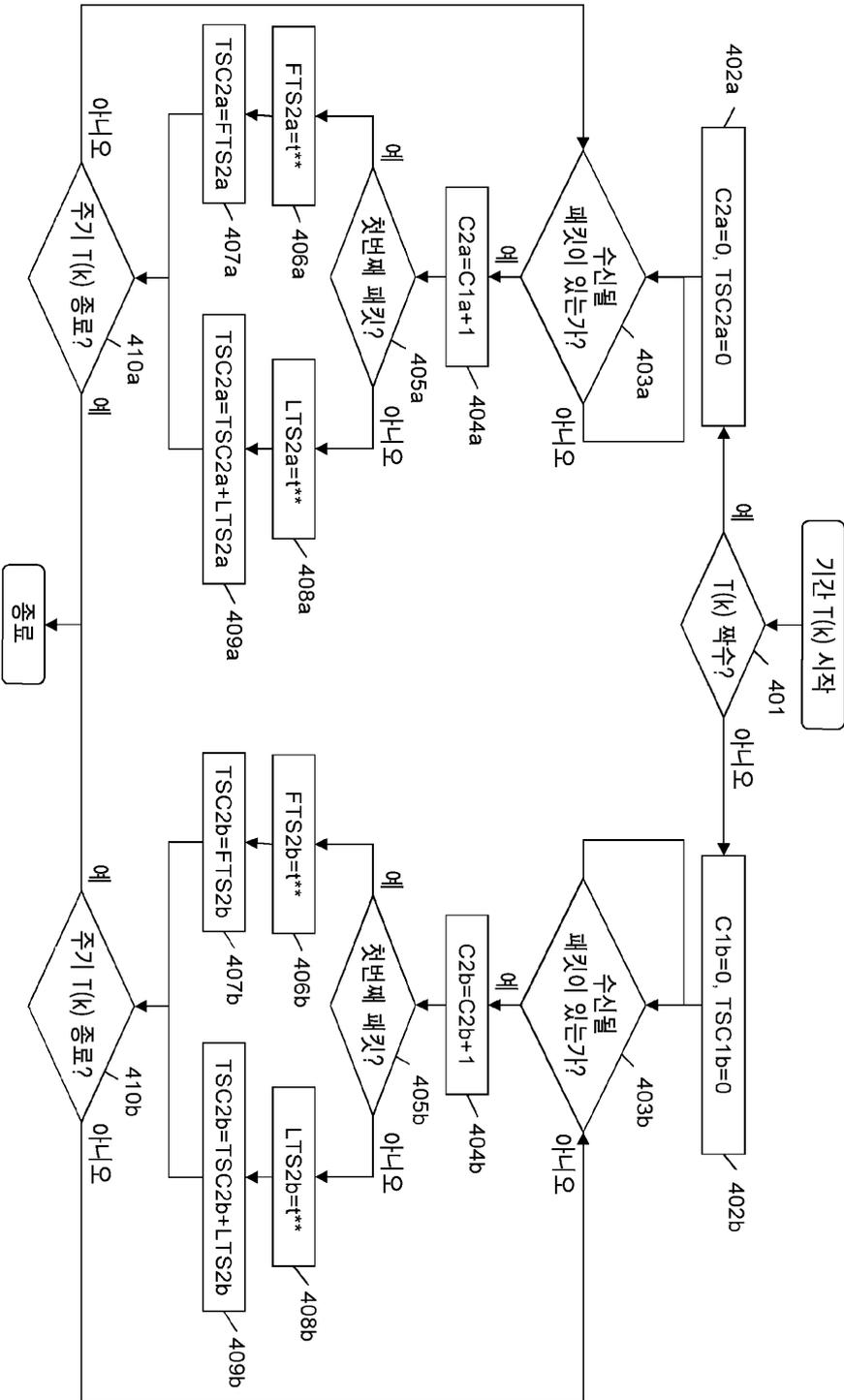
도면3a



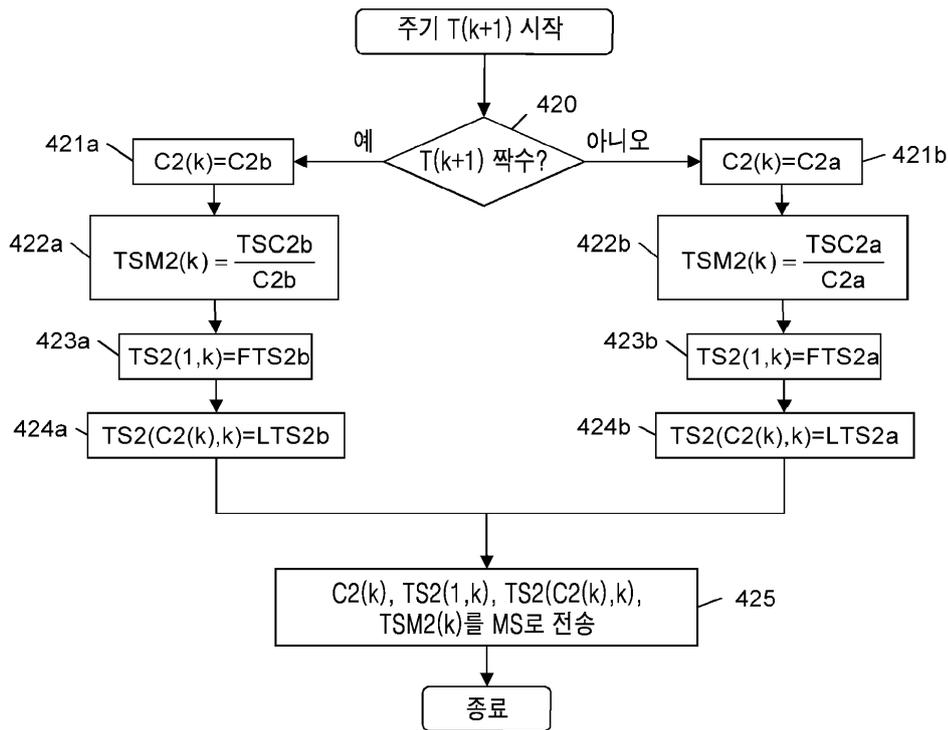
도면3b



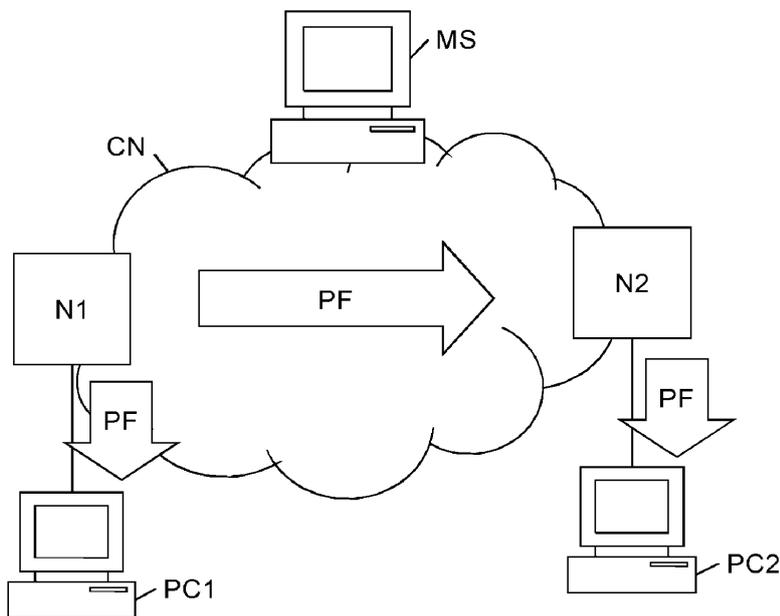
도면4a



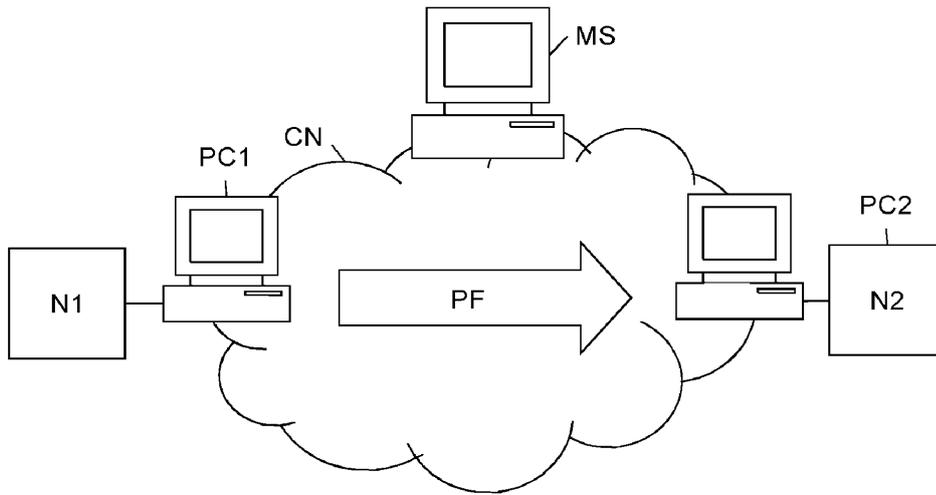
도면4b



도면5a



도면5b



도면5c

