



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년02월02일

(11) 등록번호 10-1590972

(24) 등록일자 2016년01월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H04L 12/00 (2006.01) H04L 29/06 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-7019478
 (22) 출원일자(국제) 2009년12월24일
 심사청구일자 2014년08월27일
 (85) 번역문제출일자 2012년07월23일
 (65) 공개번호 10-2012-0109574
 (43) 공개일자 2012년10월08일
 (86) 국제출원번호 PCT/EP2009/009266
 (87) 국제공개번호 WO 2011/076239
 국제공개일자 2011년06월30일
 (56) 선행기술조사문헌
 W02008059000 A1
 W02009077852 A1

(73) 특허권자
 텔레콤 이탈리아 소시에떼 페 아찌오니
 이탈리아 밀라노 20123 비아 가에타노 네그리 1
 (72) 발명자
 사벨라 다리오
 이탈리아 아이-10148 토리노 비아 쥐. 레이스 로
 물리 274 텔레콤 이탈리아 소시에떼 페 아찌오니
 카레티 마르코
 이탈리아 아이-10148 토리노 비아 쥐. 레이스 로
 물리 274 텔레콤 이탈리아 소시에떼 페 아찌오니
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 12 항

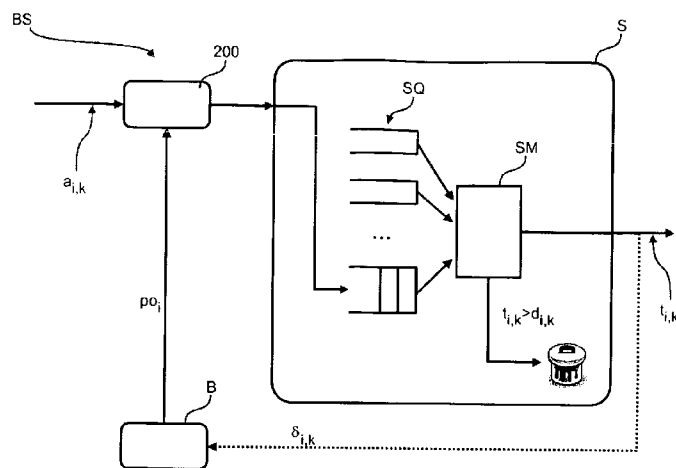
심사관 : 김대성

(54) 발명의 명칭 통신 네트워크에서의 전송 스케줄링 방법, 해당 통신 노드 및 컴퓨터 프로그램 생성물

(57) 요약

데이터 스트림들은 수신자 측의 재생 버퍼를 통한 플레이아웃을 위해 데이터 패킷들의 형태로 통신 네트워크에서 노드(BS)로부터 수신자 측으로 전송된다. 상기 데이터 패킷들은 스케줄링 큐(scheduling queue; SQ)로 배치되고 만약 상기 스케줄링 큐(SQ)에서의 데이터 패킷들의 체류 시간(t)이 소정의 중단 마감시간(d)을 초과한다면 상기 스케줄링 큐(SQ)로부터 중단된다. 상기 수신자 측의 재생 버퍼에 의한 데이터 패킷들에 대한 예상된 플레이아웃 순간들(p)을 나타내는 데이터 패킷들에 대한 개별적인 플레이아웃 값들(p^o)을 결정하기 위해 상기 재생 버퍼(B)는 상기 노드(BS)에서 에물레이트된다. 상기 중단 마감시간들(d)은 상기 노드(BS)에서 에물레이트된 재생 버퍼를 통해 결정되는 개별적인 플레이아웃 값들(p^o)의 함수로서 상기 데이터 패킷들에 할당된다.

도 3



(72) 발명자

안드레오찌 마테오 마리아

이탈리아 아이-56126 피사 비아 디오티살비 2 델
인포마찌오네 유니버시타 디 피사 - 디파티멘토 디
인게그네리아

스테아 지오반니

이탈리아 아이-56126 피사 비아 디오티살비 2 델
인포마찌오네 유니버시타 디 피사 - 디파티멘토 디
인게그네리아

명세서

청구범위

청구항 1

통신 네트워크에서 노드(BS)로부터 수신자(UE2) 측으로의 데이터 스트림들의 전송을 스케줄링하는 방법에 있어서, 상기 데이터 스트림들은 상기 수신자(UE2) 측의 수신기 재생 버퍼(106)를 통한 플레이아웃을 위한 데이터 패킷들을 포함하며,

상기 방법은,

- 상기 노드(BS)에서 적어도 하나의 스케줄링 큐(scheduling queue; SQ)로 상기 데이터 패킷들을 배치하는 것;
- 만약 상기 스케줄링 큐(SQ)에서의 데이터 패킷들의 체류 시간이 소정의 중단 마감시간(d)을 초과한다면 상기 스케줄링 큐(SQ)로부터 상기 데이터 패킷들을 중단하는 것;
- 상기 수신기 재생 버퍼(106)에 의한 상기 데이터 패킷들에 대한 예상된 플레이아웃 순간들(P)을 나타내는 상기 데이터 패킷들에 대한 개별적인 플레이아웃 값들(PO)을 결정하는 것; 및
- 상기 개별적인 플레이아웃 값들(PO)의 함수로서 상기 데이터 패킷들에 상기 중단 마감시간들(d)을 할당(200)하는 것;

을 포함하고,

상기 수신기 재생 버퍼(106)에 의한 상기 데이터 패킷들에 대한 예상된 플레이아웃 순간들(P)을 나타내는 상기 데이터 패킷들에 대한 개별적인 플레이아웃 값들(PO)을 결정하는 것은 예물레이트된 재생 버퍼(B)를 가지고 상기 노드(BS) 측에서 상기 데이터 패킷들에 대해 상기 수신기 재생 버퍼(106)를 예물레이트하는 것을 포함하며, 상기 수신기 재생 버퍼(106)를 예물레이트하는 것은 최적의 플레이아웃 버퍼링 알고리즘을 예물레이트하는 것을 포함하고,

상기 최적의 플레이아웃 버퍼링 알고리즘은 QoS 및/또는 QoE 기준을 고려하는 평균 평가 점수(Mean Opinion Score; MOS)의 함수로서 상기 개별적인 플레이아웃 값들(PO)을 결정하는, 데이터 스트림들의 전송을 스케줄링하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 데이터 패킷들은 상기 데이터 패킷들의 생성 시간을 나타내는 타임스탬프들(g)을 포함하는, 데이터 스트림들의 전송을 스케줄링하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 수신기 재생 버퍼(106)에 의한 상기 데이터 패킷들에 대한 예상된 플레이아웃 순간들(P)을 나타내는 상기 데이터 패킷들에 대한 개별적인 플레이아웃 값들(PO)을 결정하는 것은 예물레이트된 재생 버퍼(B)를 가지고 상기 노드(BS) 측에서 상기 데이터 패킷들에 대해 상기 수신기 재생 버퍼(106)를 예물레이트하는 것을 포함하며, 상기 수신기 재생 버퍼(106)를 예물레이트하는 것은 최적의 플레이아웃 버퍼링 알고리즘을 예물레이트하는 것을 포함하고,

상기 방법은,

상기 통신 네트워크의 발신자(UE1) 측에서의 상기 패킷들의 생성 시간(g) 및 상기 수신자(UE2) 측에서의 상기

패킷들의 도달 시간(\mathcal{G}) 간의 추정된 전송 지연(δ)의 함수로서 상기 개별적인 플레이아웃 값들(P^O)을 결정하는 것;

을 포함하는, 데이터 스트림들의 전송을 스케줄링하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 추정된 전송 지연(δ)은,

- 상기 데이터 패킷들이 상기 발신자(UE1) 측에서 생성되는 시간(\mathcal{G})을 나타내는 제1 값;
- 상기 데이터 패킷들이 상기 노드(BS)에서 수신되는 시간(\mathbf{a})을 나타내는 제2 값;
- 상기 데이터 패킷들이 상기 노드(BS)로부터 상기 수신자(UE2) 측으로 전송되는 예상 시간을 나타내는 제3 값; 및
- 상기 노드(BS)로부터 상기 수신자(UE2) 측으로 상기 데이터 패킷들을 전송하기 위한 추정된 지연을 나타내는 제4 값;의 함수로서 결정되는, 데이터 스트림들의 전송을 스케줄링하는 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 방법은,

적응형 플레이아웃 버퍼로서 상기 노드(BS) 측에서 상기 수신기 재생 버퍼(106)를 에뮬레이트하는 것;

을 포함하는, 데이터 스트림들의 전송을 스케줄링하는 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 데이터 스트림은 인터넷 프로토콜을 통한 음성(Voice over IP) 데이터 스트림이고, 상기 평균 평가 점수는 E-모델(E-Model)을 통해 계산되는, 데이터 스트림들의 전송을 스케줄링하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 개별적인 플레이아웃 값들(P^O)은 이전 전송 지연들(δ)의 함수로서 최적의 플레이아웃 지연(P^O)을 결정함으로써 사후에 결정되는, 데이터 스트림들의 전송을 스케줄링하는 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 데이터 스트림은 인터넷 프로토콜을 통한 음성(Voice over IP) 데이터 스트림이고, 상기 개별적인 플레이아웃 값들(P^O)은 이전 유음의 최적의 플레이아웃 지연(P^O)을 결정함으로써 소정의 유음(talkspurt)의 모든 데이터 패킷들의 예상된 플레이아웃 순간(P)을 나타내는 것으로 결정되는, 데이터 스트림들의 전송을 스케줄링하는 방법.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 개별적인 플레이아웃 값들(P^O)은, 상기 개별적인 플레이아웃 값들에 대한 이전 값들(P^O)을 또한 고려하는 지수 평균(exponential average)을 통해 결정되는, 데이터 스트림들의 전송을 스케줄링하는 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

통신 네트워크에서 수신자(UE2) 측으로의 데이터 스트림들의 스케줄링된 전송을 위한 통신 노드(BS)에 있어서, 상기 데이터 스트림들은 상기 수신자(UE2) 측의 수신기 재생 버퍼(106)를 통한 플레이아웃을 위한 데이터 패킷들을 포함하며,

상기 통신 노드(BS)는,

상기 데이터 스트림들의 상기 데이터 패킷들이 저장되어 있는 적어도 하나의 스케줄링 큐(스케줄링 큐(scheduling queue; **SQ**)); 및

제1항 내지 제5항 및 제8항 내지 제11항 중 어느 한 항의 방법의 단계들 모두를 수행하도록 구성된 제어 모듈(200);

을 포함하는, 통신 노드.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 통신 노드(BS)는 범용 이동 통신 시스템 장기 진화(Universal Mobile Telecommunications System Long Term Evolution) 및/또는 고속 다운링크 패킷 액세스(High-Speed Downlink Packet Access) 통신 노드인, 통신 노드.

청구항 15

컴퓨터 프로그램이 수록된 컴퓨터 판독가능 저장 매체로서, 상기 컴퓨터 프로그램은 적어도 하나의 컴퓨터의 메모리에 로드가능하며 상기 컴퓨터 프로그램이 컴퓨터상에서 실행될 때 제1항 내지 제5항 및 제8항 내지 제11항 중 어느 한 항의 방법의 단계들 모두를 수행하기 위한 소프트웨어 코드 부분들을 포함하는, 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본원의 개시내용은 통신 네트워크에서의 데이터 전송을 스케줄링하기 위한 기법들에 관한 것이다.

[0002] 본원의 개시내용은 점-대-다중점(point-to-multipoint) 통신 노드에서의 인터넷 프로토콜을 통한 음성(Voice over IP: VoIP) 데이터 스트림의 데이터 패킷들을 스케줄링함에 있어서 본원의 개시내용이 사용될 수 있음에 주목하면서 이루어진 것이다.

배경기술

[0003] 인터넷은 원래 신뢰성있는 패킷 전송을 염두에 두고 설계되었다. 실제로는, 프로토콜 스택의 모든 하위 계층들이 순번(sequence number)들, 타임아웃(timeout)들, (순환 여유도 검사(Cyclic Redundancy Check)와 같은) 체크섬(checksum)들, 순방향 오류 정정(Forward Error Correction: FEC), 자동 재송 요구(Automatic Request-reQuest; ARQ) 등등과 같은 신뢰성있는 통신을 보장하기 위한 메커니즘들을 포함한다. 이는 인터넷이 초기에 컴퓨터 데이터 네트워크로서 인식된 것이기 때문인데, 이 경우에, 컴퓨터 데이터의 정확도 및 무결성은 중요한 속성들이다.

[0004] 최근 들어, 인터넷은 계속해서 증가하는 실시간 서비스들에 대한 지원을 제공하는 글로벌 멀티서비스 기반구조로서 잘 정비되어 있다. 인터넷 프로토콜을 통한 음성(VoIP)과 같은 패킷화된 음성은 개량된 서비스 품질(Quality of Service; QoS) 솔루션들의 전개를 위한 주요 드라이버로서 작용하는, 인터넷을 위해 가장 중요하게 부각되는 실시간 애플리케이션들 중 하나이다.

[0005] 시의성(時宜性: timeliness)이 무결성만큼이나 중요해지고 있는, 실시간 트래픽의 대량 출현에도 불구하고, 사실상 서비스 품질(QoS) 솔루션들이 애플리케이션 레벨에서가 아니면 결정을 내리기 위한 매개변수로서 시간을

거의 사용하지 않고 있다. 이는 아마도 역사적으로 잘 알려져 있는 인터넷을 통한 클록 동기화의 문제 때문일 것이며, 이는 2개의 원격 지점들에서의 글로벌 동기화 클록들을 갖는 것을 어렵게 한다.

[0006] 신뢰성있는 클록 동기화의 부재(lack)로 종종 성능 측정에 대한 문제가 생기게 되는데, 이 경우에 긴 측정 시간 간격들(수 일(day) 내지 수 주(week)) 및 고정밀도가 필요하다(따라서 비록 작은 클록 스쿠들이라도 매우 유효하다).

[0007] 현재, 클록 동기화가 진보되고 있는데, 이러한 진보로 그와 같은 장기간에서 서브-밀리초(sub-millisecond) 단위의 정확도가 달성될 수 있다. 그러나, 음성 대화가 수 분 내지 수 시간 동안 계속 이루어지면, 수 밀리초 정도의 동기화 오류들은 거의 인간의 지각에 그다지 영향을 주지 않게 된다.

[0008] 절대 차(absolute difference)가 수 밀리초에 달하는 몇 시간 동안 클록들이 동기화되게 하는데 필요한 정확도는 입수가 가능한 기법들을 통해 거의 비용을 들이지 않고, 예컨대 값이 비싸지 않고 이미 대부분의 휴대 기기들에 장착되어 있는, 위성 위치 확인 시스템(Global Position System; GPS) 칩들로부터 이미 얻어질 수 있는 것인데, 이와 동일한 결과는 범용 이동 통신 시스템(Universal Mobile Telecommunications System; UMTS) 네트워크(이 경우에 좀더 엄격한 동기화가 실제로 주요한 요건임)에서 입수가 가능한 독점 솔루션(proprietary solution)들에 의해서나 또는 공지된 네트워크 시간 프로토콜(Network Time Protocol)에 의해서도 또한 획득될 수 있다.

[0009] 도 1에는 2명의 사용자들(U1,U2)이 공통 네트워크(N)(예컨대, 인터넷)에 접속되어 있는 2대의 사용자 단말기들(UE1,UE2)을 통해 통신하는 전형적인 VoIP 시나리오가 개략적으로 나타나 있다.

[0010] 발신자 측(즉, UE1)에서는, 제1 컴포넌트가 부호기(100)이며, 상기 부호기(100)는 제1 사용자 U1(즉, 스피커)의 음성 신호를 주기적으로 샘플링한다. 품질 및 대역폭 소비 간의 밸런스가 서로 다른 트레이드-오프 특징들을 나타내는 여러 가지 다양한 부호기가 이용될 수 있다. 전형적으로는, 부호기들이 샘플-기반 부호기들이거나 프레임-기반 부호기들이다. (예컨대, G.711 코덱에 기초한) 전자의 부호기들은 개별 음성 샘플들을 주기적으로 부호화하는 것인 반면에, (예컨대, G.729 코덱에 기초한) 후자의 부호기들은 수 밀리초의 시간 간격(즉, 프레임) 내에 소정 개수의 샘플들을 그룹화하는 것이다. 그러한 이유 때문에, 프레임-기반 부호기들에서는 종종 좀더 높은 압축 레이트들 및 좀더 낮은 데이터 레이트들이 획득되지만, 프레임-기반 부호기들의 부호화/복호화 복잡도는 더 커지게 되는 것이 일반적이다.

[0011] 음성 프레임의 생성은 주기적인 시간 간격들에서 생길 수도 있고, 좀더 일반적으로는 음성 구간 검출(Voice Activity Detection; VAD) 기능부에 의해 변조될 수도 있다. VAD 기능부는 양방향 대화 중 단일(일방향) 스트림에서 유음 구간 및 묵음 구간이 자연스럽게 번갈아 이루어지게 하는 기능을 이용하는 것이다. 묵음 구간들 동안, 어떠한 음성 프레임들도 전혀 생성되지도 않거나, 또는 음성 프레임들이 감소된 레이트로 그리고/또는 감소된 비트 수를 사용하여 생성됨으로써 청취자에게 일부 소음(comfort noise)을 전달하게 된다. 소음은 대화 당사자가 다른 대화 당사자의 활기(liveliness)를 느낄 수 있게 하며 또한 국부적으로 생성될 수 있다. 예를 들면, G.711 코덱은 일반적으로 유음 구간들 동안 172-바이트 패킷들을 생성하며 묵음 구간들 동안 어떠한 정보도 발신하지 않는다. 그 반면에, 이동 통신 세계화 시스템(Global System for Mobile Communications; GSM) 적용형 다중-레이트(Adaptive Multi-Rate; AMR) 코덱은 대개 유음 구간들 동안 31-바이트 페이로드 패킷들을 생성하고, 묵음 구간들 동안 0-바이트 동기화 정보 또는 5-바이트 소음 패킷들을 생성한다.

[0012] 다수의 음성 프레임들은 또한 전송, 네트워크 및 미디어 액세스 제어(Media Access Control; MAC) 헤더들의 오버헤드를 감소시키기 위해 다중화기(102)에 의해 동일한 패킷 페이로드로 다중화될 수 있지만, 이와 관련해서는 전송 지연을 증가시키는 희생이 뒤따르게 된다. 이는 또한 손실들을 은폐하기 위해, 중복성 레벨을 증가시키도록 수행될 수 있다. 음성 다중화 레벨은 네트워크 상태들을 근거로, 시간 경과에 따라 변할 수 있다.

[0013] 마지막으로, VoIP 페이로드는 RTP/UDP/IP 패킷들과 같은 데이터 패킷들, 즉 애플리케이션 계층에서는 실-시간 전송 프로토콜(Real-time Transport Protocol; RTP)을 통해, 상기 전송 계층에서는 사용자 데이터그램 프로토콜(User Datagram Protocol; UDP)을 통해, 그리고 인터넷 계층에서는 인터넷 프로토콜(Internet Protocol; IP)을 통해 통신되는 패킷들로 캡슐화된다.

[0014] 수신자 측에서는(즉, 사용자 단말기(UE2)에서는), 음성 프레임들이 역-다중화기(104)를 통해 역-다중화되고 플레이어아웃 버퍼(106) 내에 공급된다. 상기 플레이어아웃 버퍼(106)를 통해, 음성 프레임들이 상기 부호기에 의해 생성되었던 동일한 시간 간격에서 상기 음성 프레임들이 복호화된다. 그러한 이유 때문에, 만약 음성 프레임들이 음성 프레임들의 예상된 플레이백 시간 후에 도달된다면, 음성 프레임들을 재-순서화, 지연 또는 심지어는 중단(drop)시킬 필요가 있을 수 있다.

[0015] 플레이아웃 버퍼들은 고정형 버퍼들이일 수도 있고 적응형 버퍼들이일 수도 있다. 고정형 버퍼들은 대화 동안 일정한 네트워크 지연을 가정하고 있으므로 고정 시간의 유음의 제1 패킷을 지연시키는 것이다. 적응형 버퍼들은 대개 단위 유음에 기초하여 변화하는 네트워크 상태들에 플레이백 포인트를 동적으로 적응시키려고 한 것이다(그러나 일부 적응형 버퍼들은 또한 유음 내에서 플레이아웃 지연을 변경시킬 수 있지만, 이에 대하여는 스푸리어스 주파수(spurious frequency) 효과들을 생성시키는 희생이 뒤따르게 된다).

[0016] 상기 플레이아웃 버퍼는 음성 프레임들을 복호기(108)로 전달하는데, 상기 복호기(108)는 실제로 사용자 U2(즉, 청취자)에게 상기 음성 프레임들을 플레이백시켜 준다. 일부 복호기들은 패킷 손실 은폐(Packet Loss Concealment; PLC) 기법들을 구현할 수 있는데, 이는 누락된 음성 프레임들이 올바르게 수신되었던 주변 프레임들을 보간함으로써 어느 정도 재구성될 수 있게 해 준다. PLC 기법들이 단지 한정된 개수의 손실들만을 마스킹(masking)할 수 있지만, 상기 PLC 기법들은 청취자에 의해 인식되는 손실로 인한 장애를 효과적으로 감소시켜 준다.

[0017] VoIP 대화 품질의 평가는 광범위한 연구 대상이었다. VoIP에 대해 가장 널리 사용된 평가 프레임워크는 국제 전기 통신 연합(International Telecommunication Union; ITU)의 전기 통신 표준화 부문(ITU-T)에 의해 표준화된, 이른바 E-모델(E-model)이다. 이러한 평가 프레임워크는 전송 매개변수들로부터 패킷화된 음성의 주관적인 품질의 예측 추정치를 계산하는 것을 포함한다.

[0018] E-모델 계산의 출력은 지연들, 패킷 손실, 장비 장애 요인들, 및 통화 품질의 사용자 기대(user quality call expectation)의 함수로서 계산되는 "**R** 인자(**R** factor)"라 불리는 스칼라 수치이며, 이하의 수학적 식 1과 같이 표기된다.

수학적 식 1

[0019]
$$R = R_0 - I_s - I_d - I_{e,eff} + A$$

[0020] 상기 수학적 식 1에서, R_0 는 기본적인 신호 대 잡음 비(회로 및 음향 잡음에 대한 수신 음성 레벨)이고, I_s 는 음성 신호에서 생기는 장애들을 나타낸 것이며, I_d 는 지연 및 에코 효과들로 인한 모든 장애들을 합산한 것이고, $I_{e,eff}$ 는 코덱 및 랜덤 패킷 손실들에 대한 코덱의 허용오차를 고려한, 실효 장비 장애 인자이다.

[0021] 더군다나, **A**는 채용되는 기술의 사용자 기대를 모델링하는 "보너스(bonus)" 인자이다. 예를 들면, **A**의 값이 기존의 회선-교환 네트워크들에서 보다는 위성 네트워크에서 크게 되는데, 그 이유는 위성 네트워크들에서의 사용자 기대들이 유선 네트워크들에서의 사용자 기대들보다 낮기 때문이다. **A** 인자에 대한 전형적인 범위는 [0, 20]이며 ITU에 의해 제안된 대표적인 값들이 이하의 표 1에 기재되어 있다.

표 1

[0022]

통신 시스템	A 인자
유선 전화	0
빌딩 내에서의 셀룰러	5
이동 차량 내에서의 셀룰러	10
도달하기 어려운 지리적인 구역들(여러 위성 홉들)에 대한 액세스	20

[0023] 마지막으로, $I_{e,eff}$ 는 이하의 수학적 식 2와 같이 계산될 수 있다.

수학적 식 2

[0024]
$$I_{e,eff} = I_e + (95 - I_e) \cdot P_{p1} / (P_{p1} + B_{p1})$$

[0025] 상기 수학적 식 2에서, I_e 는 낮은 비트 레이트를 갖는 코덱의 작용들을 특징화하는데 사용되는 장비 장애 인자이고, P_{p1} 은 패킷 손실 확률이며, 그리고 B_{p1} 은 코덱 패킷 손실에 대한 강건 인자(robustness factor)이다.

[0026] 일단 R 인자가 획득되면, 이는 추정된 평균 평가 점수(Mean Opinion Score; MOS)에 직접 매핑될 수 있다. 예를 들면, 사양서 ITU-T G107(ITU-T Recommendation G.107 (04-2009), "The E-model, a computational model for use in transmission planning")에는 R 인자 및 추정된 MOS 간의 예상가능한 관계가 기재되어 있다. 따라서, 상기 평균 평가 점수는 경험 품질(Quality of Experience; QoE) 또는 QoS 솔루션들을 개선하는데 사용될 수 있다. 일반적으로, 그러한 최적화들은, QoE가 측정될 수 있는 애플리케이션 레벨에서 수행된다.

[0027] 예를 들면, IEEE Transactions on Multimedia, Vol.8 No. 2, pages 420-426에 "Playout buffering of speech packets based on a quality maximization approach"라는 제목으로 실린 L. Atzori, M.L. Lobina, 및 M. Corona 명의의 논문에는 착신하는 유음에 대한 플레이아웃 지연을 예측하기 위한 수신자 측에서의 최적의 플레이아웃 버퍼의 사용이 제안되어 있다. 특히, 다른 유음에 대한 플레이아웃 순간이 최종 N 개의 유음들의 품질을 최대화했던 순간으로 설정된다.

[0028] 또한, Proceedings of NSTOOLS'07, First International Workshop on Network Simulation Tools, Nantes (FR), October 22, 2007에 "User level performance evaluation of VoIP using ns-2"라는 제목으로 실린 A. Bacioccola, C. Cicconetti, 및 G. Stea 명의의 논문에는 예상가능한 최적의 플레이백 알고리즘이 기재되어 있다.

[0029] IEEE ICC 2004, Paris, France, June 20-24, Pages 1473-1477에 "A new method for VoIP quality of service control use combined adaptive sender rate and priority marking"이라는 제목으로 실린 Z. Qiao, L. Sun, N. Heilemann, 및 E. Ifeachor 명의의 논문에는 현재의 네트워크 상태들에 발신 레이트를 적응시키기 위해 GSM AMR 코덱의 레이트를 적응하도록 하는 QoS 제어 스킴이 제안되어 있다. 그러한 적응은, 실-시간 제어 프로토콜(Real-Time Control Protocol; RTCP) 메시지들을 통해 VoIP 부호기에 피드백 정보를 보고하는 VoIP 복호기에 의해 측정된 MOS에 기반하여 이루어진다.

[0030] 본 발명자들은 피드백 정보에 기반한 애플리케이션 레벨에서의 QoE의 최적화가 여러 단점을 지니고 있음을 알았다. 예를 들면, 그러한 피드백-기반 기법들은 애플리케이션을 지나치게 복잡하게 하고, 동기화를 요구하거나 대칭이 아님으로써 일-방향 지연들보다는 훨씬 덜 정확한 왕복 시간(round-trip time)들에 의존한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0031] 그러므로, 이러한 단점을 없앨 수 있고 예컨대 집중된 (유선 또는 무선) 점 대 다중점(point-to-multipoint) 네트워크에서 다운링크 음성 흐름들을 스케줄링함에 있어서 네트워크 자원들의 효과적인 할당을 허용할 수 있는 개선된 솔루션들이 필요하다.

과제의 해결 수단

[0032] 본 발명에 의하면, 본 발명에서 해결하고자 하는 과제는 첨부된 특허청구범위에 기재되어 있는 특징들을 지니는 방법에 의해 해결될 수 있다. 본 발명은 또한 해당 통신 노드와 아울러, 적어도 하나의 컴퓨터의 메모리에 로드 가능한 컴퓨터 프로그램 생성물로서, 상기 컴퓨터 프로그램 생성물이 컴퓨터상에서 실행될 때 본 발명의 방법의 단계들을 수행하기 위한 소프트웨어 코드 부분들을 포함하는 컴퓨터 프로그램 생성물에 관한 것이다. 본원에서 사용되는 그러한 컴퓨터 프로그램 생성물에 대한 참조는 본 발명의 방법의 수행을 대등하게 하도록 컴퓨터 시스템을 제어하기 위한 명령어들을 포함하는 컴퓨터-판독가능 매체에 대한 참조와 동일하도록 의도된 것이다. "적어도 하나의 컴퓨터"에 대한 참조는 분산/모듈 방식으로 본 발명이 구현될 수 있는 가능성을 강조하도록 의도된

것이다.

- [0033] 본원의 특허청구범위는 본원에 제공된 발명의 개시내용과의 통합을 이루는 부분이다.
- [0034] 본원에 기재된 여러 실시예는 통신 노드(예컨대, 기지국)로부터 수신자(예컨대, 이동 단말기) 측으로의 데이터 스트림들의 전송을 스케줄링하는데 사용될 수 있는데, 이 경우에 데이터 패킷들은 상기 수신자 측의 재생 버퍼를 통한 플레이아웃용으로 의도된 것이다.
- [0035] 여러 실시예에서, 상기 데이터 패킷들은 스케줄링 큐(scheduling queue)로 상기 통신 노드에 배치되고 만약 상기 스케줄링 큐에서의 데이터 패킷들의 체류 시간이 소정의 중단 마감시간을 초과한다면 상기 스케줄링 큐로부터 중단된다.
- [0036] 여러 실시예에서, 수신자 측의 재생 버퍼는 데이터 패킷들에 대한 개별적인 예상된 플레이아웃 순간들을 결정하기 위해 상기 통신 노드 측에서 에뮬레이트(emulate)된다. 이어서, 데이터 패킷들의 중단 마감시간들은 상기 통신 노드 측에서 에뮬레이트된 재생 버퍼를 통해 결정된 개별적인 예상된 플레이아웃 순간들의 함수로서 상기 데이터 패킷들에 할당된다.
- [0037] 여러 실시예는 UMTS 장기 진화(Long Term Evolution; LTE) 또는 고속 다운링크 패킷 액세스(High-Speed Downlink Packet Access; HSDPA)를 포함하는 셀룰러 네트워크들과 같은 여러 액세스 기술에 적용가능하다.
- [0038] 여러 실시예는 이러한 셀룰러 네트워크 기술들에서 절대 시간(absolute time)이 일반적으로 대역의 네트워크 동기화 절차들을 통해 알려지게 된다는 인식에 의존한다.
- [0039] 여러 실시예는 절대 시간 참조가 추가될 때, 802.11e 하이브리드 조정 기능(Hybrid Coordination Function; HCF) 집중 제어 액세스(Centralized Control Access)(HCCA), 802.16, 또는 TDMA 시스템들(예컨대, 조정형 TDMA 드라이버들을 지니는 802.11 WLAN)과 같은 MAC 레벨에서의 집중 제어 기능을 갖는 광대역 무선 네트워크들에 적용가능하다.
- [0040] 여러 실시예는 또한 중앙 스위치가 클라이언트들에 데이터 패킷들을 발송하게 하는 유선 네트워크들에 적용가능하다.
- [0041] 여러 실시예는 평균 평가 점수(Mean Opinion Score; MOS)가 통신 네트워크 레벨 측에서 직접 사용될 수 있다는 인식에 의존한다.
- [0042] 여러 실시예는 (내부에 애플리케이션 부분을 포함하는) 단-대-단 경로의 다운스트림 세그먼트의 (손실 및 지연) 작용의 예측에 의존하는 다운링크 흐름들에 적용된다.
- [0043] 여러 실시예는 데이터 소스 측의 데이터 패킷들에 도입되어 있는 (절대) 타임스탬프들에 기반하여, 예컨대 RTP 타임스탬프들의 형태로, 크로스-계층(cross-layer) 접근법에서의 스케줄링 결정들을 내리는 것을 포함한다. 그러한 절대 타임스탬프들은 GPS 동기화, UMTS 네트워크 동기화, 네트워크 프로토콜들 및/또는 타임 서버들을 포함하는 여러 수단을 통해 획득될 수 있다.
- [0044] 여러 실시예는 점-대-다중점 네트워크(예컨대, LTE 또는 UMTS 셀, 또는 TDMA 네트워크), 즉 네트워크 자원들이 복수의 사용자 또는 단말기 간에 공유되게 하는 통신 네트워크에서 다운링크 흐름들을 스케줄링하기 위한 절대 시간을 이용한다.
- [0045] 본원에 기재된 대표적인 실시예들은 주로 다운링크 음성 흐름들을 언급한 것인데, 이 경우에
- [0046] - 손실 및 지연과 같은 (객관적인) 단-대-단 네트워크-레벨 측정들로부터 사용자에 의해 인식된 (주관적인) 품질, 즉 E-모델 또는 평균 평가 점수(MOS)를 추정하도록 확립된 수단이 존재하며; 그리고
- [0047] - 수신자 측에서의 음성 애플리케이션의 작용(특히, 상기 음성 애플리케이션의 플레이아웃 버퍼링 메커니즘)이 상당히 예측가능하기 때문에, 손실 및 지연에 대한 음성 수신자의 (무시할 수 없는) 기여를 추론하는 것이 가능하다.
- [0048] 당업자라면 여러 실시예가 또한 비디오 스트림들과 같은 다른 실-시간 트래픽 스트림들에 적용될 수 있음을 알 수 있을 것이다. 그러한 목적으로, 비디오 트래이스들에 대한 E-모델과 유사한 프레임워크가 개발될 수 있다.
- [0049] 여러 실시예에서, 각각의 패킷에는 추정되거나 예상된 플레이백 순간과 동일한 마감시간이 할당됨으로써, 최종 패킷들, 즉 수신자 측에서 중단될 최종 패킷들이 스케줄러 측에서 직접 중단되기 때문에, 대역폭을 줄이고 네트

워크 자원할당을 최적화하는 것이 가능하다.

- [0050] 여러 실시예에서, 스케줄러는 또한 사용자 인식에 영향을 주지 않고 초기 패킷들의 실제 플레이백 포인트까지 초기 패킷들을 지연시킴으로써, 좀더 엄격한 마감시간들을 갖는 패킷들이 수신자 측에 제때 배달될 수 있는 기회를 증가시키는 것이 가능하다.
- [0051] 여러 실시예에서, 수신자 측에서의 플레이백 포인트는 접속을 위해 단순화된 수신자 및/또는 플레이아웃 버퍼 ("재생 버퍼")를 에뮬레이트함으로써 추정된다.
- [0052] 예를 들면, VoIP 스트림의 경우에, 또한 단순화된 적응형 플레이아웃 버퍼, 즉 각각의 유음에 대해 동적으로 변화되는 재생 포인트를 갖는 버퍼가 에뮬레이트될 수 있다. 예를 들면, 유음의 종료시점에서, 최적의 사후 플레이백 순간, 즉 그러한 유음에 대해 가장 큰 MOS를 보장했던 순간을 추론하는 계산들이 이루어질 수 있다. 그러한 최적의 플레이백 순간들의 이력은 이때 차후의 유음에 대해 새로이 추정된 플레이백 순간을 추론하는데 사용될 수 있다.
- [0053] 여러 실시예에서, 최적의 사후 플레이백 순간들을 계산하기 위하여, E-모델 공식들이 사용된다. 이들은 만약 패킷 생성 및 (추정된) 플레이백 시간들이 클럭 동기화에 기반하여 결정될 수 있다면 계산될 수 있는 발신자의 입과 수신자의 귀 간의 지연(mouth-to-ear delay)을 고려한다. 그러한 이유 때문에, 패킷들은 정확한 클럭으로부터 샘플링된 절대 시간들을 가지고 소스 애플리케이션들 측에서 타임스탬프될 수 있으며, 스케줄러는 다시금 정확한 절대 클럭을 판독함으로써, 패킷들이 수신자 측에 배달될 때 스케줄러가 상기 절대 시간을 알게 된다. 여러 실시예에서, RTP 프로토콜, 특히 RTP 타임스탬프 필드는 그러한 목적으로 사용되는데, 예를 들면 RTP 헤더는 패킷당 2번, 즉 순번들 및 패킷 타임스탬프들이 패킷 마감시간을 계산하는데 사용될 수 있을 때 패킷 도달시에, 그리고 벽 시간(wall clock time)(즉, 패킷이 스케줄러의 큐를 떠나는 절대 시간)을 패킷 스탬프와 비교함으로써 스케줄러가 발신자의 입과 수신자의 귀 간의 지연을 추정할 수 있을 때 패킷 출발시에 판독될 수 있다.

발명의 효과

- [0054] 본원의 실시예들은 다음과 같은 여러 이점을 지닌다.
- [0055] - 본원의 실시예들은 비용이 적게 드는데, 그 이유는 전체 구현 프레임워크가 일반적으로 흐름당 100 미만의 바이트를 필요로 하므로 재생 버퍼 에뮬레이션의 공간 비용이 매우 저렴해지기 때문이다.
- [0056] - 시간 오버헤드가 무시될 수 있는데, 그 이유는 일반적으로 동작 상수가 각각의 흐름에 대해 요구되기 때문이다.
- [0057] - 가장 복잡한 계산(즉, 최적의 사후 재생 순간의 계산)은 단지 소수의 메모리 액세스만을 포함하는 것이 전형적이며, 묵음(silence) 구간들, 즉 수백 밀리초 동안 계산될 수 있다.
- [0058] - 결과적으로 얻어진 배치는 강건한데, 다시 말하면 (± 10 ms 정도의) 다소 대략적 클럭 에러들은 그다지 품질을 열화시키지 않고 허용됨으로써, 결과적으로는 (심지어 장시간 동안) 일시적인 동기화 손실이 스케줄링 프로세스에 거의 영향을 미치지 않게 된다.
- [0059] - 결과적으로 얻어진 배치는 공지된 최단 납기일(Earliest Due Date; EDD)과 같은 임의의 마감시간 기반 스케줄러와 연관지어서 또는 사용자 의존 및 시간 의존 채널 상태들을 갖는 무선 네트워크들의 경우에 마감시간들 및 채널 상태를 모두 고려하는 스케줄러와 연관지어 작용한다.
- [0060] - 프레임워크는 특히 이하의 조건들이 충족되는 통신 시나리오들을 포함하는 여러 통신 기술에 적용될 수 있다.
- [0061] a) 패킷 소스 및 스케줄링 노드가 (예컨대, GPS를 통해) 동기화됨.
- [0062] b) 각각의 패킷이 타임스탬프를 포함함.
- [0063] c) 스케줄링 컴포넌트는 도착시 패킷 타임스탬프들을 판독하고 상기 패킷 타임스탬프들의 출발시 절대 시간을 판독할 수 있음.
- [0064] d) 다운스트림 경로 세그먼트는 단지 온라인을 통해 측정(예컨대, H-ARQ 재송에 기인한 지연) 및/또는 추정(예컨대, 전파 및 처리 지연들)될 수 있는 추가적인 지연들을 플레이아웃 버퍼에 추가한 것만을 포함함.
- [0065] 따라서, 여러 실시예는 위의 가정 하에서 조정된 점-대-다중점 스케줄링 기능을 지니는 임의의 액세스 네트워크에서 구현될 수 있다.

- [0066] 지금부터 첨부된 도면들을 참조하여 단지 예로써만 본 발명이 설명될 것이다.
- 도면의 간단한 설명*
- [0067] 도 1은 배경기술에서 이미 설명된 전형적인 VoIP 시나리오를 개략적으로 보여주는 도면이다.
 도 2는 대표적인 통신 시나리오를 보여주는 도면이다.
 도 3은 한 실시예의 블록 다이어그램이다.
 도 4는 한 실시예의 동작에 대한 타이밍 다이어그램이다.
- 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*
- [0068] 이하의 설명에서는, 실시예들을 완전히 이해할 수 있도록 다수의 특정 세부가 제공되어 있다. 그러한 실시예들은 상기 특정 세부들 중 하나 이상의 특정 세부들 없이, 또는 다른 방법들, 컴포넌트들, 재료들 등등으로 실시될 수 있다. 다른 예들에서는, 공지된 구조들, 재료들, 또는 동작들은 그러한 실시예들의 애매한 점들을 회피하기 위해 상세하게 도시 또는 설명되어 있지는 않다.
- [0069] 본원 명세서 전반에 걸친 "한 실시예" 또는 "어느 한 실시예"에 대한 참조는 그러한 실시예와 연관지어 설명되는 특정한 구성, 구조, 또는 특징이 적어도 한 실시예에 포함됨을 의미한다. 따라서, 본원 명세서 전반에 걸친 여러 부분에서의 "한 실시예에서" 또는 "어느 하나의 실시예에서"라는 문구들이 나타내는 것은 반드시 모두 동일 실시예를 언급하는 것이 아니다. 더군다나, 특정 구성들, 구조들, 또는 특징들은 하나 이상의 실시예들에서 어느 적합한 방식으로 결합될 수 있다.
- [0070] 본원에서 제공된 서두(headings)는 단지 편의를 위한 것이며 상기 실시예들의 범위 또는 의미를 설명한 것이 아니다.
- [0071] 도 2에는 데이터 패킷들로 편성된 음성 스트림이 RTP 프로토콜을 통해 2대의 LTE 모바일 기기(UE1,UE2) 간에 전송되게 하는 대표적인 실시예가 도시되어 있다.
- [0072] 고려된 실시예에서, 제1 모바일 기기(UE1)는 모바일 기기(UE2)가 통신 네트워크(**N**)를 통해 연관짓게 되는 기지국(BS)(즉, LTE 네트워크의 eNodeB)에 데이터를 발신한다.
- [0073] 각각의 데이터 패킷은 n 개의 음성 프레임을 포함할 수 있으며 각각의 패킷은 m 개의 프로토콜 데이터 유닛(Protocol Data Unit; PDU)을 통해 전송될 수 있다. 더욱이, m 의 값은 서로 다른 접속마다 다를 수 있으며, 예컨대, 재송의 횟수가 상당히 증가/감소했음을 H-ARQ 프로세스로부터의 피드백이 나타내는 경우에 m 의 값은 시간 경과에 따라 변할 수 있다. m 의 값은 또한 고정되어 있을 수도 있고 셋업시 미리 설정될 수도 있다.
- [0074] 상기 설명의 이해를 돕기 위해 먼저 몇 가지 간단한 가정들이 세워지겠지만, 그러한 설명을 좀더 자세히 이해하면 그러한 가정들이 결코 필수적인 것이 아님을 알게 될 것이다. 특히, 여기서 가정하고자 한 것은 각각의 RTP 패킷이 단지 하나의 음성 프레임만을 포함하며 음성 패킷들이 eNodeB에서 프래그먼트화되지 않음으로써, 하나의 PDU가 하나의 음성 프레임을 반송(搬送)하게 된다는 것이다.
- [0075] 고려된 실시예에서는, 패킷들이 생성시 프레임 생성 시간으로 타임스탬프되는데, 이 경우에는 $i, k \geq 0$ 일 때 $g_{i,k}$ 가 i 번째 유음에서 k 번째 패킷의 생성 시간이고, $a_{i,k}$ 가 eNodeB에의 도달 시간이다.
- [0076] 패킷들은 네트워크(**N**)에서의 가변 시간 지연을 축적할 수 있으며, 일부 패킷들은 또한 시퀀스로부터 중단 및/또는 배달될 수 있다.
- [0077] 도 3에는 본 발명에 따른 기지국(BS)의 예상가능한 구현에 대한 블록 다이어그램이 도시되어 있다.
- [0078] 고려된 실시예에서는, 패킷들이 소정 시간($a_{i,k}$)에서 상기 기지국(BS)에 도달하게 될 때, 상기 패킷들에는 제어 모듈(200)에서 마감시간($d_{i,k}$)이 할당된다.
- [0079] 그리고나서, 상기 할당된 마감시간($d_{i,k}$)을 대상으로 제어 모듈(200)로부터 출력되는 패킷들은 상기 패킷들의

마감시간들을 고려할 수 있는 스케줄러(S)에 의해 스케줄링됨으로써 만약 eNodeB 큐에서의 패킷들의 체류 시간이 상기 패킷들의 마감시간($d_{i,k}$)을 초과한다면 상기 스케줄러(S)가 상기 패킷들을 중단할 수 있게 되는데, 그 이유는 이러한 패킷들이 수신자 측의 버퍼에서 중단될 가능성이 있어 보이므로 상기 패킷들을 전송하는 것이 단지 무선 자원들을 낭비하게 될 뿐이기 때문이다.

[0080] 고려된 실시예에서는, 상기 스케줄러(S)가 개별 데이터 스트림들의 데이터 패킷들이 저장되어 있는 복수의 큐(SQ)를 포함한다. 예를 들면, 상기 큐들(SQ)은 선입 선출(First-In First-Out; FIFO) 메모리들을 통해 구현될 수 있다. 그 다음에는, 어느 패킷이 전송될 것인지 중단될 것인지를 스케줄링 모듈(SM)이 결정한다. 예를 들면, 고려된 실시예에서는, 만약 패킷의 스케줄링된 전송 시간($t_{i,k}$)이 상기 패킷의 마감시간($d_{i,k}$)을 초과한다면, 즉 $t_{i,k} > d_{i,k}$ 인 경우에 상기 패킷이 중단된다.

[0081] 여러 실시예에서는, 시간($t_{i,k}$)에서의 상기 스케줄러(S)에 의한 전송에 대해 선택된 패킷은 H-ARQ 프로세스들에 의해 처리되며, 측정가능한 지연($dl_{i,k}$) 후에, 이는 모바일 기기(UE2)에서의 플레이아웃용으로 이용할 수 있다.

[0082] 고려된 실시예에서는, 상기 지연($dl_{i,k}$)은 그러한 패킷의 예상가능한 H-ARQ 재송 및 실질적으로 일정한 것이 일반적인 무선 인터페이스에서 그리고 모바일 노드에서의 물리적 지연들의 추정치를 포함한다.

[0083] 여러 실시예에서, 추정된 지연(dl)은 이하의 수학적 식 3과 같이 설정된다.

수학적 식 3

[0084]
$$dl = T_{proc} + T_{OW} + (m - 1) \cdot T_{H-ARQ}$$

[0085] 상기 수학적 식 3에서는, T_{proc} 가 수신자 측의 물리 계층 및 MAC 계층에서의 처리 지연의 추정치를 나타내며, T_{OW} 는 다운로드 세그먼트를 통해 PDU를 발신하는 시간(즉, 내부에서 ACK/NACK 생성 및 보고를 배제하고, 패킷을 수신자 측에 배달하는데 H-ARQ 프로세스로부터 소요되는 시간)이고, T_{H-ARQ} 는 H-ARQ 전송 사이클에 대한 시간이며 그리고 m 은 하나의 패킷에 대해 고려된 전송들의 횟수이다.

[0086] 상기 지연($dl_{i,k}$) 외에도, 음성 샘플이 시간($p_{i,k}$)에서 플레이아웃되기 전에 패킷이 직면하게 되는 유일한 추가적인 지연은 수신자 측의 플레이아웃 버퍼의 지연이다.

[0087] 그러므로, 상기 수신자 측의 플레이아웃 버퍼에의 도달 시간($q_{i,k}$)은 이하의 수학적 식 4와 같이 표기될 수 있으며,

수학적 식 4

[0088]
$$q_{i,k} = t_{i,k} + dl_{i,k}$$

[0089] 프레임(\hat{i})의 전체 네트워크 지연은 이하의 수학적 식 5와 같이 정의될 수 있다.

수학식 5

$$\delta_{i,k} = q_{i,k} - g_{i,k}$$

여러 실시예에서, $\delta_{i,k}$ 의 시퀀스는 마감시간($d_{i,k}$)을 결정하도록 해주는 에뮬레이트된 플레이아웃 버퍼(B)에 입력으로서 공급된다. 특히, 상기 에뮬레이트된 최적의 플레이아웃 버퍼(B)는 모바일 기기(UE2)의 플레이아웃 버퍼를 에뮬레이트하고, 그의 목적은 사후(즉, 일단 유음(i)이 종료된 경우)에 최적의 플레이아웃 순간(po_i)이 어떤 것이었는지, 즉 그러한 유음에 대해 가장 큰 MOS를 보장했던 것을 식별하는 데 있다.

고려된 실시예에서는, 마감시간($d_{i,k}$)이 이하의 수학식 6과 같이 계산될 수 있다.

수학식 6

$$d_{i,k} = po_i - (a_{i,k} - g_{i,k}) - dl$$

상기 수학식 6에서는, po_i 는 i번째 유음에 대한 수신자 측의 추정된 플레이아웃 지연이며, 이 경우에 상기 플레이아웃 지연은 유음에서의 임의의 성공적으로 플레이된 패킷의 생성 및 플레이아웃 시간 간의 시간 간격으로서 정의되고, dl 은 (수신자 측의 플레이아웃 버퍼에 의해 생성된 것과는 다른) 수신자 측에서의 무선 인터페이스 및 처리에 기인한 지연의 추정치이다.

그리고나서, $0 \leq j \leq i$ 일 때 과거의 최적의 플레이아웃 지연들(po_i)의 이력은 착신 유음에 대한 새로운 플레이아웃 지연(po_{i+1})을 추론하는데 사용된다.

여러 실시예에서, 비-인파적인 최적의 플레이백 알고리즘이 사용된다. 좀더 구체적으로 기술하면, 여러 실시예에서, 플레이아웃 버퍼는 상기 스케줄러에 도달하여 전송(또는 중단)하게 될 소정의 유음의 전체 프레임 집합을 대기한 다음에, 가장 예상가능한 음성 품질이 획득되게 하는 플레이백 지연을 도달들, 전달들 및 중단들의 패턴에 기반하여 선택한다. 그러한 최적의 플레이아웃 버퍼를 포함하는 목적은 클레버(clever) 적응형 플레이아웃 버퍼링 알고리즘이 무엇을 하는지를 예측하는 것이다. 예를 들면, 이는 초기 패킷들을 지연시키게 할 수 있고 그리고/또는 플레이아웃될 기회가 적은 패킷을 중단시키게 할 수 있다.

여러 실시예에서, 제어 모듈(200) 및 에뮬레이트된 버퍼(B)는 소프트웨어 코드 부분들에 의해 구현되며, 상기 소프트웨어 코드 부분들은 기지국(BS)에 있는 프로세서에 의해 실행된다. 그러나, 그러한 모듈들은 또한 전용 디지털 회로의 형태로 구현될 수 있다.

도 4에는 시간 순간들($g_{i,1}, g_{i,2}, g_{i,3}, g_{i,4}, g_{i,5}$)에서 동일한 시간차(P)로 5개의 VoIP 프레임들이 생성되는 유음의 전송 단계(400), 버퍼링 단계(402) 및 플레이아웃 단계(404)를 포함하는 대표적인 시나리오가 도시되어 있다.

고려된 실시예에서는, 유음(i)의 k번째 프레임은 시간($P_{i,k}$)에서 복호기에 (가상적으로) 전달, 즉 플레이아웃되고 실제로 플레이되는 유음의 모든 패킷들에 대한 플레이아웃 지연(po_i)은 일정한 것으로 가정되는데, 다시 말하면 각각의 k, j가 실제로 플레이되는 경우에 $P_{i,k} - P_{i,j} = g_{i,k} - g_{i,j}$ 인 관계가 성립하게 된다.

일반적인 손실이 없는 경우에, 네트워크로 인해 손실되는 각각의 프레임(i)에 대해 $q_{i,k} = \infty$ 인 관계가 성립하는 것으로 가정될 수 있다. 마찬가지로, 수신자 측의 플레이아웃 버퍼는 너무 늦게 수신된 모든

프레임들, 즉 $\delta_{i,k} > p_{oi}$ 인 패킷들을 직접 폐기하는 것으로 가정될 수 있는데, 이는 p_{oi} 의 값과 관계없이, $\delta_{i,k} = q_{i,k} = \infty$ 인 관계를 갖는 모든 프레임들이 폐기된다는 것을 의미한다. 상기 플레이아웃 버퍼에 의해 폐기되는 프레임들은 손실 레이트(L_i)에 기여하는데, 상기 손실 레이트(L_i)는 유음에서의 프레임들의 개수 및 폐기된 프레임들의 개수 간의 비율로서 정의된다.

[0101] 도 4의 예에서, $L_i = 1/5$ 인 관계가 성립되는데, 그 이유는 모든 프레임들이지만 첫번째 프레임이 "제때(in time)" 수신되기 때문이다.

[0102] 그러므로, 플레이아웃 버퍼(B)의 자유도는 플레이아웃 지연(p_{oi})이다.

[0103] 여러 실시예에서, 최적의 플레이아웃 지연($p_{oi}^{opt} \in \{\delta_{i,k}\}$)은 QoS 및/또는 QoE 기준을 고려하는 MOS 함수에 기반하여 결정된다. 예를 들면, 고려된 실시예에서, p_{oi}^{opt} 의 값은 R 인자를 최대화하는 예상가능한 플레이아웃 지연들의 값으로서 계산된다. 그러나, 당업자라면 최적의 플레이아웃 지연(p_{oi}^{opt})을 계산하는데 사용되는 실제 공식이 사용된 특정 코덱에 의존할 수 있음을 알 수 있을 것이다.

[0104] 여러 실시예에서, 상기 값(p_{oi}^{opt})은 본원에 기재된 수학적 식 1 및 2를 통합함으로써, 그리고 상기 장애들(I_d)의 경우에 상기 L. Atzori와 그의 동료 명의의 논문의 수학적 식 2를 사용하여 이하의 수학적 식 7과 같이 계산된다.

수학적 식 7

$$R = R_0 - I_s - [0.024 \cdot p_{oi} + 0.11 \cdot (p_{oi} - 177.3) \cdot 1_{\{p_{oi} \geq 177.3\}}] - I_e - (95 - I_e) \cdot P_{p1} / (P_{p1} + B_{p1}) + A$$

[0106] 여러 실시예에서, 상기 수학적 식 7에서의 패킷 손실 확률(P_{p1})은 이하의 수학적 식 8로 대체된다.

수학적 식 8

$$P_{p1} = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} 1_{\{\delta_{k,i} > p_{oi}\}}}{N_i}$$

[0108] 상기 수학적 식 8에서, N_i 는 (예컨대, 순번들을 점검하여 측정될 수 있는) i -번째 유음의 패킷들의 개수이고, 그리고 표기($1(x)$)는 만약 x 가 참이면 결과치가 1이고 x 가 거짓이면 결과치가 0임을 의미한다. 따라서, 합산을 통해서 p_{oi} 보다 큰 지연($\delta_{k,i}$)을 갖는 i -번째 유음의 패킷들, 즉 네트워크(즉, $\delta_{k,i} = +\infty$) 내에서 또는 플레이아웃 버퍼 자체(즉, $\delta_{k,i} > p_{oi}$)에서 중단된 패킷들의 카운트가 제공된다.

[0109] 따라서, 수학적 식 7은 이하의 수학적 식 9와 같이 표기될 수 있다.

수학식 9

$$R = R_0 - I_s - [0.024 \cdot po_i + 0.11 \cdot (po_i - 177.3) \cdot 1_{\{po_i \geq 177.3\}}] - I_e - (95 - I_e) \cdot \left(\frac{\sum_{k=1}^{N_i} 1_{\{\delta_{k,i} > po_i\}}}{N_i} \right) / \left(\frac{\sum_{k=1}^{N_i} 1_{\{\delta_{k,i} > po_i\}}}{N_i} + B_{pl} \right) + A$$

[0110]

[0111]

당업자라면 상기 수학식들이 단지 대표적인 구현예일 뿐이며 R 인자의 다른 계산들이 사용될 수 있음을 이해할 것이다. 어느 경우든 간에, 전술한 내용에서 이미 언급된 바와 같이, po_i^{opt} 는 R 인자를 최대화하는 예상가능한 플레이아웃 지연들의 값으로서 이하의 수학식 10과 같이 계산될 수 있다.

수학식 10

$$\delta_{i,k} > po_i^{opt} = \arg \max_{po_i} \{R\}$$

[0112]

[0113]

일반적으로, 상기 MOS는 po_i 및 L_i 의 비-증가 함수를 통해 구해지며, L_i 자체는 po_i 의 비-증가 함수이다. 따라서, 유음에 대하여 R 인자를 최대화시켜 주는 최적의 값(po_i^{opt})이 존재하게 된다. 예를 들면, 그러한 최적의 값(po_i^{opt})은 유음에서의 예상가능한 네트워크 지연들의 집합($\{\delta_{i,k}\}$)에서의 탐색을 통해 계산될 수 있다.

[0114]

따라서, 플레이아웃 버퍼가 단위 유음에 기초하여 플레이백 포인트를 설정하므로 플레이아웃 버퍼는 적응형인 것인 반면에, 플레이아웃 버퍼는 비-인과적인 버퍼인데, 그 이유는 모든 음성 프레임들의 지연이 플레이백 포인트의 선택 이전에 알려져 있어야 하기 때문이다.

[0115]

여러 실시예에서, 최적의 플레이아웃 버퍼는 다음과 같이 사용된다.

[0116]

- 유음(i) 다음에, 최적의 플레이아웃 지연(po_i^{opt})이 계산된다.

[0117]

- 그리고나서, 지수 평균(exponential average)이 다음 유음(i+1)에 대한 예상가능한 플레이아웃 지연을 이하의 수학식 11에서와 같이 추론하는데 사용된다.

수학식 11

$$0 < \alpha < 1 \text{ 일 때, } po_{i+1} = \alpha \cdot po_i + (1 - \alpha)$$

[0118]

[0119]

- 그리고나서, po_{i+1} 는 상기 수학식 6에 따라 다음 유음의 패킷들에 대한 마감시간들을 설정하는데 사용된다.

[0120]

따라서, 플레이아웃 순간들은 과거 이력에 기초하여 선택된다. 이는 어떠한 추정도 그 당시에 이용할 수 없으므로 최초의 유음에 대한 플레이아웃 지연을 선택하는 문제를 방지한다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 초기값에 대하여 디폴트 값이 선택될 수 있는데, 이 경우에 초기값은 또한 통화 종료점들에 관한 정보에 기반하여 설정될 수 있다. 예를 들면, 초기 플레이아웃 지연에 대한 전형적인 디폴트 값은 200 ms일 수 있다. 더욱이, 또한 가중치 매개변수(weight parameter; α)는 발견법적으로(heuristically) 최적화될 수 있다.

- [0121] 전술한 내용에서 언급된 바와 같이, RTP 패킷은 또한 $n \geq 1$ 일 때, n 개의 음성 프레임들을 포함할 수 있다.
- [0122] 여러 실시예에서는 RTP 타임스탬프가 최초 음성 프레임(또는 최종 음성 프레임)의 생성 시간을 언급하는 것으로 가정되어 있다. 그러한 경우에, 각각의 프레임의 생성 시간은 예컨대 코덱 시간 간격에 기반하여 계산될 수 있다.
- [0123] 여러 실시예에서, (지금까지는 동일한 것으로 가정되었던) 패킷 마감시간 및 폐기 시간은 별개로 고려된다. 예를 들면, 상기 마감시간은 최초 음성 프레임의 생성 순간에 기반하여 계산될 수 있지만, 패킷의 폐기 시간은 최종 음성 프레임의 추정된 플레이아웃 순간에 설정될 수 있다. 이것이 의미하는 것은 패킷이 일부 유용한 콘텐츠를 여전히 운반하는 동안 전송될 수 있음을 의미한다.
- [0124] 따라서, 플레이아웃 버퍼에 프레임들을 삽입할 때, 각각의 프레임은 정확한 생성 시간과 연관될 수 있다. 더군다나, RTP 패킷들이 얼마나 많은지 그리고 LTE 셀에서 PDU 길이가 어떻게 설정되는지에 따라, 하나의 패킷은 결국 eNodeB에서 여러 PDU들로 프래그먼트화되는 것이 될 수 있다. 이러한 경우에, PDU들 모두는 동일한 마감시간 및 폐기 시간과 연관될 수 있으며, 패킷의 네트워크 지연은 패킷의 최종 PDU들의 전송 시간에 기반하여 설정될 수 있다.
- [0125] 네트워크가 패킷들을 중단할 수 있고 패킷들의 시퀀스를 보존하는 것으로 가정되어 있지 않다는 점 때문에, 시간(a_{i,k_0})에서 기지국(BS)에 도달하는 유음(i)의 첫번째 패킷이 실제로는 $k_0 \geq Q$ 일 때 k_0^{th} 인 것이 가능할 수도 있다.
- [0126] 따라서, 여러 실시예는 패킷들이 순번들을 운반하는 기능을 제공한다. 그러한 방식으로, 스케줄러는 패킷들의 생성 시간과는 무관하게 k_0 와는 다른 패킷들이 누락되어 있음을 판단할 수 있다.
- [0127] 여러 실시예에서, 스케줄러는 결과적으로 패킷(k_0)의 도달 즉시 이전 패킷들의 네트워크 지연에 대한 하한(lower bound)을 계산한다. 이러한 패킷들은 결과적으로 시스템에서 이미 큐잉(queueing)된 패킷들보다 이른 마감시간을 필연적으로 갖게 된다.
- [0128] 여러 실시예에서, 스케줄러는 PDU들을 재정렬하려고 시도한다. 예를 들면, $k < k_0$ 인 패킷이 도달하는 경우에, 관련 PDU(들)는 늦은 패킷들 전에 상기 버퍼 내에 배치될 수 있다.
- [0129] 이러한 것은 버퍼들로서 FIFO 메모리들을 사용하는 스케줄러들에 대해 실현가능하지 않지만, 관련 PDU(들)는 상기 수학적 6에 따라 계산된, 관련 PDU(들)의 정확한 마감시간 및 폐기시간을 가지고 FIFO 순서로 배치될 수 있다. 그러한 경우에, 마감시간들은 동일한 흐름에 대해 비-단조적인 방식으로 증가한다. 그러나, 이는 스케줄링에 영향을 주지 않으며, 만약 늦은 패킷들이 늦은 패킷들의 마감시간보다 훨씬 전에 전송된다면, 여전히 이른 패킷들을 전송할 여유가 있을 수 있다.
- [0130] 전술한 내용에서 설명된 대표적인 솔루션은 유음들을 구별하는 것이다. 비록 전부는 아니지만 대부분의 코덱의 경우에, 패킷 생성 시간 간격은 일정한데, 이는 그러한 태스크를 간편하게 한다. 실제로는, RTP 패킷들이 타임스탬프들 및 순번들을 모두 운반한다. 따라서, 묵음(silence) 구간들 동안 어떠한 정보도 생성 및 발송하지 않는 그러한 코덱의 경우에, 기지국(BS)에 연속적으로 도달하는 어느 2개의 패킷들이, $ts(k_2) > ts(k_1) + P \cdot (k_2 - k_1)$ 인 관계를 갖는 유음들(ts)이 확실하게 서로 다른 유음들에 속하는 것이게 하는 생성 타임스탬프들을 가지면서 순번들(k_1, k_2)을 운반하는 것임을 관찰하는 것이 가능하다. 실제의 경우들에서, 안전 마진(safety margin)(예컨대, 하나의 시간 간격)은 지터 소스(jittery source)들을 나타내기 위해 상기 부등식의 우측 변에 추가될 수 있다.
- [0131] 이와는 반대로, 묵음 구간들은 단지 사후에만, 즉 새로운 유음이 개시될 때 추정되어야 하는데, 그 이유는 연속 손실 버스트가 묵음 구간 동안으로 잘못 판단될 수 있기 때문이다.
- [0132] 묵음 구간들 동안 감소된 정보를 발송하는 그러한 코덱의 경우에, 묵음 구간은 패킷 크기를 조사함으로써 바로 검출될 수 있다.
- [0133] 최적의 플레이아웃 지연의 계산은 네트워크 지연들을 선별(sorting)하고 각각의 예상가능한 네트워크 지연에 대

해 R 인자를 계산함으로써 수행될 수 있다. 유음에서 패킷이 M 개 존재한다고 가정하면, 이는 시간 오버헤드 ($O(M)$)를 일으키게 된다. 비록 (평균 유음의 길이가 1s 정도인) 실제의 경우에 M 이 매우 많은 개수라고 생각되지 않을 수 있지만, 시간 오버헤드는 또한 이러한 가정에 의존하지 않고 한정될 수 있다.

[0134] 예를 들면, 네트워크 지연들은 일반적으로 상당한 품질 열화를 도입시키지 않는 다소 대략적 분해능, 예컨대 10 ms에서 양자화될 수 있다.

[0135] 더욱이, 모든 예상가능한 네트워크 지연들을 저장하는 대신에, 한정된 개수의 $B + 1$ 정수 지연 카운터들이 사용될 수 있다.

[0136] 예를 들면, 여러 실시예에서, $0 \leq l \leq B-1$ 인 경우에 카운터 1은 $[i \cdot Q + C, (i + 1) \cdot Q + C[$ 와 동일한 네트워크 지연 범위에 관련되며, 이 경우에 Q 는 양자화 시간 간격이며 C 는 지연 오프셋인데, 이는 만약 경로가 알려 있다면 그 경로를 따른 고정 지연 성분으로 설정될 수 있다(만약 경로가 알려져 있지 않다면 C 는 또한 안전 추정치로서 제로(0)로 설정될 수 있다).

[0137] 이와는 반대로, 최종 카운터, 다시 말하면 B^{th} 카운터는 지연 범위($[B \cdot Q + C, \infty[$)에 관련될 수 있다.

[0138] 그러한 방식으로, 패킷이 최적의 플레이아웃 버퍼에 도달할 때마다, 관련 카운터는 일정한 시간으로 증가하게 될 수 있으며, 그 비용이 $O(B)$ 에 이르기까지 감소하게 된다. 실제로는, 지연이 Q 개의 버킷(bucket)(예컨대, 버킷들은 0 내지 10 ms 범위의 지연, 11 내지 20 ms 범위의 지연, 21 내지 30 ms 범위의 지연 등등을 지남)으로 분할되는 경우에, 소정의 지연을 가진 패킷의 도달은 개별적인 버킷과 즉시 연관짓게 될 수 있다. 따라서, 예상가능한 지연들의 어레이를 스케닝하는 것이 필요치 않고, 단지 단일의 동작만이 요구될 뿐이다. 따라서, 이러한 동작을 실행하는데 소용되는 시간은 예상가능한 모든 지연들에 대해 일정하게 된다.

[0139] 예를 들면, 양자화 간격이 10 ms로 설정되고, 최대 지연이 500 ms인 경우에, B 가 50이게 되는데, 이는 상당히 저렴한 것이다.

[0140] 일반적으로, 버킷 지연 범위들은 동일한 크기로 이루어질 필요가 없으며, 그리고/또는 시간 경과에 따라 또한 변할 수도 있다. 사실상, 단계적인 지연 범위들은, 특히 장거리 통화들에 대해 실현가능한 솔루션일 수 있다.

[0141] 더군다나, 흐름에 대한 Q 및 C 의 최적 값들은 접속 진행들로서 지연 분포를 조사함으로써 동적으로 추정될 수 있다. 이는 최적의 플레이아웃 지연을 계산하는데 필요한 동작들을 부가적으로 감소시킬 수 있다.

[0142] 앞서 언급한 바와 같이, 본원에서 설명된 솔루션에는 어느 PDU들을 전송해야 할지를 선택하기 위해 마감시간들을 고려하는 임의의 스케줄러가 채용될 수 있다. 예를 들면, 공지된 최단 납기일(Earliest Due Date; EDD) 알고리즘이 사용될 수 있다.

[0143] 그러나, 이동성이 핵심요건이며 채널 상태들에서의 속도가 매우 빠른 셀룰러 네트워크들에서는, 개량된 스케줄러들이 또한 모바일 사용자들로부터의 채널 품질 피드백과 같은 다른 정보를 고려한다. 예를 들면, UMTS 고속 패킷 액세스용으로 고안된 하이브리드 채널-인식 및 실-시간(Hybrid Channel-Aware and Real-Time; HY-CART) 스케줄러는 사용자들의 우선순위에 따라 사용자들을 선별하는데, 이는 채널 및 마감시간 정보를 혼합(mixing)하여 계산된다. 그러한 경우에, 본원에서 설명된 솔루션의 역할이 의미 있는 마감시간들을 제공할 수 있는데, 이러한 마감시간들은 또한 상기 스케줄러에서 직접 양호한 결정들을 내릴 수 있게 해준다.

[0144] 본 발명의 기반 원리들에 대한 편견을 가지지 않고서도, 세부내용들 및 실시예들은 첨부된 특허청구범위에 의해 정의되는 바와 같은 본 발명의 범위로 부터 이탈하지 않고 단지 예로써만 설명된 것에 대하여 상당한 변경이 이루어질 수 있는 것이다.

FIG. 1

FIG. 2

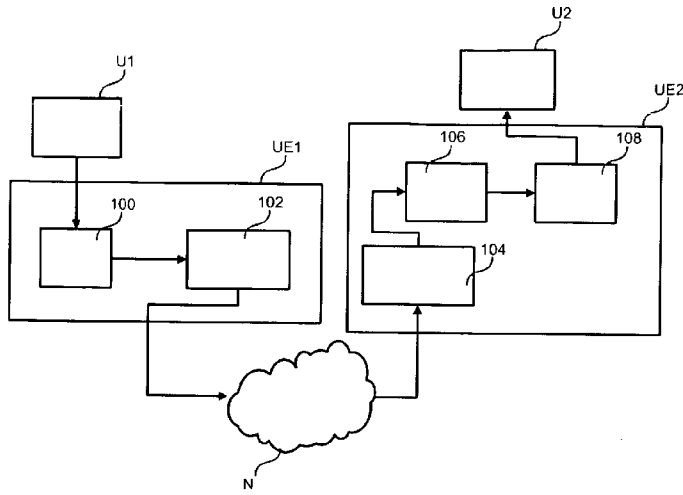


FIG. 3

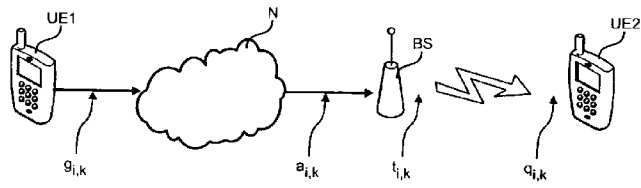
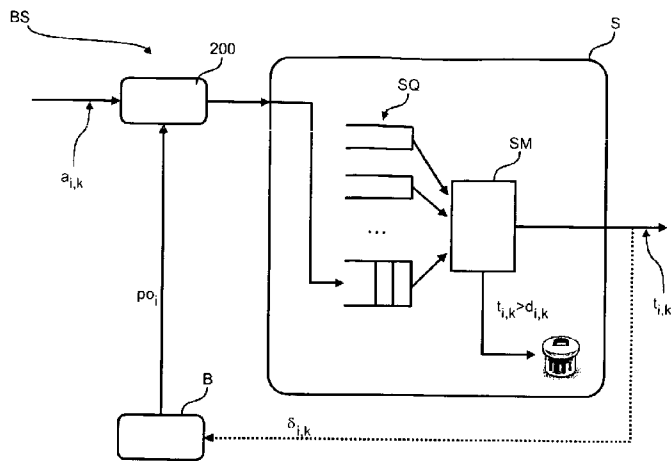


FIG. 4



도 4

