



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년07월29일
(11) 등록번호 10-1643848
(24) 등록일자 2016년07월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04N 21/2381 (2011.01) H04L 29/06 (2006.01)
H04N 21/236 (2011.01) H04N 21/2362 (2011.01)
H04N 21/61 (2011.01)

(52) CPC특허분류

H04N 21/2381 (2013.01)
H04L 65/60 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0089363

(22) 출원일자 2015년06월23일

심사청구일자 2015년06월23일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020070121487 A*

정윤희, 외2명, "모바일 IPTV를 위한 네트워크 코딩 기술 연구", 정보과학회지 제27권 제8호, 2009.8.*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

이화여자대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)

(72) 발명자

박형곤

경기도 고양시 일산동구 강송로 156 216동 1001호 (마두동, 강촌마을2단지아파트)

권민혜

서울특별시 은평구 연서로18길 33-2 2층 (대조동)

권정민

경기도 고양시 일산동구 호수로 606 B동 507호 (장항동, 코오롱레이크폴리스1)

(74) 대리인

김인철

전체 청구항 수 : 총 9 항

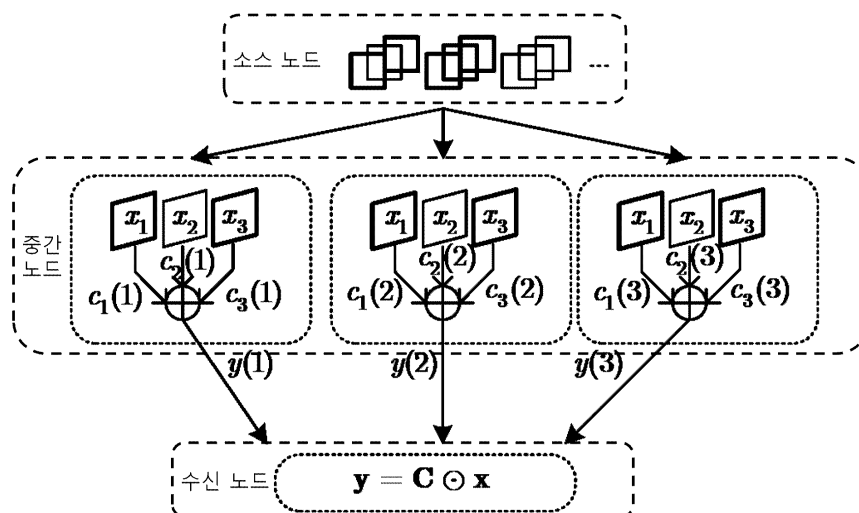
심사관 : 진민숙

(54) 발명의 명칭 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템

(57) 요약

본 발명의 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템은 복수 채널의 실시간 콘텐츠들을 수신하는 IPTV 헤드엔드 및 실시간 콘텐츠를 콘텐츠 수신 장치에 송신하는 로컬 라우터를 포함할 수 있다. IPTV 헤드엔드는 소정의 서비스 정책에 따라 선택된 복수 채널의 실시간 콘텐츠들에서 실시간 영상 데이터들을 추출하고, 메타 데이터와 네트워크 코딩 계수 행렬을 생성하며, 메타 데이터, 네트워크 코딩 데이터들 및 네트워크 코딩 계수들을 IP 네트워크를 통해 로컬 라우터로 전송할 수 있다. 로컬 라우터는 IP 네트워크를 통해 수신된 메타 데이터, 네트워크 코딩 데이터들 및 네트워크 코딩 계수들을 기초로 디코딩 또는 근사 디코딩하여 실시간 영상 데이터들을 복원하고, 메타 데이터 및 복원된 실시간 영상 데이터들로부터 복수 채널의 실시간 콘텐츠들을 재구성할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04N 21/23605 (2013.01)

H04N 21/2362 (2013.01)

H04N 21/6125 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711016403

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구사업(학술진흥)-중견연구자지원사업-도약연구지원사업(전략)

연구과제명 지능적 사물 인터넷을 위한 네트워크 코딩 기반 자가구성 스마트 네트워크 연구

기 여 율 60/100

주관기관 이화여자대학교 산학협력단

연구기간 2014.11.01 ~ 2017.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415128746

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 대학ICT연구센터육성지원사업

연구과제명 차세대디지털TV방송시스템(실감형/모바일/양방향)핵심기술개발

기 여 율 30/100

주관기관 연세대학교

연구기간 2015.01.01 ~ 2015.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711014007

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 대학ICT연구센터육성지원사업

연구과제명 초고속무선네트워크기반u-Office서비스연구개발

기 여 율 10/100

주관기관 중앙대학교

연구기간 2015.01.01 ~ 2015.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

실시간 콘텐츠 제공자로부터 복수 채널의 실시간 콘텐츠들을 수신하는 IPTV 헤드엔드(Head-end); 및

IP 네트워크를 통해 상기 IPTV 헤드엔드와 연결되고, 적어도 하나의 콘텐츠 수신 장치가 요청하는 채널의 실시간 콘텐츠를 상기 콘텐츠 수신 장치에 송신하는 로컬 라우터(local router)를 포함하는 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템으로서,

상기 IPTV 헤드엔드는 소정의 서비스 정책에 따라 선택된 복수 채널의 실시간 콘텐츠들에서 실시간 영상 데이터들을 추출하고, 상기 실시간 영상 데이터들을 식별하는 메타 데이터를 생성하며, 네트워크 코딩 계수 행렬을 생성하고, 상기 실시간 영상 데이터들과 상기 네트워크 코딩 계수 행렬에 따라 네트워크 코딩하여 네트워크 코딩 데이터들을 생성하며, 상기 메타 데이터, 상기 네트워크 코딩 데이터들 및 상기 네트워크 코딩 계수들을 상기 IP 네트워크를 통해 상기 로컬 라우터로 전송하고,

상기 로컬 라우터는 상기 IP 네트워크를 통해 수신된 상기 메타 데이터, 상기 네트워크 코딩 데이터들 및 상기 네트워크 코딩 계수들을 기초로 디코딩 또는 근사 디코딩하여 실시간 영상 데이터들을 복원하고, 상기 메타 데이터 및 복원된 실시간 영상 데이터들로부터 복수 채널의 실시간 콘텐츠들을 재구성하며,

상기 IPTV 헤드엔드는 각각의 IP 패킷에 상기 메타 데이터, 상기 네트워크 코딩 데이터 및 상기 네트워크 코딩 계수 행렬 중의 한 행의 네트워크 코딩 계수들을 탑재하여 상기 IP 네트워크를 통해 상기 로컬 라우터로 전송하도록 동작하는 것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 메타 데이터, 상기 네트워크 코딩 데이터 및 상기 네트워크 코딩 계수 행렬 중의 한 행의 네트워크 코딩 계수들은 상기 IP 패킷 내의 UDP 세그먼트의 페이로드에 탑재되는 것을 특징으로 하는 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 메타 데이터와 상기 네트워크 코딩 데이터는 상기 IP 패킷 내의 UDP 세그먼트의 페이로드에 탑재되고, 상기 네트워크 코딩 계수 행렬 중의 한 행의 네트워크 코딩 계수들은 상기 IP 패킷 내의 UDP 헤더에 탑재되는 것을 특징으로 하는 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 메타 데이터는 채널 정보 및 데이터 식별 정보를 포함하고,

상기 IPTV 헤드엔드는 소정의 서비스 정책에 따라 선택된 복수 개의 채널들을 식별할 수 있도록 상기 채널 정보를 생성하고, 동일한 데이터 식별 정보를 가지는 실시간 영상 데이터들을 네트워크 코딩하도록 동작하며,

상기 로컬 라우터는 동일한 채널 정보 및 동일한 데이터 식별 정보를 가지고 수신된 상기 네트워크 코딩 데이터들 및 상기 네트워크 코딩 계수들에 기초하여 디코딩 또는 근사 디코딩하여 상기 실시간 영상 데이터들을 복원하도록 동작하는 것을 특징으로 하는 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 IPTV 헤드엔드는 상기 소정의 서비스 정책에 따라 선택된 복수 채널의 실시간 콘텐츠들의 각각으로부터 하나의 IP 패킷의 페이로드 크기에 따라 결정되는 크기로 실시간 영상 데이터를 하나씩 추출하도록 동작하는 것을 특징으로 하는 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템.

청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 네트워크 코딩 계수 행렬의 크기는 상기 소정의 서비스 정책에 따라 선택된 복수 채널의 수에 따라 결정되는 것을 특징으로 하는 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 상기 IP 네트워크에서 패킷 손실이 있을 경우에, 상기 네트워크 코딩 계수 행렬의 크기는, 상기 네트워크 코딩 데이터들의 개수가 상기 실시간 영상 데이터들의 수보다 많아지도록 결정되는 것을 특징으로 하는 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템.

청구항 9

청구항 5에 있어서, 상기 IP 네트워크는 적어도 하나의 중간 노드를 포함하고,

상기 중간 노드는 새로운 네트워크 코딩 계수 행렬을 생성하고, 상기 IP 네트워크를 통해 수신된 상기 네트워크 코딩 데이터들 및 상기 네트워크 코딩 계수들을 상기 새로운 네트워크 코딩 계수 행렬에 기초하여 갱신하며, 상기 메타 데이터, 갱신된 네트워크 코딩 데이터들 및 갱신된 네트워크 코딩 계수들을 상기 IP 네트워크 상의 다른 중간 노드 또는 상기 로컬 라우터에 송신하도록 동작하고,

상기 로컬 라우터는 상기 IP 네트워크를 통해 수신된 상기 메타 데이터, 상기 갱신된 네트워크 코딩 데이터들 및 상기 갱신된 네트워크 코딩 계수들을 기초로 디코딩 또는 근사 디코딩하여 실시간 영상 데이터들을 복원하고, 상기 채널 정보 및 복원된 실시간 영상 데이터들로부터 복수 채널의 실시간 콘텐츠들을 재구성하는 것을 특징으로 하는 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서, 상기 IP 네트워크에서 패킷 손실이 있을 경우에, 상기 갱신된 네트워크 코딩 계수 행렬의 크기는, 상기 갱신된 네트워크 코딩 데이터들의 개수가 상기 실시간 영상 데이터들의 수보다 많아지도록 결정되는 것을 특징으로 하는 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 방송 기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, IP 네트워크 상에서 방송 콘텐츠 전송 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] IP 네트워크를 통한 디지털 방송 시장은 대대적인 기간망 투자에 힘입어 기존의 케이블 TV 시장을 대체하면서 빠르게 성장하고 있다. IPTV 기술은 전통적인 지상파 방송 송수신, 위성 TV, 케이블 TV를 넘어서 거스를 수 없는 기술 트렌드가 되었다. IPTV 기술은 현재 거의 대부분의 고품질 콘텐츠가 제공하는 1080p HD 화질의 영상을 충분히 처리할 수 있다.

[0003] 하지만, 기존의 HD 화질을 능가하는 UHD 4K, UHD 8K와 같은 초고화질 영상 기술의 도래와 함께, 콘텐츠 용량이 급격하게 증가함에 따라, 기존에 구축된 IPTV 네트워크는 전송용량이 포화되고 있다. IPTV 서비스는 크게 주문형 비디오 서비스와 실시간 방송 서비스로 나눌 수 있다.

[0004] 주문형 비디오 서비스의 경우에는 시청자들이 재생 시작 시에 약간의 지연을 감수하며, 재생이 중단되지만 않는다면 서비스 품질에 크게 불만을 가지지 않는다. 하지만 실시간 방송 서비스의 경우에는 지상파 방송과 같이 실시간적인 방송 수신과 재생이 이루어지지 않으면 시청자들은 서비스 품질에 불만을 가질 수 있다.

- [0005] 주문형 비디오와 달리 실시간 방송에서는, 시청자의 셋톱박스나 TV가 미래의 콘텐츠를 버퍼링할 수도 없고, 재생 시점이 지나버린 콘텐츠는 불필요하기 때문에 캐싱할 필요도 없으므로, 실시간 방송의 서비스 품질은 실시간성에 큰 영향을 받는다.
- [0006] 실시간 방송 서비스는 사업자가 수십 채널의 실시간 방송 스트림을 IPTV 네트워크를 통해 각 말단 로컬 스위치들까지 전송하며, 시청자의 셋톱박스가 해당 지역의 로컬 스위치에 접속하여 원하는 채널의 방송 스트림을 전송받아 재생하는 방식으로 구현된다. 이러한 방식을 CDN(Content Delivery Network)라고 한다.
- [0007] 실시간성을 최대한 보장하기 위해, 사업자는 IPTV 네트워크에 발생할 수 있는 오류나 일시적인 장애에 대비하여 우회 경로에 대한 최적의 백업 플랜을 고려하여야 한다. 이러한 백업 플랜은 복잡한 네트워크 구조와 오류의 가능성을 감안한 복잡한 연산을 통해 구축된다. 만약 IPTV 네트워크 내부에서 중요한 노드들이나 라우팅 경로들이 추가되거나 변경되면 사업자는 백업 플랜을 새로 구축하여야 할 것이다.
- [0008] 한편, 네트워크 코딩(Network coding)은 경로와 소스(source)가 다양한 동적 네트워크에서 효율적인 분산 전송 알고리즘을 구축할 수 있는 방법론으로서 점차 활용도를 넓혀 가고 있다.
- [0009] 기존의 라우팅 기반의 네트워크 스킴(scheme)은 단순히 점대점(point-to-point)으로 데이터를 그대로 수신해서 저장 및 송신(store and forwarding)하는 것이어서 중간에 네트워크 구성이 바뀌면 기존의 라우팅 경로가 끊기거나 속도가 저하되어 서비스 품질이 영향을 받고 라우팅 경로를 유지하기 위한 오버헤드가 적지 않다. 또한 동일한 데이터라도 소스 노드와 싱크 노드가 다르면 중복해서 전달할 수 밖에 없다.
- [0010] 이에 비하여, 네트워크 코딩은 네트워크 내의 인접한 노드들이 패킷들을 수신하고 결합하여 출력하는 동작을 반복함으로써 정해진 라우팅 경로 없이도 데이터들이 목적지까지 흘러가도록 하는 것이므로 네트워크 코딩은 대역폭이나 전력 자원, 연산 자원을 효율적으로 사용할 수 있고, 네트워크의 변동에 강인함을 보인다. 소스와 경로가 다양할수록, 즉 동일한 정보를 가지고 있는 노드도 많고 요청하는 노드도 많을 경우에, 이러한 네트워크 코딩의 성능이 최대화될 수 있다.
- [0011] 이에 따라, 주문형 비디오 서비스에서 네트워크 코딩을 이용하는 방법론들이 다수 제안되어 왔다.
- [0012] 하지만 네트워크 코딩을 통해 전달되는 정보들은 원본 데이터를 구성하는 패킷들이 아니다. 네트워크 코딩 노드들은 심볼들을 수신한 후에 적절한 연산을 통해 변조한 심볼들을 다른 노드들에 전송하기 때문에, 리시버 노드가 정해진 시간 내에 필요한 심볼들을 완전하게 수신하지 못하였을 때에는 원본 데이터를 완벽하게 재구성할 수 없는 문제가 있다.
- [0013] 특히 실시간 방송 스트림과 같이 시간 지연 민감성 데이터의 경우에는 허용 지연 시간 내에 패킷이 도착하지 않으면 종래의 디코딩 방법론들로는 데이터 복원 자체가 불가능하여 네트워크 코딩의 큰 한계로 지적되고 있다.
- [0014] 이러한 문제점들에 대응하고자 제안된 근사 복호법(approximate decoding)은 네트워크 코딩된 데이터를 수신하였을 때에 수신된 데이터들의 상관 관계를 이용하여 손실된 데이터를 근사적으로 복원할 수 있는 기법이다. 예를 들어 소스 데이터 사이의 상관 관계가 높으면 수신 노드에 전송된 데이터가 네트워크 복호화에 충분하지 못한 경우에도 소스 데이터의 상관성 정보를 이용하면 근사적으로 복원될 수 있다.
- [0015] 이렇듯, 실시간 방송 서비스에서도 네트워크 코딩을 이용하면 네트워크 효율을 향상시키고 기존의 IPTV 네트워크가 당면한 전송량 포화 문제도 해소할 수 있을 것으로 기대되나, 구체적으로 실시간 방송 서비스에서 네트워크 코딩을 구현하기 위한 현실적인 방법론은 아직 제안되지 않고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0016] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 네트워크 코딩 기반의 고화질 실시간 방송 시스템을 제공하는 데에 있다.
- [0017] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 기존의 IPTV 네트워크 상에서 구현될 수 있는 네트워크 코딩 기반의 고화질 실시간 방송 시스템을 제공하는 데에 있다.
- [0018] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 전송 손실 시에 대비한 백업 플랜의 구축 필요성을 제거할 수 있고 전송 손실 발생 가능성에 대응하여 서비스 품질을 유지할 수 있는 네트워크 코딩 기반의 고화질 실시간 방송 시스템을 제공하는 데에 있다.

[0019] 본 발명의 해결과제는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 해결과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0020] 본 발명의 일 측면에 따른 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템은 실시간 콘텐츠 제공자로부터 복수 채널의 실시간 콘텐츠들을 수신하는 IPTV 헤드엔드(Head-end); 및 IP 네트워크를 통해 상기 IPTV 헤드엔드와 연결되고, 적어도 하나의 콘텐츠 수신 장치가 요청하는 채널의 실시간 콘텐츠를 상기 콘텐츠 수신 장치에 송신하는 로컬 라우터(local router)를 포함하는 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템으로서, 상기 IPTV 헤드엔드는 소정의 서비스 정책에 따라 선택된 복수 채널의 실시간 콘텐츠들에서 실시간 영상 데이터들을 추출하고, 상기 실시간 영상 데이터들을 식별하는 메타 데이터를 생성하며, 네트워크 코딩 계수 행렬을 생성하고, 상기 실시간 영상 데이터들과 상기 네트워크 코딩 계수 행렬에 따라 네트워크 코딩하여 네트워크 코딩 데이터들을 생성하며, 상기 메타 데이터, 상기 네트워크 코딩 데이터들 및 상기 네트워크 코딩 계수들을 상기 IP 네트워크를 통해 상기 로컬 라우터로 전송하고, 상기 로컬 라우터는 상기 IP 네트워크를 통해 수신된 상기 메타 데이터, 상기 네트워크 코딩 데이터들 및 상기 네트워크 코딩 계수들을 기초로 디코딩 또는 근사 디코딩하여 실시간 영상 데이터들을 복원하고, 상기 메타 데이터 및 복원된 실시간 영상 데이터들로부터 복수 채널의 실시간 콘텐츠들을 재구성할 수 있다.

[0021] 일 실시예에 따라, 상기 IPTV 헤드엔드는 각각의 IP 패킷에 상기 메타 데이터, 상기 네트워크 코딩 데이터 및 상기 네트워크 코딩 계수 행렬 중의 한 행의 네트워크 코딩 계수들을 탑재하여 상기 IP 네트워크를 통해 상기 로컬 라우터로 전송하도록 동작할 수 있다.

[0022] 일 실시예에 따라, 상기 메타 데이터, 상기 네트워크 코딩 데이터 및 상기 네트워크 코딩 계수 행렬 중의 한 행의 네트워크 코딩 계수들은 상기 IP 패킷 내의 UDP 세그먼트의 페이로드에 탑재될 수 있다.

[0023] 일 실시예에 따라, 상기 메타 데이터와 상기 네트워크 코딩 데이터는 상기 IP 패킷 내의 UDP 세그먼트의 페이로드에 탑재되고, 상기 네트워크 코딩 계수 행렬 중의 한 행의 네트워크 코딩 계수들은 상기 IP 패킷 내의 UDP 헤더에 탑재될 수 있다.

[0024] 일 실시예에 따라, 상기 메타 데이터는 채널 정보 및 데이터 식별 정보를 포함하고, 상기 IPTV 헤드엔드는 소정의 서비스 정책에 따라 선택된 복수 개의 채널들을 식별할 수 있도록 상기 채널 정보를 생성하고, 동일한 데이터 식별 정보를 가지는 실시간 영상 데이터들을 네트워크 코딩하도록 동작하며, 상기 로컬 라우터는 동일한 채널 정보 및 동일한 데이터 식별 정보를 가지고 수신된 상기 네트워크 코딩 데이터들 및 상기 네트워크 코딩 계수들에 기초하여 디코딩 또는 근사 디코딩하여 상기 실시간 영상 데이터들을 복원하도록 동작할 수 있다.

[0025] 일 실시예에 따라, 상기 IPTV 헤드엔드는 상기 소정의 서비스 정책에 따라 선택된 복수 채널의 실시간 콘텐츠들의 각각으로부터 하나의 IP 패킷의 페이로드 크기에 따라 결정되는 크기로 실시간 영상 데이터를 하나씩 추출하도록 동작할 수 있다.

[0026] 일 실시예에 따라, 상기 네트워크 코딩 계수 행렬의 크기는 상기 소정의 서비스 정책에 따라 선택된 복수 채널의 수에 따라 결정될 수 있다.

[0027] 일 실시예에 따라, 상기 IP 네트워크에서 패킷 손실이 있을 경우에, 상기 네트워크 코딩 계수 행렬의 크기는, 상기 네트워크 코딩 데이터들의 개수가 상기 실시간 영상 데이터들의 수보다 많아지도록 결정될 수 있다.

[0028] 일 실시예에 따라, 상기 IP 네트워크는 적어도 하나의 중간 노드를 포함하고, 상기 중간 노드는 새로운 네트워크 코딩 계수 행렬을 생성하고, 상기 IP 네트워크를 통해 수신된 상기 네트워크 코딩 데이터들 및 상기 네트워크 코딩 계수들을 상기 새로운 네트워크 코딩 계수 행렬에 기초하여 갱신하며, 상기 메타 데이터, 갱신된 네트워크 코딩 데이터들 및 갱신된 네트워크 코딩 계수들을 상기 IP 네트워크 상의 다른 중간 노드 또는 상기 로컬 라우터에 송신하도록 동작하고, 상기 로컬 라우터는 상기 IP 네트워크를 통해 수신된 상기 메타 데이터, 상기 갱신된 네트워크 코딩 데이터들 및 상기 갱신된 네트워크 코딩 계수들을 기초로 디코딩 또는 근사 디코딩하여 실시간 영상 데이터들을 복원하고, 상기 채널 정보 및 복원된 실시간 영상 데이터들로부터 복수 채널의 실시간 콘텐츠들을 재구성할 수 있다.

[0029] 일 실시예에 따라, 상기 IP 네트워크에서 패킷 손실이 있을 경우에, 상기 갱신된 네트워크 코딩 계수 행렬의 크기는, 상기 갱신된 네트워크 코딩 데이터들의 개수가 상기 실시간 영상 데이터들의 수보다 많아지도록 결정될

수 있다.

발명의 효과

- [0030] 본 발명의 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템에 따르면, 기존의 IPTV 네트워크 인프라스트럭처를 거의 그대로 이용하여 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 서비스를 제공할 수 있다.
- [0031] 본 발명의 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템에 따르면, 전송 손실 시에 대비한 백업 플랜의 구축 필요성을 제거할 수 있다.
- [0032] 본 발명의 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템에 따르면, 전송 손실 발생 가능성에 즉각적으로 대응하여 서비스 품질을 유지할 수 있다.
- [0033] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템에서 수행될 수 있는 일반적인 네트워크 코딩을 개념적으로 표현한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 코딩 기반의 고후질 실시간 방송 시스템을 예시한 개념도이다.
- 도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 코딩 기반의 고후질 실시간 방송 시스템에서 사용되는 네트워크 코딩된 패킷의 포맷을 각각 예시한 도면들이다.
- 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 네트워크 코딩 기반의 고후질 실시간 방송 시스템을 예시한 개념도이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예들에 따른 네트워크 코딩 기반의 고후질 실시간 방송 시스템이 넓은 지역에 공간적으로 배치된 IPTV 네트워크 상에서 구현되는 것을 예시한 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 본문에 개시되어 있는 본 발명의 실시예들에 대해서, 특정한 구조적 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본문에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 된다.
- [0036] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.
- [0037] 아래의 설명은 크게 세 개의 섹션으로 나누어지는데, 섹션 1 및 2는 본 발명이 적용될 수 있는 네트워크 코딩된 데이터의 전송에 관한 소개와 함께 근사 복호화법의 기본적 원리를 설명한다. 섹션 3은 본 발명의 실시예들에 따른 네트워크 코딩 기반의 고후질 실시간 방송 시스템을 설명한다. 섹션 3에서 나타나는 벡터나 변수에 관한 표기 중 일부는 섹션 1 및 섹션 2에서 나타나는 것과 다를 수 있다는 점에 유의한다.
- [0038] 아래에서 "인코딩" 용어는 맥락에 따라 명확하게, 예를 들어 동영상 인코딩과 같이 표현되지 않는 한, 네트워크 코딩을 의미한다. "디코딩" 또는 "복호" 용어도 마찬가지로, 맥락에 따라 명확하게, 예를 들어 동영상 디코딩과 같이 표현되지 않는 한, 네트워크 코딩된 정보의 복원을 의미한다.
- [0039] 1. 랜덤 선형 네트워크 코딩(RLNC)
- [0040] 도 1은 본 발명이 이용하는 네트워크 코딩을 개념적으로 표현한 도면이다. 소스 데이터가 네트워크 코딩 노드를 통하여 디코더(복호기)로 전달되는 과정이 나타나 있다. 이 시스템에서 전송되는 데이터는 서로 상관 관계를 갖는다. 상관 관계를 가지는 데이터는 센서 네트워크를 통해 측정된 데이터와 같은 외부 상관 관계를 갖거나, 비디오 시퀀스 내의 이미지들과 같이 시간적 또는 공간적으로 근접한 데이터 사이의 상관 관계가 높은 데이터일 수 있다.
- [0041] 도 1에서 오버레이 애드 혹 네트워크(overlay ad hoc network)는 소스 노드들, 중간 노드들 및 수신 노드들로 구성되어 있고, 소스 데이터는 소스 노드에서 네트워크 코딩 연산을 담당하는 중간 노드들을 거쳐 수신 노드까지 전달된다. 중간 노드는 수신한 데이터를 그대로 전달할 수도 있지만, 다른 소스 노드들에서 수신한 데이터

들을 결합(combining)하여 출력한다.

[0042] 다양한 네트워크 코딩 기법 중에서 본 발명에서 사용하는 랜덤 선형 네트워크 코딩(RLNC: Random Linear Network Coding) 기법은 Ho, T., Medard, M., Shi, J., Effros, M. 및 Karger, D.R., "On randomized network coding," in Proc. Allerton Annual Conf. Commun., Control, and Comput., Oct. 2003을 참조한다.

[0043] 소스 집합 $\mathbf{s}_N$ 내의 L 개의 소스 심볼들은 $s_N^{(1)}, s_N^{(2)}, \dots, s_N^{(L)}$ 라고 표시되며, 각각 이산(discrete)이면서 상관되어(correlated) 있고, $1 \leq i \leq L$ 일 때에 $s_N^{(i)} \in \mathcal{S}(\subset \mathbb{R})$ 이다. $\mathcal{S}$ 는 $s_N^{(i)}$ 의 알파벳 집합(alphabet set)이고 $|\mathcal{S}|$ 는 $\mathcal{S}$ 의 크기를 의미한다. 네트워크 코딩 연산은 갈로와 필드(GF: Galois Field) 내에서 수행되기 때문에, 각각의 $s_N^{(i)}$ 은 GF 내의 원소로 고려되어야 한다. $s_N^{(i)}$ 가 실수 필드($\mathbb{R}$, field of real numbers)에 있는 수인지 아니면 GF에 있는 수인지 여부를 명확하게 특정하기 위해서, 수학식 1과 같은 식별 함수(identity function)을 정의할 수 있다.

수학식 1

$$\begin{cases} 1_{RG} : \mathbb{R} \rightarrow \text{GF}, & 1_{RG}(s_N^{(i)}) = x_N^{(i)} \\ 1_{GR} : \text{GF} \rightarrow \mathbb{R}, & 1_{GR}(x_N^{(i)}) = s_N^{(i)} \end{cases}$$

[0045] 이는 $x_N^{(i)}$ 가 $s_N^{(i)}$ 을 의미하는 GF 내의 원소임을 의미한다. $x_N^{(i)} \in \mathcal{X}$ 인 경우에, $\mathbf{x}_N = [x_N^{(1)}, \dots, x_N^{(L)}]^T$ 는 L 개의 요소를 가지는 N 번째 소스 데이터 집합이다. $\mathcal{X}$ 는 $x_N^{(i)}$ 의 알파벳 세트를 의미한다. 또한 본 명세서에서 행렬 또는 벡터의 위 첨자로 쓰이는 T 는 행렬 또는 벡터의 전치(transpose)를 의미하며, 실수값 T 또는 아래 첨자로 쓰이는 T 와 구별됨을 유의한다.

[0046] GF 내의 연산 기호를 가지고 서술하는 수식에서는 모든 연산은 GF 내에서 일어나는 것을 암시하므로, 1_{RG} 기호는 생략된다. $\oplus$ 와 $\otimes$ 연산자들은 각각 GF 내에서 정의되는 합산 연산과 승산 연산을 의미한다.

[0047] RLNC를 이용하는 중간 노드 k 는 다음 수학식 2와 같이 데이터그램을 생성하여 전송한다.

수학식 2

$$\begin{aligned} y(k) &= \sum_{t=1}^T \oplus \{c_t(k) \otimes x_t^{(i)}\} \\ &\triangleq \{c_1(k) \otimes x_1^{(i)}\} \oplus \{c_2(k) \otimes x_2^{(i)}\} \oplus \dots \oplus \{c_T(k) \otimes x_T^{(i)}\} \end{aligned}$$

[0049] 수학식 2는 $x_t^{(i)}$ 와 코딩 계수 $c_t(k)$ 의 GF에서의 선형 결합(linear combination in GF)을 의미한다. i 는 $1 \leq i \leq L$ 인 임의의 정수이고, T 는 하나의 데이터그램 내에 결합된 데이터의 개수이다. $y(k)$ 와 $c_t(k)$ 는 항상 GF 내의 원소로 간주될 수 있다. 코딩 계수들은 크기 2^M 을 가지고 GF로부터 균일하고 랜덤하게 선정되는데, 이를 $\text{GF}(2^M)$ 라고 한다. 이는 GF 크기가 M 에 의해 결정되며, $c_t(k) \in \text{GF}(2^M)$ 임을 의미한다.

[0050] 본 발명에서는 특히, 특성값 2를 가지는 GF, 즉 $\text{GF}(2^M)$ 에서 합산 연산은 XOR 연산으로 수행될 수 있다. GF의 크기는 소스 심볼에 관하여 수행될 수 있는 코딩 연산들의 집합을 결정한다. 따라서 입력 알파벳의 크기가

$|\mathcal{S}| \leq 2^M$ 라고 가정할 수 있다. 만약 $|\mathcal{S}| > 2^M$ 인 경우에는 입력 집합은 예를 들어 소스 결합(source binding) 또는 양자화 등을 이용하여 축소되고 그럼으로써 입력 집합은 GF 크기, 즉 2^M 을 초과하지 않게 된다.

[0051] 각각의 노드에서 생성되는 데이터그램들은 이웃하는 노드들로 전송되며 최종적으로 수신 노드들로 향한다. 만약 수신 노드의 디코더에서 K 개의 이노베티브(innovative) 즉, 선형 비종속적(linear independent)인 심볼 또는 데이터그램들, $\mathbf{y}(1), \dots, \mathbf{y}(K)$ 이 수신되어 연산에 쓰일 수 있다면, 선형 시스템 $\mathbf{y} = \mathbf{C} \odot \mathbf{x}$ 은 다음 수학적 식 3과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 3

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}(1) \\ \vdots \\ \mathbf{y}(K) \end{bmatrix} = [\mathbf{c}_1 \ \cdots \ \mathbf{c}_T] \odot \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^{(i)} \\ \vdots \\ \mathbf{x}_T^{(i)} \end{bmatrix} \triangleq \sum_{t=1}^T \bigoplus \{ \mathbf{c}_t \otimes \mathbf{x}_t^{(i)} \}$$

[0053] 여기서 $\odot$ 연산자는 유한 필드(finite field)에서 행렬들 사이의 승산 연산을 의미한다.

[0054] $K \times T$ 행렬 $\mathbf{C}$ 는 네트워크 코딩 계수 행렬(network coding coefficient matrix) 또는 단순히 코딩 계수 행렬이라고 칭하는데, 컬럼 벡터들 $\mathbf{c}_t = [c_t(1), c_t(2), \dots, c_t(K)]^T$ 로 구성되며, 수신된 심볼들의 유사도 모델에 기초하여 생성된다. 코딩 계수 행렬 $\mathbf{C}$ 를 유사도 모델에 기초하여 생성하는 방법은 네트워크 코딩의 복호화 기법에 숙련된 자들에게 주어진 방법이므로 설명을 생략한다.

[0055] 만약 이러한 코딩 계수 행렬 $\mathbf{C}$ 가 풀-랭크(full-rank), 즉 $K=T$ 인 경우에, 수학적 식 3의 선형 시스템의 해(solution)인 $\hat{\mathbf{x}} = [\hat{\mathbf{x}}_1^{(i)}, \dots, \hat{\mathbf{x}}_T^{(i)}]^T$ 는, 코딩 계수 행렬 $\mathbf{C}$ 의 역행렬 $\mathbf{C}^{-1}$ 가 고유하게 결정되고 또한 이에 상응하여 $\hat{\mathbf{s}} = \mathbf{1}_{GR}(\hat{\mathbf{x}})$ 이기 때문에, 다음 수학적 식 4와 같이 고유하게 결정될 수 있다.

수학적 식 4

$$\hat{\mathbf{x}}_N = [\hat{\mathbf{x}}_1^{(i)}, \dots, \hat{\mathbf{x}}_T^{(i)}]^T = \mathbf{C}^{-1} \odot \mathbf{y}$$

[0057] 코딩 계수 행렬의 역행렬은 GF 상에서 가우시안 소거법(Gaussian elimination)을 수행하는 것과 같은 주지의 방법을 통해 쉽게 얻을 수 있다.

[0058] 문제는, 만약 고유한 역행렬 $\mathbf{C}^{-1}$ 을 결정하기에 충분하지 않은 수의 심볼들만 수신된 경우에, 다시 말해, $K < T$ 인 경우에, 코딩 계수 행렬 $\mathbf{C}$ 가 풀-랭크가 아니기 때문에 수학적 식 3의 선형 시스템의 해 $\hat{\mathbf{x}} = [\hat{\mathbf{x}}_1^{(i)}, \dots, \hat{\mathbf{x}}_T^{(i)}]^T$ 는 유일하게 결정되지 못할 뿐 아니라, 무한한 개수로 얻어질 수 있다.

[0059] 근사 복호화법은 이러한 문제를 해결하기 위해 도입된 것으로, 근사적으로 결정된 소스 심볼들이 불충분하게 수신된 데이터를 가지고 재구성된다.

[0060] 2. 일반적인 근사 복호화법

[0061] 복호기(decoder)는 심볼 집합 $\mathbf{y}$ 를 수신하면 소스 데이터를 복원할 수 있다. 만약 전송 절차 중에 패킷 지연이나 손실과 같은 외부적 요인이 있거나, 또는 무작위로 선정되는 코딩 계수 행렬 $\mathbf{C}$ 이 특이 행렬(singular

matrix)인 경우에는, 코딩 계수 행렬 $\mathbf{C}$ 의 역행렬 $\mathbf{C}^{-1}$ 은 얻어질 수 없고 수학식 3의 선형 시스템에서 해가 유일하지 않을 수 있다.

[0062] 이러한 문제를 해결하기 위해 근사 복호화법은 추가적인 제한 조건들(additional constraints)을 이용하여 코딩 계수 행렬을 풀-랭크로 만들 수 있다.

[0063] 입력된 데이터의 상관 관계가 복호화 절차에서 추가되는 추가 제한 조건들 $\mathbf{D}$ 와 $\boldsymbol{\nu}$ 를 구축하는 데에 이용될 수 있다. 추가 제한 조건들 $\mathbf{D}$ 및 $\boldsymbol{\nu}$ 의 모든 요소들(elements) 역시 GF 내의 값이다.

[0064] 추가 제한 조건들 $\mathbf{D}$ 및 $\boldsymbol{\nu}$ 을 추가함으로써 선형 시스템은 유일한 해를 가질 수 있게 되고 유일한 해 $\hat{\mathbf{x}}$ 는 다음 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

$$\hat{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} \mathbf{C} \\ \mathbf{D} \end{bmatrix}^{-1} \odot \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ \boldsymbol{\nu} \end{bmatrix}$$

[0065]

[0066] 추가 제한 조건들 $\mathbf{D}$ 및 $\boldsymbol{\nu}$ 내의 계수들은 소스의 모델들에 기초하여 결정될 수 있다. $\hat{\mathbf{x}}$ 가 결정되면, 원본 데이터의 근사 심볼 $\hat{\mathbf{s}}$ 은 수학식 1의 식별 함수들에 의해 $\hat{\mathbf{s}} = \mathbf{1}_{GR}(\hat{\mathbf{x}})$ 과 같이 얻어질 수 있다.

[0067] 추가 제한 조건 $\mathbf{D}$ 의 생성에 관하여, 좀더 상세한 내용은 H. Park, N. Thomas, and P. Frossard, Approximate decoding approaches for network coded correlated data, Signal Processing (Elsevier), vol. 93, no. 1, pp. 109~213, Jan. 2013 논문을 참조할 수 있다.

[0068] $(T-K) \times T$ 행렬 $\mathbf{D}$ 는 유사도 모델에 기초하여 생성될 수 있는데, 예를 들어 가장 유사한 데이터 $\mathbf{x}_t^{(i)}$ 및 $\mathbf{x}_{t'}^{(i)}$ 의 위치에 상응하는 자리에 값 "1" 및 "1"을 가지는 두 개의 요소들을 제외하고 각 행이 0으로 구성되도록 생성된다. 또한 $\boldsymbol{\nu}$ 은 $T-K$ 길이를 가지는 벡터로서 결정되는데, 예를 들어 벡터 $\boldsymbol{\nu}$ 내의 모든 요소들이 0일 수 있다($\boldsymbol{\nu} = \mathbf{0}_{T-K}$).

[0069] 이렇게 하여 원본 데이터의 근사 심볼 $\hat{\mathbf{s}}$ 은 다음의 수학식 6과 같이 얻어질 수 있다.

수학식 6

$$\hat{\mathbf{s}} = \mathbf{1}_{GR}(\hat{\mathbf{x}}) = \mathbf{1}_{GR} \left(\begin{bmatrix} \mathbf{C} \\ \mathbf{D} \end{bmatrix}^{-1} \odot \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ \mathbf{0}_{(T-K)} \end{bmatrix} \right)$$

[0070]

[0071] 이를 통해 복호화기는 일부 심볼들이 완전한 복호화에 불충분하더라도 원래의 심볼들을 근사적으로 복원할 수 있다.

[0072] 이러한 근사 복호화 알고리즘의 핵심 아이디어는 소스의 상관 관계에 기초하여 잉여 방정식을 추가하여 수학식 6에서 $[\mathbf{C}^T \mathbf{D}^T]^T$ 를 가역적으로(invertible) 만든다는 점이다.

[0073] 3. 본 발명의 실시예들에 따른 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템들

[0074] 3.1 제1 실시예

- [0075] 도 2 등을 참조하여 본 발명의 실시예들에 따른 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템을 예시한다.
- [0076] 도 2에서, 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템(20)은 실시간 콘텐츠 제공자 서버들(21), IPTV 헤드엔드(Internet Protocol Television Head-end)(22), IP 네트워크(23), 로컬 라우터(24) 및 콘텐츠 수신 장치(25)를 포함한다.
- [0077] 실시간 콘텐츠 제공자 서버들(21)은 실시간 방송 콘텐츠를 제공하는 방송 사업자들이 실시간 방송 콘텐츠 데이터를 송신하는 서버이다. 실시간 콘텐츠 제공자 서버들(21)은 각각 하나 이상의 채널에 해당하는 실시간 방송용 콘텐츠 데이터들을 송출할 수 있다.
- [0078] IPTV 헤드엔드(22)는 실시간 콘텐츠 제공자 서버들(21)로부터 복수 채널의 실시간 콘텐츠들을 수신할 수 있다.
- [0079] 실시예에 따라, IPTV 헤드엔드(22)는 소정의 서비스 정책에 따라 선택된 복수 채널의 실시간 콘텐츠들에서 실시간 영상 데이터들을 추출할 수 있다. 예를 들어, IPTV 헤드엔드(22)는 과금 정책에 따라, 연령별 시청 제한 정책에 따라, 또는 뉴스나 스포츠와 같은 채널 특징 구분에 따라, 화질에 따라, 함께 네트워크 코딩할 복수 채널들을 선택할 수 있다.
- [0080] 이에 따라, IPTV 헤드엔드(22)는 소정의 서비스 정책에 따라 선택된 복수 개의 채널들 및 이들의 그룹을 다른 채널들 및 그 채널들 그룹과 식별할 수 있도록, 채널 정보를 생성할 수 있다.
- [0081] IPTV 헤드엔드(22)는 선택된 복수 채널의 실시간 콘텐츠들에서 실시간 영상 데이터들을 추출할 수 있다.
- [0082] 한 차례의 네트워크 코딩을 위해 각 채널마다 실시간 영상 데이터가 하나씩 추출되므로, 한 차례의 네트워크 코딩 연산 시에 네트워크 코딩되는 실시간 영상 데이터들의 개수는 복수 채널의 개수와 같을 수 있다.
- [0083] 실시간 영상 데이터의 크기는 설계자의 의도에 따라 다양하게 결정될 수 있다.
- [0084] 실시예에 따라, IPTV 헤드엔드(22)는 선택된 복수 채널의 실시간 콘텐츠들의 각각으로부터 하나의 IP 패킷의 페이로드 크기에 따라 결정되는 크기로 실시간 영상 데이터를 하나씩 추출할 수 있다.
- [0085] 예를 들어, IP 패킷의 페이로드 크기가 1kB라면, 각각의 네트워크 코딩 데이터는 1kB 미만의 크기를 가질 수 있을 것이므로, 이러한 크기로 네트워크 코딩 데이터를 생성할 수 있도록 실시간 영상 데이터의 크기가 결정될 수 있다. 다시 말해, 실시간 영상 데이터는 설계에 따라 하나의 HD급 픽처에 상응할 수도 있고, 압축되지 않은 32x32 픽셀 블록에 상응할 수도 있으며, 압축 부호화된 영상 데이터를 수백 내지 수천 바이트씩 분할한 청크(chunk)들 중 하나일 수도 있다.
- [0086] 이에 따라, IPTV 헤드엔드(22)는 어떤 채널 및 어떤 프레임의 실시간 영상 데이터를 같은 채널 및 다른 프레임의 실시간 영상 데이터와 구별할 수 있도록, 데이터 식별 정보를 생성할 수 있다. 데이터 식별 정보는 예를 들어 픽처 번호, 프레임 번호, 픽셀 블록 번호 내지 청크 번호일 수 있다.
- [0087] 각각의 실시간 영상 데이터는 복원을 위해서는 채널과 타이밍이 서로 구별되어야 하므로, IPTV 헤드엔드(22)는 각각의 실시간 영상 데이터를 식별할 수 있도록 채널 정보 및 데이터 식별 정보로써 메타 데이터를 생성할 수 있다.
- [0088] IPTV 헤드엔드(22)가 추출하는 실시간 영상 데이터들은 수학식 7과 같이 표시될 수 있다.

수학식 7

$$\begin{bmatrix} X(1, i) \\ \vdots \\ X(c, i) \\ \vdots \\ X(N, i) \end{bmatrix}$$

[0089]

[0090] 여기서, $X(c, i)$ 는 N 개의 채널들로 구성된 어떤 채널 그룹 중 c 번째 채널의 i 번째 데이터 식별 정보를 가지는 실시간 영상 데이터이다.

[0091] 이어서, IPTV 헤드엔드(22)는 예를 들어 랜덤 선형 네트워크 코딩 기법에 따라 네트워크 코딩 계수 행렬을 생성

하며, 추출된 실시간 영상 데이터들과 생성된 네트워크 코딩 계수 행렬에 따라 네트워크 코딩을 수행하여, 네트워크 코딩 데이터들을 생성할 수 있다.

[0092] IP 네트워크(23)에 손실이 없는 바람직한 경우에는 네트워크 코딩 계수 행렬은 행과 열의 개수가 같은 정사각행렬이고, 네트워크 코딩 계수 행렬의 크기는 네트워크 코딩될 실시간 영상 데이터들의 개수와 같다. 이 경우에는 네트워크 코딩 데이터들의 개수도 실시간 영상 데이터들의 개수와 같다.

[0093] 하지만 IP 네트워크(23)에서 패킷 손실이 있을 경우에는, 네트워크 코딩 계수 행렬은 행의 개수보다 열의 개수가 큰 행렬이고, 그럼으로써, 네트워크 코딩 계수 행렬의 크기는, 네트워크 코딩 데이터들의 개수가 실시간 영상 데이터들의 수보다 많아지도록 결정될 수 있다.

[0094] 네트워크 코딩 데이터들의 개수가 실시간 영상 데이터들의 수보다 많아지면, IP 네트워크(23)를 통과하는 동안 패킷 손실이 있더라도, 최종적으로 수신된 네트워크 코딩 데이터들의 개수가 실시간 영상 데이터들의 개수와 같아지면 최초의 실시간 영상 데이터들을 디코딩할 수 있다. 따라서, 본 발명의 네트워크 코딩 기반의 고화질 실시간 방송 시스템(20)은 네트워크 코딩 계수 행렬의 크기 증가 및 네트워크 코딩 데이터들의 리던던시(redundancy)를 통해 IP 네트워크(23)에서 발생할 수 있는 패킷 손실에 대비할 수 있다.

[0095] 이에 따라, 네트워크 코딩 데이터들은 다음 수학적 식 8과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 8

$$\begin{bmatrix} Y(1,i) \\ \vdots \\ Y(m,i) \\ \vdots \\ Y(N+\alpha,i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e(1,1,i) & \cdots & e(1,c,i) & \cdots & e(1,N,i) \\ & & \vdots & & \vdots \\ e(m,1,i) & \cdots & e(m,c,i) & \cdots & e(m,N,i) \\ & & \vdots & & \vdots \\ e(N+\alpha,1,i) & \cdots & e(N+\alpha,c,i) & \cdots & e(N+\alpha,N,i) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X(1,i) \\ \vdots \\ X(c,i) \\ \vdots \\ X(N,i) \end{bmatrix}$$

[0096]

[0097] 여기서, 네트워크 코딩 데이터들은 α 개의 리던던시를 가지며, $Y(m,i)$ 는 i 번째 데이터 식별 정보를 가지는 실시간 영상 데이터들로부터 생성된 총 $N+\alpha$ 개의 네트워크 코딩 데이터들 중 m 번째 네트워크 코딩 데이터이다. $e(m,c,i)$ 는 c 번째 채널의 i 번째 데이터 식별 정보를 가지는 실시간 영상 데이터를 위한 $N+\alpha$ 개의 네트워크 코딩 계수들 중 m 번째 네트워크 코딩 계수들을 의미한다.

[0098] 나아가, 네트워크 코딩 데이터들이 충분하지 않을 경우에, 리던던시를 이용하는 대신에, 근사 복호화를 이용할 수도 있다. 이 경우에, 메타 데이터는 실시간 영상 데이터들 사이의 상관 관계를 포함할 수 있다.

[0099] IPTV 헤드엔드(22)는 위와 같이 생성된 메타 데이터, 네트워크 코딩 데이터들 및 네트워크 코딩 계수들을 IP 네트워크(23)를 통해 로컬 라우터(24)로 전송할 수 있다.

[0100] 특정 네트워크 코딩 연산에 의해 네트워크 코딩된 네트워크 코딩 데이터들은 메타 데이터에 의해 구별될 수 있다. 따라서, 수신 측은, 메타 데이터가 동일한 네트워크 코딩 데이터들이, 네트워크 코딩 계수의 순번에 관계없이, 채널의 개수만큼 수신되었는지 확인하고, 실시간 영상 데이터들을 복원할 수 있다.

[0101] IPTV 헤드엔드(22)는 각각의 IP 패킷에 메타 데이터, 네트워크 코딩 데이터들 중 하나 및 네트워크 코딩 계수 행렬 중의 한 행의 네트워크 코딩 계수들을 탑재하여 IP 네트워크(23)를 통해 로컬 라우터(24)로 전송할 수 있다.

[0102] IP 패킷에 탑재되는 네트워크 코딩 데이터들을 예시하기 위해 도 3 및 도 4를 참조할 수 있다. 도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 코딩 기반의 고화질 실시간 방송 시스템에서 사용되는 네트워크 코딩된 패킷의 포맷을 각각 예시한 도면들이다.

[0103] 도 3에서, 메타 데이터, 네트워크 코딩 데이터 및 네트워크 코딩 계수 행렬 중의 한 행의 네트워크 코딩 계수들

은 IP 패킷 내의 UDP 세그먼트의 페이로드에 탑재될 수 있다.

- [0104] 이 경우에, UDP 세그먼트의 제한된 페이로드 내에 메타 데이터, 즉 채널 정보(c) 및 데이터 식별 정보(i)와, 네트워크 코딩 계수 행렬의 한 행의 네트워크 코딩 계수들, 즉, $e(m, 1, i) \cdots e(m, c, i) \cdots e(m, N, i)$, 네트워크 코딩 데이터 $Y(m, i)$ 가 모두 탑재되어야 하므로, 네트워크 코딩 데이터의 크기가 제한될 수 있다. 따라서 전송 효율은 다소 불리하지만, 기존의 UDP 기반 IPTV 네트워크(23)에 대한 하위 호환성은 보장할 수 있다.
- [0105] 반면에 도 4에서는, 메타 데이터와 네트워크 코딩 데이터는 IP 패킷 내의 UDP 세그먼트의 페이로드에 탑재되고, 네트워크 코딩 계수 행렬 중의 한 행의 네트워크 코딩 계수들은 IP 패킷 내의 UDP 헤더에 탑재될 수 있다.
- [0106] 이 경우에, UDP 세그먼트의 제한된 페이로드 내에 메타 데이터, 즉 채널 정보(c) 및 데이터 식별 정보(i)와 네트워크 코딩 데이터 $Y(m, i)$ 가 탑재되고, UDP 세그먼트의 헤더 내의 사용자 정의 영역에 네트워크 코딩 계수 행렬의 한 행의 네트워크 코딩 계수들, 즉, $e(m, 1, i) \cdots e(m, c, i) \cdots e(m, N, i)$ 를 탑재할 수 있다. 따라서 전송 효율이 좋아지며, 다만 기존의 UDP 기반 IPTV 네트워크(23)에 대한 하위 호환성을 보장하지 못할 수도 있다.
- [0107] 다시 도 2로 돌아가서, 본 발명의 실시예들에 따른 네트워크 코딩 기반의 고화질 실시간 방송 시스템(20)의 로컬 라우터(local router)(24)는 IP 네트워크(23)를 통해 IPTV 헤드엔드(22)와 연결되고, 로컬 네트워크를 통해 적어도 하나의 콘텐츠 수신 장치(25)에 연결된다. 콘텐츠 수신 장치(25)는 예를 들어 디지털 TV, 모바일 핸드셋이나 셋톱박스이다.
- [0108] 로컬 라우터(24)는 IP 네트워크(23)를 통해 수신된 메타 데이터, 네트워크 코딩 데이터들 및 네트워크 코딩 계수들을 기초로 디코딩 또는 근사 디코딩하여 실시간 영상 데이터들을 복원할 수 있다.
- [0109] 구체적으로, 로컬 라우터(24)는 동일한 채널 정보 및 동일한 데이터 식별 정보를 가지고 수신된 네트워크 코딩 데이터들 및 네트워크 코딩 계수들에 기초하여 디코딩 또는 근사 디코딩하여 실시간 영상 데이터들을 복원할 수 있다.
- [0110] 복원된 실시간 영상 데이터들은 메타 데이터 내의 채널 정보 및 데이터 식별 정보에 따라 어느 채널에 속하는 데이터인지, 어느 타이밍의 영상에 관한 데이터인지, 다른 데이터들과의 상대적인 위치가 어떠한지 등의 속성이 식별될 수 있다.
- [0111] 이에 따라, 로컬 라우터(24)는 복원된 실시간 영상 데이터들로부터 복수 채널의 실시간 콘텐츠들을 재구성할 수 있다.
- [0112] 로컬 라우터(24)는 재구성된 복수 채널의 실시간 콘텐츠들 중에서 콘텐츠 수신 장치(25)가 요청하는 채널의 실시간 콘텐츠를 콘텐츠 수신 장치(25)에 송신할 수 있다.
- [0113] 3.2 제2 실시예
- [0114] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 네트워크 코딩 기반의 고화질 실시간 방송 시스템을 예시한 개념도이다.
- [0115] 도 5를 참조하면, 네트워크 코딩 기반의 고화질 실시간 방송 시스템(50)은 실시간 콘텐츠 제공자 서버들(51), IPTV 헤드엔드(52), IP 네트워크(53), 로컬 라우터(54) 및 콘텐츠 수신 장치(55)를 포함한다.
- [0116] 도 1의 네트워크 코딩 기반의 고화질 실시간 방송 시스템(10)과 달리 네트워크 코딩 기반의 고화질 실시간 방송 시스템(50)은 IP 네트워크(53)가 적어도 하나의 중간 노드(531)를 포함한다.
- [0117] 도 5의 실시간 콘텐츠 제공자 서버들(51), IPTV 헤드엔드(52) 및 콘텐츠 수신 장치(55)는 도 1의 실시간 콘텐츠 제공자 서버들(11), IPTV 헤드엔드(12) 및 콘텐츠 수신 장치(15)와 각각 실질적으로 동일하므로 설명을 생략한다.
- [0118] 중간 노드(531)는 IP 네트워크(531)를 통해 네트워크 코딩 데이터들 및 네트워크 코딩 계수들을 수신할 뿐 아니라, 자체적으로 네트워크 코딩을 수행하고, 갱신된 네트워크 코딩 데이터들 및 갱신된 네트워크 코딩 계수들을 IP 네트워크(53)에 송출할 수 있다.
- [0119] 구체적으로, 중간 노드(531)는 IP 네트워크(531)를 통해 메타 데이터, 네트워크 코딩 데이터들 및 네트워크 코딩 계수들을 수신하고, 새로운 네트워크 코딩 계수 행렬을 생성하며, 자체적인 네트워크 코딩을 통해, 수신된

네트워크 코딩 데이터들 및 네트워크 코딩 계수들을 새로운 네트워크 코딩 계수 행렬에 기초하여 갱신한다.

[0120] 한편, IP 네트워크(53)에서 패킷 손실이 있을 경우에, 갱신된 네트워크 코딩 계수 행렬의 크기는, 앞서 설명한 리던던시를 위해, 갱신된 네트워크 코딩 데이터들의 개수가 실시간 영상 데이터들의 수보다 많아지도록 결정될 수 있다.

[0121] 중간 노드(531)가 생성하는 새로운 네트워크 코딩 계수 행렬은 다음 수학식 9와 같다.

수학식 9

$$[0122] \begin{bmatrix} e_N(1,1,i) & \cdots & e_N(1,c,i) & \cdots & e_N(1,N,i) \\ & & \vdots & \cdots & \vdots \\ e_N(m,1,i) & \cdots & e_N(m,c,i) & \cdots & e_N(m,N,i) \\ & & \vdots & \cdots & \vdots \\ e_N(N+\alpha,1,i) & \cdots & e_N(N+\alpha,c,i) & \cdots & e_N(N+\alpha,N,i) \end{bmatrix}$$

[0123] 여기서 $e_N(m,c,i)$ 은 c 번째 채널의 i 번째 데이터 식별 정보를 가지는 실시간 영상 데이터를 위한 N+α 개의 새로운 네트워크 코딩 계수들 중 m 번째의 새로운 네트워크 코딩 계수를 의미한다. 네트워크 코딩 계수 $e_N(m,c,i)$ 의 아래 첨자 N은 개수 N이 아니고 새로운 네트워크 코딩 계수임을 의미한다.

[0124] 갱신된 네트워크 코딩 데이터들 및 갱신된 네트워크 코딩 계수들은 다음 수학식 10과 같이 표현될 수 있다.

수학식 10

$$[0125] \begin{bmatrix} Y'(1,i) \\ \vdots \\ Y'(m,i) \\ \vdots \\ Y'(N+\alpha,i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e'(1,1,i) & \cdots & e'(1,c,i) & \cdots & e'(1,N,i) \\ & & \vdots & \cdots & \vdots \\ e'(m,1,i) & \cdots & e'(m,c,i) & \cdots & e'(m,N,i) \\ & & \vdots & \cdots & \vdots \\ e'(N,1,i) & \cdots & e'(N,c,i) & \cdots & e'(N,N,i) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X(1,i) \\ \vdots \\ X(c,i) \\ \vdots \\ X(N,i) \end{bmatrix}$$

[0126] 여기서, 갱신된 네트워크 코딩 데이터들은 α 개의 리던던시를 가지며, $Y'(m,i)$ 은 i 번째 데이터 식별 정보를 가지는 실시간 영상 데이터들로부터 생성된 총 N+α 개의 갱신된 네트워크 코딩 데이터들 중 m 번째 갱신된 네트워크 코딩 데이터이다. $e'(m,c,i)$ 는 c 번째 채널의 i 번째 데이터 식별 정보를 가지는 실시간 영상 데이터를 위한 N+α 개의 갱신된 네트워크 코딩 계수들 중 m 번째 갱신된 네트워크 코딩 계수를 의미한다.

[0127] 중간 노드(531)는 메타 데이터, 갱신된 네트워크 코딩 데이터들 및 갱신된 네트워크 코딩 계수들을 IP 네트워크(53) 상의 다른 중간 노드(532) 또는 로컬 라우터(54)에 송신할 수 있다.

[0128] 로컬 라우터(54)는 IP 네트워크(53)를 통해 수신된 메타 데이터, 갱신된 네트워크 코딩 데이터들 및 갱신된 네트워크 코딩 계수들을 기초로 디코딩 또는 근사 디코딩하여 실시간 영상 데이터들을 복원할 수 있다.

[0129] 갱신된 네트워크 코딩 데이터들 및 갱신된 네트워크 코딩 계수들을 기초로 복원되는 실시간 영상 데이터들은 수학식 11과 같이 표현될 수 있다.

수학적식 11

$$\begin{bmatrix} \hat{X}(1,i) \\ \vdots \\ \hat{X}(c,i) \\ \vdots \\ \hat{X}(N,i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e'(1,1,i) & \cdots & e'(1,c,i) & \cdots & e'(1,N,i) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ e'(m,1,i) & \cdots & e'(m,c,i) & \cdots & e'(m,N,i) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ e'(N,1,i) & \cdots & e'(N,c,i) & \cdots & e'(N,N,i) \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} Y'(1,i) \\ \vdots \\ Y'(c,i) \\ \vdots \\ Y'(N,i) \end{bmatrix}$$

[0130]

[0131]

여기서, $\hat{X}(c,i)$ 는 N 개의 채널들로 구성된 어떤 채널 그룹 중 c 번째 채널의 i 번째 데이터 식별 정보를 가지는, 복원된 실시간 영상 데이터이다.

[0132]

상황에 따라, 로컬 라우터(54)가 IP 네트워크(53)를 통해 수신한 IP 패킷들에는, IPTV 헤드엔드(52)가 네트워크 코딩한 네트워크 코딩 데이터 및 네트워크 코딩 계수들을 포함하는 IP 패킷들과, 중간 노드(531)가 갱신한 네트워크 코딩 데이터를 및 네트워크 코딩 계수들을 포함하는 IP 패킷들이 혼재될 수 있다.

[0133]

하지만 어느 노드에서 네트워크 코딩되었는지 상관없이, 실시간 영상 데이터들의 개수에 상응하는 네트워크 코딩 데이터들이 수신되면, 로컬 라우터(54)는 네트워크 코딩 데이터들 및 이들에 연계된 네트워크 코딩 계수들에 기초하여 실시간 영상 데이터들을 복원할 수 있다.

[0134]

이어서, 로컬 라우터(54)는, 메타 데이터에 기초하여, 복원된 실시간 영상 데이터들로부터 복수 채널의 실시간 콘텐츠들을 재구성할 수 있다.

[0135]

도 6은 본 발명의 실시예들에 따른 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템이 넓은 지역에 공간적으로 배치된 IPTV 네트워크 상에서 구현되는 것을 예시한 개념도이다.

[0136]

도 6을 참조하면, IP 네트워크(63)는 미리 패킷 손실이 최소화되고 실시간 방송으로서 서비스 품질이 보장되는 최적의 라우팅 경로가 결정된 상태로 운영된다.

[0137]

IPTV 헤드엔드(62)는 네트워크 코딩 데이터들과 네트워크 코딩 계수들을 IP 패킷에 탑재하여, 중간 노드들(631, 632)을 통해 각 지역의 로컬 라우터들(64)로 전송한다.

[0138]

중간 노드들(631, 632)은 네트워크 코딩을 수행할 수도 있고, 통상적인 라우터로서 저장 및 전송(store and forwarding)을 수행할 수도 있다.

[0139]

나아가, 중간 노드들(631, 632)은 IP 네트워크(63)의 통신 품질, 예를 들어 BER 등을 고려하여, 자체적으로 리던던시를 추가하여 네트워크 코딩을 수행할 수도 있다.

[0140]

중간 노드들(631, 632)은 통상적으로는 미리 정해진 라우팅 경로를 따라 네트워크 코딩 데이터들과 네트워크 코딩 계수들을 전송하지만, 라우팅 경로의 일부가 차단되었을 경우에는, 차단 때문에 수신하지 못한 네트워크 코딩 데이터들과 네트워크 코딩 계수들을 인접하는 다른 중간 노드로부터 수신할 수 있다.

[0141]

따라서, 복잡한 백업 라우팅 플랜을 미리 준비하지 않고도 라우팅 경로 상의 문제를 쉽게 회피할 수 있다.

[0142]

본 실시예 및 본 명세서에 첨부된 도면은 본 발명에 포함되는 기술적 사상의 일부를 명확하게 나타내고 있는 것에 불과하며, 본 발명의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형예와 구체적인 실시예는 모두 본 발명의 권리범위에 포함되는 것이 자명하다고 할 것이다.

[0143]

또한, 본 발명에 따른 장치는 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽힐 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 기록매체의 예로는 ROM, RAM, 광학 디스크, 자기 테이프, 플로피 디스크, 하드 디스크, 비휘발성 메모리 등을 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

부호의 설명

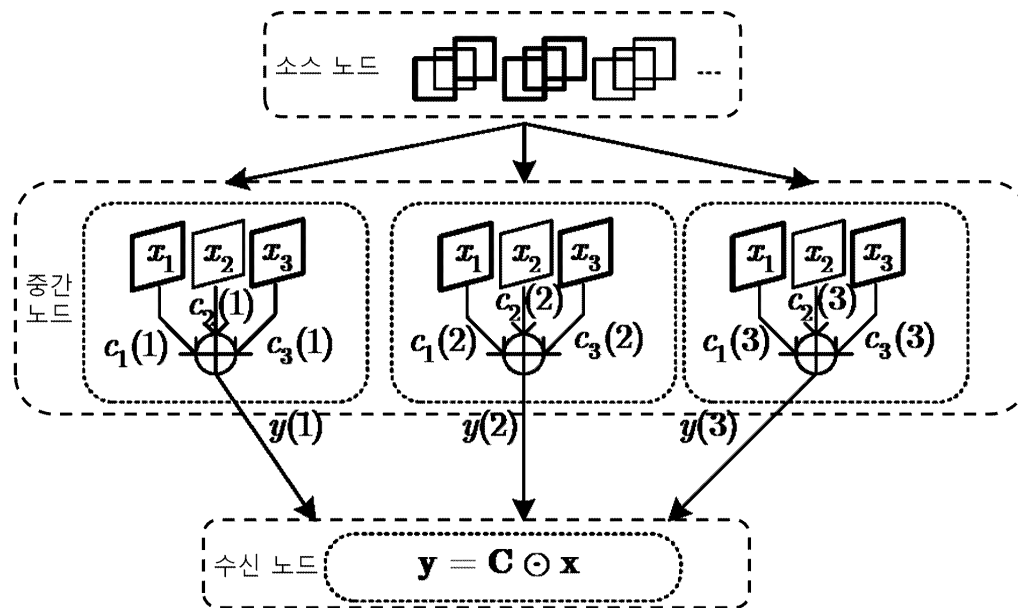
[0144]

20, 50 네트워크 코딩 기반의 고품질 실시간 방송 시스템

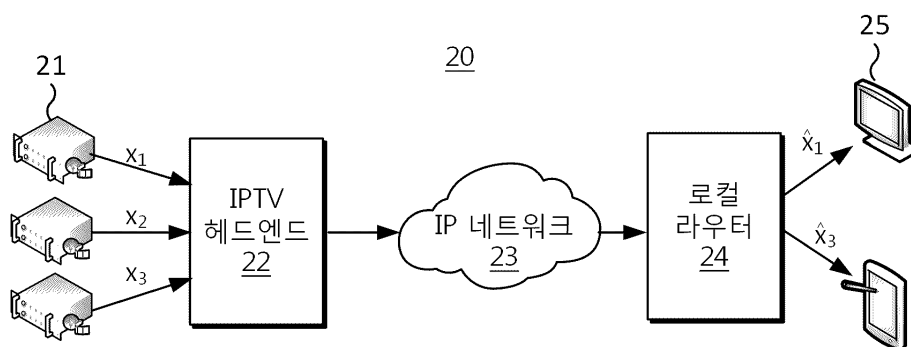
21, 51	실시간 콘텐츠 제공자 서버
22, 52, 62	IPTV 헤드엔드
23, 53, 63	IP 네트워크
531, 532, 631, 632	중간 노드
24, 54, 64	로컬 라우터
25, 55	콘텐츠 수신 장치

도면

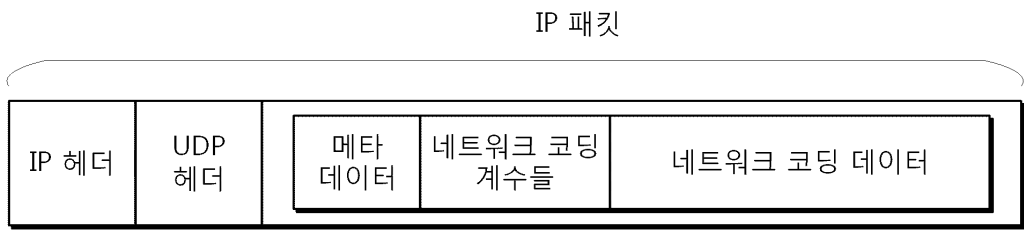
도면1



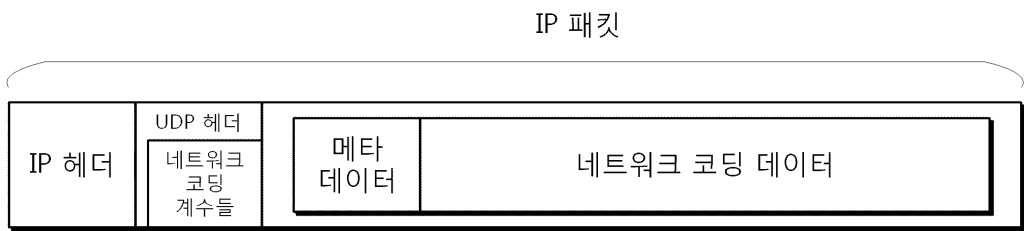
도면2



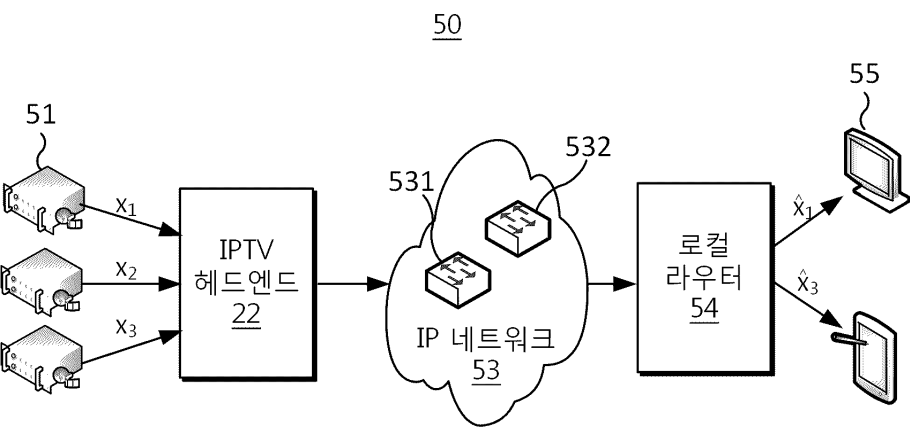
도면3



도면4



도면5



도면6

