



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0028784  
(43) 공개일자 2015년03월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04L 12/761 (2013.01) H04L 12/703 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2014-7036940  
(22) 출원일자(국제) 2013년05월08일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2014년12월30일  
(86) 국제출원번호 PCT/IB2013/053723  
(87) 국제공개번호 WO 2013/179162  
국제공개일자 2013년12월05일  
(30) 우선권주장  
13/486,472 2012년06월01일 미국(US)

(71) 출원인  
텔레호낙티에블라게트 엘엠 에릭슨(피유비엘)  
스웨덴 스톡홀름 83 에스이-164  
(72) 발명자  
차사르, 안드라스  
헝가리 에이치-2089 텔키 바드로샤 유. 28  
탄츠라, 에브게니  
미국 94306 캘리포니아주 팔로 알토 라 파라 에이  
브이이. 779  
에니에디, 가보르 산도르  
헝가리 1201 부다페스트 베르켄예 세타니 3. 8/52  
(74) 대리인  
장수길, 백만기

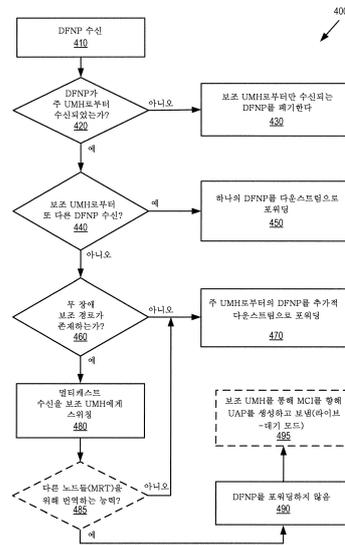
전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 발명의 명칭 **다운스트림 통지 패킷들에 의한 PIM 고속 리라우팅 방법론의 향상**

(57) 요약

장애 검출 메커니즘은 PIM-SM 기반 고속 리라우팅 기술에 대한 향상을 제공한다. 네트워크 노드는 연결 손실을 검출할 시에 자신이 멀티캐스트 데이터 트래픽을 리라우팅할 수 있는지를 결정한다. 네트워크 노드가 무 장애 보조 경로를 갖지 않으면, 이것은 통지 패킷을 발신하고 또한 통지 패킷을 멀티캐스트 트리의 다운스트림 부분들에게 보낼 수 있다. 통지 패킷은 멀티캐스트 중복 보조 경로들에게 스위칭 오버하도록 하나 이상의 다운스트림 노드들을 트리거링하여 데이터 트래픽을 리라우팅할 수 있다.

대표도 - 도4b



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

멀티캐스트 통신 네트워크에서 네트워크 노드에 의해 실행되는 방법으로서 -상기 멀티캐스트 통신 네트워크는 공통 소스 노드로부터 하나 이상의 멀티캐스트 수신 노드들까지의 연결을 제공하기 위한 멀티캐스트 트리를 포함하고, 상기 멀티캐스트 통신 네트워크는 상기 멀티캐스트 트리에서의 장애의 경우에 멀티캐스트 데이터 트래픽이 보조 경로들 중 하나 이상에게 리라우팅되도록 중복성(redundancy)을 상기 멀티캐스트 트리에게 제공하기 위한 보조 경로들의 세트를 더 포함함 - ,

상기 네트워크 노드의 업스트림 이웃에게의 입증계 인터페이스(incoming interface)에서의 연결 손실을 상기 네트워크 노드에 의해 검출하는 단계;

상기 멀티캐스트 데이터 트래픽이 상기 멀티캐스트 수신 노드들에 의해 수신되는 것을 허용하도록 상기 네트워크 노드가 상기 멀티캐스트 데이터 트래픽을 리라우팅할 수 없다고 결정하는 단계; 및

상기 하나 이상의 멀티캐스트 수신 노드들을 향하여 다운스트림으로 통지 패킷을 보내는 단계 - 상기 통지 패킷은 하나 이상의 다운스트림 노드들로 하여금 상기 보조 경로들 중 하나 이상에게 멀티캐스트 수신을 스위칭하도록 야기하여 상기 멀티캐스트 데이터 트래픽을 리라우팅함 -

를 포함하는 방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 멀티캐스트 통신 네트워크는 이중 합류 노드들(dual-joining nodes)의 세트를 포함하고, 상기 이중 합류 노드들의 각각은 상기 공통 소스 노드에게 각각의 주 경로상의 주 UMH(upstream multicast hop) 및 상기 공통 소스 노드에게 각각의 보조 경로상의 보조 UMH에게 결합되고, 상기 방법은 ECMP(Equal Cost MultiPath), LFA(Loop Free Alternate), 또는 MoFRR(Multicast-Only Fast Re-Route)에 기초하여 제2 UMH를 선택하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 상기 멀티캐스트 통신 네트워크는 이중 합류 노드들의 세트를 포함하고, 상기 이중 합류 노드들의 각각은 상기 공통 소스 노드에게 각각의 주 경로상의 주 UMH 및 상기 공통 소스 노드에게 각각의 보조 경로상의 보조 UMH에게 결합되고, 상기 방법은 MRT(Maximally Redundant Trees)에 기초하여 상기 주 및 보조 UMH들을 선택하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 상기 통지 패킷은, 상기 공통 소스 노드에게 무 장애 보조 경로(failure-free secondary path)를 갖는 다운스트림 통합 노드로 하여금 상기 무 장애 보조 경로에게 입증계 인터페이스를 차단 해제하도록 야기하는 방법.

**청구항 5**

제1항에 있어서, 상기 통지 패킷은, 상기 공통 소스 노드에게 무 장애 보조 경로를 갖는 다운스트림 통합 노드로 하여금 상기 보조 경로들의 세트가 대기 상태에 있을 때 활성화 패킷을 생성하도록, 및 상기 공통 소스 노드를 향하여 상기 무 장애 보조 경로를 통해 상기 활성화 패킷을 보내어 상기 활성화 패킷의 수신 노드로 하여금 상기 멀티캐스트 데이터 트래픽에 대한 출증계 인터페이스(outgoing interface)를 차단 해제하도록 야기하는 방법.

**청구항 6**

제1항에 있어서, 상기 통지 패킷은, 상기 통지 패킷이 상기 수신 노드의 보조 경로로부터 수신된다면, 또는 상기 통지 패킷이 상기 수신 노드의 주 경로로부터 수신되고 또한 상기 보조 경로가 잠재적으로 작동하고 있다면, 추가적 다운스트림으로 상기 통지 패킷의 수신 노드에 의해 포워딩되지 않는 방법.

**청구항 7**

제1항에 있어서, 상기 통지 패킷은, 상기 통지 패킷이 상기 수신 노드의 주 경로로부터 수신되고 또한 어떤 보조 경로도 상기 수신 노드에 대해 존재하지 않으면, 또는 상기 통지 패킷이 상기 수신 노드의 상기 주 경로와 상기 보조 경로 중 어느 하나로부터 수신되고 또한 사전에 또 다른 통지 패킷이 상기 주 경로와 상기 보조 경로 중 다른 것으로부터 수신되었다면, 추가적 다운스트림으로 상기 통지 패킷의 수신 노드에 의해 포워딩되는 방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서, 상기 보내는 단계는 상기 네트워크 노드로부터 다운스트림으로 상기 하나 이상의 보조 경로들 및 상기 멀티캐스트 트리에서의 모든 분기들에게 상기 통지 패킷을 보내는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서, 상기 보내는 단계는 상기 연결 손실이 검출된, 두 개의 멀티캐스트 트리 중 하나를 따라 다운스트림으로 상기 통지 패킷을 보내는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 10**

제1항에 있어서, 상기 통지 패킷은 상기 멀티캐스트 데이터 트래픽이 보내지는 멀티캐스트 그룹을 식별하기 위한 멀티캐스트 그룹 주소 및 멀티캐스트 소스 주소를 포함하는 방법.

**청구항 11**

제1항에 있어서, 상기 통지 패킷은 상기 네트워크 노드의 하나 이상의 라인 카드들에 저장되는 정보에 기초하여 생성되고, 상기 정보는 상기 연결 손실 전에 하나 이상의 라인 카드들에 저장된 것인 방법.

**청구항 12**

제1항에 있어서, 상기 통지 패킷은 IP(Internet Protocol) 헤더에서의 특별 IP 값, 또는 특별 할당된 UDP(User Datagram Protocol) 포트 번호를 포함하는 방법.

**청구항 13**

제1항에 있어서, 상기 통지 패킷은 다음 정보, 즉, 연결이 손실된 노드의 식별자, 상기 연결이 손실된 링크의 식별자, 및 상기 연결 손실이 검출된 때를 표시하는 타임스탬프 중 하나 이상을 포함하는 방법.

**청구항 14**

공통 소스 노드로부터 하나 이상의 멀티캐스트 수신 노드들로의 연결을 제공하기 위한 멀티캐스트 트리를 포함하는 멀티캐스트 통신 네트워크에서의 네트워크 노드로서 - 상기 멀티캐스트 통신 네트워크는 멀티캐스트 데이터 트래픽이 상기 멀티캐스트 트리상의 장애의 경우에 보조 경로들 중 하나 이상에게 리라우팅되도록 중복성을 상기 멀티캐스트 트리에게 제공하기 위한 보조 경로들의 세트를 더 포함함 - ,

상기 멀티캐스트 데이터 트래픽에 대한 포워딩 정보를 저장하기 위해 구성되는 메모리;

상기 멀티캐스트 데이터 트래픽을 수신하기 위해 구성되는 수신기 회로;

상기 메모리 및 상기 수신기 회로에 결합되는 하나 이상의 프로세서들 - 상기 하나 이상의 프로세서들은 상기 네트워크 노드의 업스트림 이웃에게의 입중계 인터페이스에서의 연결 손실을 검출하기 위해, 및 상기 멀티캐스트 데이터 트래픽이 상기 멀티캐스트 수신 노드들에게 도달하는 것을 허용하도록 상기 네트워크 노드가 상기 멀티캐스트 데이터 트래픽을 리라우팅할 수 있는지를 결정하기 위해 구성됨 - ;

상기 하나 이상의 프로세서들에 결합되고, 상기 네트워크 노드가 상기 멀티캐스트 데이터 트래픽을 리라우팅할 수 없다는 결정에 응답하여 통지 패킷을 발신하기 위해 구성되는 다운스트림 통지 모듈; 및

상기 하나 이상의 프로세서들과 결합되고, 상기 하나 이상의 멀티캐스트 수신 노드들을 향하여 다운스트림으로 상기 통지 패킷을 보내기 위해 구성되는 송신기 회로 - 상기 통지 패킷은 하나 이상의 다운스트림 노드들로 하여금 상기 보조 경로들 중 하나 이상에게 멀티캐스트 수신을 스위칭하도록 야기하여 상기 멀티캐스트 데이터 트

래픽을 리라우팅함 -

를 포함하는 네트워크 노드.

**청구항 15**

제14항에 있어서, 상기 네트워크는 이중 합류 노드들의 세트를 포함하고, 상기 이중 합류 노드들의 각각은 상기 공통 소스 노드에게 각자의 주 경로상의 주 UMH 및 상기 공통 소스 노드에게 각자의 보조 경로상의 보조 UMH에게 결합되고, 제2 UMH는 ECMP, LFA, 또는 MoFRR에 기초하여 선택되는 네트워크 노드.

**청구항 16**

제14항에 있어서, 상기 네트워크는 이중 합류 노드들의 세트를 포함하고, 상기 이중 합류 노드들의 각각은 상기 공통 소스 노드에게 각자의 주 경로상의 주 UMH 및 상기 공통 소스 노드에게 각자의 보조 경로상의 보조 UMH에게 결합되고, 제2 UMH는 MRT에 기초하여 선택되는 네트워크 노드.

**청구항 17**

제14항에 있어서, 상기 통지 패킷은, 상기 공통 소스 노드에게 무 장애 보조 경로를 갖는 다운스트림 통합 노드로 하여금 상기 무 장애 보조 경로에게 입중계 인터페이스를 차단 해제하도록 야기하는 네트워크 노드.

**청구항 18**

제14항에 있어서, 상기 통지 패킷은, 상기 공통 소스 노드에게 무 장애 보조 경로를 갖는 다운스트림 통합 노드로 하여금 보조 경로들의 세트가 대기 상태에 있을 때 활성화 패킷을 생성하고 상기 공통 소스 노드를 향하여 상기 무 장애 보조 경로를 통해 상기 활성화 패킷을 보내어, 상기 활성화 패킷의 수신 노드로 하여금 상기 멀티캐스트 데이터 트래픽을 위한 출중계 인터페이스를 차단 해제하도록 야기하는 네트워크 노드.

**청구항 19**

제14항에 있어서, 상기 통지 패킷은, 상기 통지 패킷이 상기 수신 노드의 보조 경로로부터 수신된다면, 또는 상기 통지 패킷이 상기 수신 노드의 주 경로로부터 수신되고 또한 상기 보조 경로가 잠재적으로 작동하고 있다면, 추가적 다운스트림으로 상기 통지 패킷의 수신 노드에 의해 포워딩되지 않는 네트워크 노드.

**청구항 20**

제14항에 있어서, 상기 통지 패킷은, 상기 통지 패킷이 상기 수신 노드의 주 경로로부터 수신되고 또한 어떤 보조 경로도 상기 수신 노드에 대해 존재하지 않으면, 또는 상기 통지 패킷이 상기 수신 노드의 상기 주 경로와 상기 보조 경로 중 어느 하나로부터 수신되고 또한 사전에 또 다른 통지 패킷이 상기 주 경로와 상기 보조 경로 중 다른 것으로부터 수신되었다면, 추가적 다운스트림으로 상기 통지 패킷의 수신 노드에 의해 포워딩되는 네트워크 노드.

**청구항 21**

제14항에 있어서, 상기 송신기 회로는 상기 네트워크 노드로부터 다운스트림으로 상기 하나 이상의 보조 경로들 및 상기 멀티캐스트 트리에서의 모든 분기들에게 상기 통지 패킷을 보내기 위해 구성되는 네트워크 노드.

**청구항 22**

제14항에 있어서, 상기 송신기 회로는 상기 연결 손실이 검출된, 두 개의 멀티캐스트 트리 중 하나를 따라 다운스트림으로 상기 통지 패킷을 보내기 위해 구성되는 네트워크 노드.

**청구항 23**

제14항에 있어서, 상기 통지 패킷은 상기 멀티캐스트 데이터 트래픽이 보내지는 멀티캐스트 그룹을 식별하기 위한 멀티캐스트 그룹 주소 및 멀티캐스트 소스 주소를 포함하는 네트워크 노드.

**청구항 24**

제14항에 있어서, 상기 통지 패킷은 상기 라인 카드들 중 하나 이상에 저장되는 정보에 기초하여 생성되고, 상

기 정보는 상기 연결 손실 전에 상기 하나 이상의 라인 카드들에 저장된 것인 네트워크 노드.

**청구항 25**

제14항에 있어서, 상기 통지 패킷은 IP 헤더에서의 특별 IP 값, 또는 특별 할당된 UDP 포트 번호를 포함하는 네트워크 노드.

**청구항 26**

제14항에 있어서, 상기 통지 패킷은 다음 정보, 즉, 연결이 손실된 노드의 식별자, 상기 연결이 손실된 링크의 식별자, 및 상기 연결 손실이 검출된 때를 표시하는 타임스탬프 중 하나 이상을 포함하는 네트워크 노드.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 출원은, 둘 모두가 2012년 6월 1일 출원된, 제목이 "업스트림 활성화 패킷들에 의한 PIM 고속 리라우팅에 대한 향상(ENHANCEMENTS TO PIM FAST RE-ROUTE WITH UPSTREAM ACTIVATION PACKETS)"(대리인 등록부 번호 4906P37637US1)인 출원 및 제목이 "데이터 평면 통지들에 의한 MOFRR의 장애 커버리지 증가(INCREASING FAILURE COVERAGE OF MOFRR WITH DATAPLANE NOTIFICATIONS)"(대리인 등록부 번호 4906P36756US1)인 출원과 관계된다.

[0002] 본 발명의 실시예들은 네트워크 운영 분야에 관계되고, 더 구체적으로는 멀티캐스트 통신 네트워크에서의 라우팅 운영과 관계된다.

**배경 기술**

[0003] PIM-SM(Protocol Independent Multicast Sparse Mode) (2006년 8월의 IETF RFC4601 참조)은 인터넷 프로토콜(IP) 멀티캐스트 통신 네트워크들에서 멀티캐스트 트리들을 구축하고 유지하기 위한 공지되고 일반적으로 채택되는 프로토콜이다. 멀티캐스트 콘텐츠를 멀티캐스트 통신 네트워크의 수신 노드들(이하에서 또한 "착신지들"로서 지칭됨)에게 분배하기 위해, PIM-SM은 단일 멀티캐스트 트리를 이용한다. 단일 멀티캐스트 트리는 네트워크 장애의 경우에 멀티캐스트 트래픽을 리라우팅하기 위한 중복성(redundancy)이 결여된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0004] PIM-SM은 실시간 트래픽을 위해 (예를 들어, 인터넷 프로토콜 TV(IPTV)를 위해) 멀티캐스트 경로들을 구축하는데에 일반적으로 이용되고 있다. 그러나, PIM-SM은 유니캐스트 라우팅에 크게 의존하기 때문에, 네트워크 장애의 경우에 멀티캐스트 복구는 유니캐스트 라우팅이 복구될 때까지 기다릴 필요가 있다. 그러므로, PIM-SM을 위한 장애 대응은 상대적으로 느리고, 그러므로 실시간 애플리케이션들에 대한 중대한 결점이 된다. 이 결점을 극복하기 위해, 2010년 1월의 IETF RFC5714는 네트워크 노드의 임중계 멀티캐스트 스트림(incoming multicast stream)을 위한 보조 경로(secondary path)를 이용하고, 그에 의해 네트워크 노드가 자신의 주 업스트림 이웃 노드와의 연결을 상실하면 즉각적 대안 경로를 제공하는 IP 고속 리라우팅 메커니즘을 제안한다. 그러나, 제안된 접근법은 효율적 장애 검출 기술을 제공하지 않으며 또한 모든 가능한 장애 시나리오들을 취급하지 않는다. 더욱이, 제안된 접근법은 "라이브-라이브(live-live)" 보호 기술인데, 이는 "보조" 트래픽이 심지어 장애가 없는 상황에서도 항상 존재하는 것을 의미한다. 이 보조 트래픽은 멀티캐스트 네트워크에서 상당한 추가 부하를 야기할 수 있다.

**과제의 해결 수단**

[0005] 중복성을 멀티캐스트 트리에게 제공하는 보조 경로들의 세트를 포함하는 멀티캐스트 통신 네트워크를 위한 고속 리라우팅 메커니즘이 기술된다. 멀티캐스트 트리는 공통 소스 노드로부터 하나 이상의 멀티캐스트 수신 노드들까지의 연결(connectivity)을 제공한다. 멀티캐스트 트리의 주 경로상에서의 장애의 경우에, 멀티캐스트 데이터 트래픽은 보조 경로들 중 하나 이상에게 리라우팅될 것이다.

[0006] 본 발명의 실시예들에 따라, 멀티캐스트 통신 네트워크에서의 네트워크 노드에 의해 실행되는 방법은: 네트워크

노드의 주 경로상의 업스트림 이웃에게의 입중계 인터페이스에서의 연결 손실을 네트워크 노드에 의해 검출하는 단계, 멀티캐스트 데이터 트래픽이 멀티캐스트 수신 노드들에 의해 수신되는 것을 허용하도록 네트워크 노드가 멀티캐스트 데이터 트래픽을 리라우팅할 수 없다고 결정하는 단계, 및 하나 이상의 멀티캐스트 수신 노드들을 향하여 통지 패킷 다운스트림을 보내는 단계를 포함한다. 통지 패킷은 하나 이상의 다운스트림 노드들이 보조 경로들 중 하나 이상에게 멀티캐스트 수신을 스위칭하도록 야기하여 멀티캐스트 데이터 트래픽을 리라우팅한다.

[0007]

본 발명의 실시예들에 따라, 멀티캐스트 통신 네트워크에서의 네트워크 노드는 멀티캐스트 데이터 트래픽에 대한 포워딩 정보를 저장하는 메모리, 메모리에 결합되는 하나 이상의 프로세서들, 및 하나 이상의 프로세서들과 결합되는 수신기 및 송신기 회로를 포함한다. 하나 이상의 프로세서들은 네트워크 노드의 주 경로상의 업스트림 이웃에게의 입중계 인터페이스에서의 연결 손실을 검출하기 위해 구성되는 검출 모듈, 및 멀티캐스트 데이터 트래픽이 멀티캐스트 수신 노드들에 의해 수신되는 것을 허용하도록 네트워크 노드가 멀티캐스트 데이터 트래픽을 리라우팅할 수 없다고 결정하기 위해 구성되는 결정 모듈을 포함한다. 송신기 회로는 하나 이상의 멀티캐스트 수신 노드들을 향하여 통지 패킷을 다운스트림으로 보내기 위해 구성된다. 통지 패킷은 하나 이상의 다운스트림 노드들이 보조 경로들 중 하나 이상에게 멀티캐스트 수신을 스위칭하도록 야기하여 멀티캐스트 데이터 트래픽을 리라우팅한다.

**도면의 간단한 설명**

[0008]

본 발명은, 동일한 참조가 유사한 요소를 가리키는 첨부 도면의 그림에서, 제한적 방식이 아니라 예시적 방식으로 도해되었다. 본 개시에서의 "일" 또는 "하나의" 실시예에 대한 상이한 참조들은 반드시 동일 실시예에 대한 것은 아니며, 이러한 참조들은 적어도 하나를 의미함을 주목해야 한다. 더욱이, 특정한 특징, 구조, 또는 특성이 일 실시예와 연계하여 기술되었을 때, 명시적으로 기술되었는지에 관계 없이 그러한 특징, 구조, 또는 특성을 다른 실시예들과 연계하여 달성하는 것은 본 분야의 통상의 기술자의 지식 범위 내에 있음을 말해 두고자 한다.

도 1a 및 도 1b는 멀티캐스트 통신 네트워크들의 예들을 도해한다.

도 2a 및 도 2b는 MRT에 의해 제공되는 두 개의 멀티캐스트 중복 트리의 예들을 도해한다.

도 3a-3c는 MoFRR에 의해 제공되는 중복 보조 경로들을 가진 멀티캐스트 트리의 예들을 도해한다.

도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따라 멀티캐스트 통신 네트워크의 네트워크 노드들이 지키는 규칙들의 모음을 예시한다.

도 4b는 통지 패킷을 처리하기 위한 방법의 실시예를 도해하는 흐름도이다.

도 5a는 네트워크 노드의 실시예를 도해하는 블록도이다.

도 5b는 라인 카드 프로세서의 실시예를 도해하는 블록도이다.

도 6은 멀티캐스트 데이터 트래픽을 리라우팅하기 위해 통지 패킷을 생성하고 다운스트림으로 보내기 위한 방법의 실시예를 도해하는 흐름도이다.

도 7a 및 도 7b는 제각기 MRT 및 MoFRR에 따라 네트워크 노드에 저장되는 포워딩 테이블의 실시예들을 도해한다.

도 8은 보조 경로를 활성화하기 위해 활성화 패킷을 생성하고 보내기 위한 방법의 실시예를 도해하는 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0009]

후속하는 설명에서, 수많은 특정한 상세 사항들이 제시된다. 그러나, 본 발명의 실시예들이 이러한 특정한 상세 사항들 없이도 실시될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 다른 경우들에서, 공지된 회로들, 구조들 및 기술들은 이 설명의 이해를 모호하게 만들지 않기 위해 상세히 보여지지 않았다. 그러나, 당업자는 그러한 특정한 상세 사항들 없이도 본 발명이 실시될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 이 분야의 통상의 기술자들은, 포함된 설명들에 의해, 과도한 실험 없이도 적절한 기능성을 구현할 수 있을 것이다.

[0010]

본 발명의 실시예들은 PIM-SM에 기초한 IP 고속 리라우팅 기술들에 대한 향상을 제공한다. 네트워크 장애가 발생할 때, 멀티캐스트 데이터 트래픽은 하나 이상의 중복 보조 경로들을 통해 리라우팅된다. 이러한 보조 경로

들은 장애에 앞서서 미리 계산되고, 주 및 보조 경로들을 따른 포워딩 정보는 네트워크 노드들의 데이터 평면에 저장된다. 그러므로, 장애 검출 시에, 리라우팅은 제어 평면에서의 라우팅 수렴을 기다리지 않고서 고속으로 실행될 수 있다. 본 발명의 실시예들은 하기에서 상세히 기술되는 것처럼 장애 검출의 속도와 대역폭 사용의 효율성에 대한 향상을 또한 제공한다.

[0011] 본 발명의 실시예들을 기술하기 전에, 어떻게 네트워크 노드가 PIM-SM에 따라 멀티캐스트 그룹에 합류(join)하는지를 이해하는 것이 도움될 것이다. PIM-SM에서, 네트워크 노드는 멀티캐스트 그룹에 합류하거나 이를 떠나기 위해 유니캐스트 포워딩 메시지들을 이용한다. 멀티캐스트 그룹에 합류하기 위해, 네트워크 노드는 공통 소스 노드(용어 "공통 소스 노드"는 이하에서 멀티캐스트 소스 노드 또는 공유된 트리의 경우에서의 랑테부 지점을 지칭함)에게 멀티캐스트 트리의 업스트림 방향으로 JOIN 메시지를 보낸다. JOIN 메시지는 MRIB(Multicast Routing Information Base) 테이블들에 의해 결정되는 멀티캐스트 트리의 경로를 따라 라우팅된다. 이러한 테이블들의 목록에 등재된 경로들은 보통은 유니캐스트 라우팅 테이블들로부터 직접적으로 도출되지만, 이들은 또한 상이한 방식으로 도출될 수도 있다. 유사하게, 멀티캐스트 그룹을 떠나기를 원하는 네트워크 노드는 공통 소스 네트워크 노드에게 멀티캐스트 트리 위쪽으로 PRUNE 패킷을 보낸다.

[0012] MRIB 테이블들은 JOIN 메시지가 다음으로 보내지는 다음 홉 이웃(next-hop neighbor)들을 결정하는데 이용된다. JOIN 메시지는 멀티 캐스트 콘텐츠를 이미 수신하는 네트워크 노드에 도달할 때까지 홉 단위 기준(hop-by-hop basis)으로 라우팅되고 처리된다. 이 홉 단위 경로를 따르는 모든 네트워크 노드들은 JOIN 메시지를 처리하고 또한 예를 들어 JOIN 메시지가 그를 통해 수신된 입중계 인터페이스를 멀티캐스트의 출중계(outgoing) 인터페이스 리스트에 추가함으로써 대응 멀티캐스트 라우팅 상태 정보를 설치하거나 갱신한다. 예를 들어, 노드 X가 노드 Y에게의 입중계 인터페이스를 통해 JOIN 메시지를 수신하면, 노드 X는 멀티캐스트를 위한 출중계 인터페이스들의 리스트에 노드 Y를 더할 것이다. 멀티캐스트 콘텐츠는 JOIN 메시지들이 수신된 방향과 반대 방향으로 네트워크 노드들에게 라우팅된다.

[0013] MoFRR(Multicast only Fast Re-Route)은 IP 고속 리라우팅 메커니즘인데, 여기서 네트워크 노드는 하나보다 많은 경로를 통해 멀티캐스트 그룹에 합류한다. 멀티캐스트 그룹에 합류하는 것은 주 경로상에서 노드로부터 소스를 향하여 JOIN 메시지를 전송하는 것과 보조 경로상에서 노드로부터 소스를 향하여 또 다른 JOIN 메시지를 전송하는 것을 수반한다. 이중 합류 노드(dual-joining node)가 주 경로상에서 그 연결을 손실한다면, 이 노드는 자신이 스위칭할 수 있는 즉시 이용 가능한 보조 경로를 갖는다.

[0014] MoFRR에 따라, 각각의 이중 합류 노드는 주 경로상의 주 업스트림 멀티캐스트 홉(UMH: upstream multicast hop) 및 보조 경로상의 보조 UMH를 가진다. 각각의 UMH는 경로상의 노드로부터 MCI(MultiCast Ingress node)를 향하는 노드의 이전-홉 이웃 업스트림이다. MCI는 멀티캐스트 스트림이 그로부터 현재 전송 기술(예를 들어, PIM) 도메인에 진입하는 노드이고, 그러므로 MCI는 현재 도메인에 대한 멀티캐스트 소스로서 간주될 수 있다. 본 명세서의 설명에서, 용어 "MCI"는 멀티캐스트 소스 노드와 동의어로 사용된다. 본 발명의 실시예들이 MCI가 일반적 의미에서 멀티캐스트 소스 노드와 상이한 시나리오들에; 예를 들어, MCI가 상이한 전송 기술 도메인에 자리잡은 멀티캐스트 소스 노드로부터 멀티캐스트 데이터를 수신할 때 적용 가능하다는 것을 이해할 것이다.

[0015] MoFRR에 따라, 이중 합류 노드의 (J) 보조 UMH는, MCI를 향하는 경로들상의 노드 J의 ECMP(Equal Cost Multipath) 또는 LFA(Loop Free Alternate) 이웃들 중 하나로부터 오는 후보 노드들(즉, 이전-홉 업스트림 노드들)의 리스트로부터 선택될 수 있다. 노드 N은, 노드 J가 주 UMH에 도달하기 위한 비용과 동일한 비용으로 노드가 노드 J로부터 도달될 수 있다면 노드 J의 ECMP 이웃이다. 노드 N은 RFC 5289(2008년 9월)에 명시된 LFA 기준들 또는 draft-karan-mofrr-02(2012년 3월)에 기술된 MoFRR을 위한 비 ECMP 모드 조건들 중 하나가 충족되면 노드 J의 LFA 이웃이다.

[0016] MRT(Maximally Redundant Trees)에 의한 고속 리라우팅은 또 다른 IP 고속 리라우팅 메커니즘인데, 이것은 각각의 착신 노드에 대한 2개의 최대 중복된 트리(maximally redundant tree)를 제공한다. 관행에 의해, 이러한 2개의 트리는 청색(주) 및 적색(보조) 트리들로 불린다. 한 쌍의 최대 중복된 트리들이 각각의 노드에서 시작하여 계산되면, 모든 노드들은 단일 링크 또는 노드 장애의 경우에 트리들 중 하나를 따라 도달 가능하게 남아 있다. 그러므로, 노드는 적색 및 청색 트리들 모두에 이중 합류할 수 있고, 단일 링크/노드가 장애를 일으킬 때 어느 한 트리에서 또 다른 트리로 스위칭할 수 있다.

[0017] MoFRR와 MRT 모두는 라이브-라이브 멀티캐스트 보호 기술을 구현하는데, 여기서 이중 합류 노드는 주 경로 및 보조 경로의 양쪽으로부터 동일한 멀티캐스트 스트림을 수신한다. 라이브-라이브 멀티캐스트 보호 기술은, 네

트위크 트래픽이 주 경로 및 보조 경로의 양쪽상에서 대역폭을 계속적으로 소비하므로, 무 장애 시나리오에서 두 배의 대역폭 소비를 초래한다.

- [0018] 똑같은 패킷들(duplicate packets)이 최종 사용자에게 포워딩되는 것을 방지하기 위해, 이중 합류 노드는 라이브-라이브 보호 모드에서 동작하는 네트워크에서 한 번에 UMH들 중 하나로부터만 패킷들을 받아들인다. 어느 UMH이 선호되는지는 IGP(Interior Gateway Protocol) 도달가능성, 링크 상태, BFD(Bidirectional Forwarding Detection), 트래픽 흐름, 기타 등등에 기초할 수 있는 지역적 결정에 따른다. 어떤 장애도 네트워크에서 검출되지 않을 때, 똑같은 패킷들의 수신은 덜 선호되는 UMH에게의 입증계 인터페이스를 차단함으로써 방지될 수 있는데; 즉, 이러한 입증계 인터페이스로부터 수신되는 패킷들은 멀티캐스트 트리상에서 포워딩되지 않는다. 그러나, 선호된 UMH가 장애를 일으키면, 덜 선호된 UMH에게의 입증계 인터페이스는 트래픽이 다운스트림으로 계속하도록 허용하기 위해 차단 해제될 수 있다.
- [0019] 본 명세서의 설명에서, 용어 "업스트림"은 MCI를 향하는 경로들을 따른 방향을 지칭하고, 용어 "다운스트림"은 MCI로부터 멀어지는 경로들을 따른 방향을 지칭한다. 또한, "이웃 노드"는 현재 노드로부터 하나의 홉만큼 떨어져 있는 노드이다. "이전 홉"은 현재 노드의 업스트림 이웃 노드이고 "다음 홉"은 현재 노드의 다운스트림 이웃 노드이다. "분기 노드(branch node)"는 다운스트림으로 가는 하나보다 많은 경로에 결합되는 노드이고; "통합 노드(merge node)"는 업스트림으로부터 오는 하나보다 많은 경로에 결합되는 노드이다.
- [0020] 또한, 용어들 "링크", "인터페이스" 또는 "이웃"은 "물리적" 또는 "가상" 링크, 인터페이스 또는 이웃을 의미할 수 있다. "물리적" 링크는 2개의 노드 간의 방향 연결을 의미한다. 물리적 인터페이스 또는 이웃은 물리적 링크를 통해 또 다른 인터페이스/노드에 결합하는 인터페이스/노드를 의미한다. "가상" 링크는 2개의 노드 간의 하위 계층 터널 또는 복합 네트워크일 수 있다. 가상 인터페이스/노드는 가상 링크를 통해 또 다른 인터페이스/노드에 결합하는 인터페이스/노드를 의미한다. 예를 들어, 복합 이더넷 네트워크를 통해 연결되는 2개의 IP 라우터는 IP 레벨에서의 "가상 이웃들"이다.
- [0021] 본 발명의 실시예들은 MoFRR와 MRT에 기초한 기존의 기술들보다 더욱 대역폭 효율적이고 또한 네트워크 장애에 대해 더 빨리 응답하는 PIM-SM에 기초한 고속 리라우팅 메커니즘을 제공한다. 대역폭 효율에 관하여, 본 발명의 실시예들은 백업(보조) 경로들이 장애 검출 시까지 대기 중인 라이브-대기 모드(live-standby mode)를 제공한다. 대기 경로들은 네트워크에 어떤 장애도 없을 때 멀티캐스트 데이터 패킷들을 나르지 않으며, 그에 의해 네트워크 대역폭 소비를 감축한다. 일 실시예에서, 대기 경로들은 멀티캐스트 흐름이 차단되는 네트워크의 분기 지점에서 UAP(upstream activation packet)가 수신될 때 활성화된다. 장애 응답 속도에 관하여, 본 발명의 실시예들은 네트워크 노드가 장애를 검출할 때 네트워크 노드의 데이터 평면에서 생성되고 처리되는 DFNP(downstream fast notification packet)를 제공한다. DFNP의 사용은 비 지역적 장애들(즉, 원격 장애들, 또는 동등하게는 하나보다 많은 홉만큼 떨어져 있는 노드 또는 링크에서 발생한 장애들)에 응답하는 속도 및 신뢰성을 향상시킨다. UAP 및/또는 DFNP는 MRT 또는 MoFRR 중 어느 하나를 지원하는 멀티캐스트 네트워크에 사용될 수 있다.
- [0022] 도 1a는 다중 네트워크 노드("노드들")를 포함하는 멀티캐스트 통신 네트워크(12)를 도해한다. 멀티캐스트 통신 네트워크(12)는 운영자의 네트워크이다. 공통 소스 노드(예를 들어, 노드 S(11))는 멀티캐스트 트리 토폴로지를 통해 멀티캐스트 데이터를 그의 멀티캐스트 그룹 멤버들에게 보낸다. 공통 소스 노드는 멀티캐스트 그룹의 분기 노드 또는 MCI일 수 있다. MCE(MultiCast Egress node)로도 지칭되는 멀티캐스트 수신 노드들(예를 들어, 노드 R(14))은 멀티캐스트의 가입자들에게 결합되는 노드들, 또는 멀티캐스트의 가입자들이 있는 이웃 도메인들에게 결합되는 도메인 출구 노드들(domain egress nodes)이다. 멀티캐스트 트리의 리프 노드(leaf node)들은 전형적으로 MCE들이다. 소정 수의 내부 노드들(예를 들어, 노드 N(13))이 멀티캐스트 트리의 공통 소스 노드와 리프 노드들 간에 있다. 멀티캐스트 데이터는 공통 소스 노드로부터 내부 노드들을 통해 리프 노드들에게 다운스트림으로 흐른다. 일 실시예에서, 내부 노드들 중 하나 이상은 또한 MCE일 수 있다.
- [0023] 도 1b는 멀티캐스트 통신 네트워크(100)에 대한 네트워크 구성의 예를 도해한다. MCI와 노드 A 간의 하나 이상의 노드들이 도 1b에서 생략될 수 있다. 멀티캐스트 통신 네트워크(100)는 하기 기술에서 예시적 네트워크로서 이용될 것이다.
- [0024] 도 2a 및 도 2b는 도 1의 멀티캐스트 통신 네트워크(100)에 기초하여 구성되는 MRT 멀티캐스트 트리들(청색 트리(210) 및 적색 트리(220))의 예를 도해한다. 청색 트리(210)와 적색 트리(220) 모두는 방향성 트리들이다. 도 2a의 청색 트리(210)는 주 멀티캐스트 트리로서 지정될 수 있다. 청색 트리(210)에서의 각각의 가느다란(thin) 화살표는 MCI와 주어진 노드 사이의 주 경로 또는 그것의 일부를 표시한다. 도 2b의 적색 트리(220)는

보조 멀티캐스트 트리로서 지정될 수 있다. 적색 트리(220)에서의 각각의 굵은(thick) 화살표는 MCI와 주어진 노드 사이의 보조 경로 또는 그것의 일부를 표시한다. "라이브-라이브" 보호 모드가 구현되는 시나리오에서, 청색 트리(210)와 적색 트리(220) 모두는 네트워크에서 어떤 장애도 없을 때에라도 대역폭을 소비한다. 적색 트리(220)에서의 굵은 화살표들은 네트워크에서 어떤 장애도 없을 때의 불필요한 대역폭 소비를 보여준다. 이후 상세히 설명될 본 발명의 실시예들에 따라, MRT 멀티캐스트 트리들은 노드/링크의 장애가 검출될 때까지 적색 트리(220)가 어떤 대역폭도 소비하지 않는 "라이브-대기" 모드에서 동작할 수 있다.

[0025] 도 3a-3c는 MoFRR을 지원하는 네트워크 세그먼트들의 예들을 도해한다. 도 3a는 도 1의 멀티캐스트 통신 네트워크(100)에서의 네트워크 세그먼트(310)의 예를 도해한다. 노드 C가 네트워크 세그먼트(310)에서 유일한 MCE라고 가정한다. MCI→A→B→C와 같이 연결하는 상부의 가나다란 선들은 PIM-SM에 의해 정의되는 주 멀티캐스트 트리를 형성한다. 이 멀티캐스트 트리에서의 각각의 링크는 주 경로를 나타낸다. A→J→C와 같이 연결하는 굵은 선들은 노드 C를 위해 MoFRR에 의해 더해지는 보조 백업 경로를 나타낸다. 그러므로, 노드 C는 이 예에서 이중 합류 노드이다. "라이브-라이브" 보호 모드에서, 이러한 굵은 선들은 어떤 장애도 네트워크에서 제시되지 않을 때의 불필요한 대역폭 사용을 나타낸다. "라이브-대기" 모드에서 굵은 선은 어떤 대역폭도 소비하지 않는다. MoFRR은 모든 노드의 각각에게 백업 경로를 반드시 제공하지는 않는다; 예를 들어, 노드 A의 장애에 대한 어떤 보호도 없다.

[0026] 도 3b는 도 1의 멀티캐스트 통신 네트워크(100)에서의 네트워크 세그먼트(320)의 또 다른 예를 도해한다. 노드들 C, E 및 G가 네트워크 세그먼트(320)에서의 MCE들이라고 가정한다. MCI→A→B→C→D→E 및 MCI→F→G와 같이 연결하는 상부의 가나다란 선들은 PIM-SM에 의해 정의되는 멀티캐스트 트리를 형성한다. 노드들 J 및 K에게 및 이들로부터 연결하는 굵은 선들은 노드들 C 및 E를 위해 MoFRR에 의해서 더해지는 보조 백업 경로들을 나타낸다. 그러므로, 노드들 C 및 E는 이 예에서 모두 이중 합류 노드들이다. "라이브-라이브" 보호 모드에서, 이러한 굵은 선들은 어떤 장애도 네트워크에 제시되지 않을 때의 불필요한 대역폭 사용을 나타낸다. "라이브-대기" 모드에서 굵은 선은 어떤 대역폭도 소비하지 않는다. 네트워크 세그먼트(320)에서, MoFRR은 노드들 A, C 또는 F의 장애를 위한 어떤 보호도 제공하지 않거나 불충분한 보호를 제공한다.

[0027] 도 3c는 도 1의 멀티캐스트 통신 네트워크(100)에서의 네트워크 세그먼트(330)의 또 다른 예를 도해하는데, 여기서 노드 C, E 및 G가 멀티캐스트 스트림을 위한 MCE들이다. 이 예에서, MoFRR은 노드들 C 및 E 뿐만 아니라 노드 D를 위한 보호를 제공한다. 노드 G로부터 노드 D까지 연결하는 굵은 선들은 노드 D를 위해 MoFRR에 의해서 더해지는 보조 백업 경로를 나타낸다. 그러므로, 이 예에서, 노드들 C, D 및 E는 이중 합류 노드들이다. "라이브-라이브" 보호 모드에서, 이러한 굵은 선들은 어떤 장애도 네트워크에서 제시되지 않을 때의 불필요한 대역폭 사용을 나타낸다. "라이브-대기" 모드에서 굵은 선은 어떤 대역폭도 소비하지 않는다. 그러나, 도 3c에서, 노드 A 또는 F의 장애에 대해 여전히 어떤 보호도 없거나 불충분한 보호만이 있다.

[0028] 상기 예들에서, 각각의 이중 합류 노드가 주 UMH 및 보조 UMH를 가진다는 것을 알 수 있다. MoFRR에 기초한 실시예들에 대해, 각각의 이중 합류 노드는 ECMP 또는 LFA에 기초하여 그의 보조 UMH를 선택한다. MRT에 기초한 실시예들에 대해, 각각의 이중 합류 노드는 중복 트리들(예를 들어, 청색 트리와 적색 트리)에 기초하여 그의 보조 UMH를 선택한다. 예를 들어, 도 2a와 2b에서, 노드 I가 MCI로부터의 노드 D의 주 경로상에 있고 또한 노드 C가 MCI로부터의 노드 D의 보조 경로상에 있으므로, 노드 D의 주 UMH는 노드 I이고 보조 UMH는 노드 C이다. 도 3c의 예에서, MCI로부터의 노드 C의 주 경로는 MCI→A→B→C이고 그의 보조 경로는 MCI→A→J→C이다. 그러므로, 노드 C의 주 UMH는 노드 B이고 보조 UMH는 노드 J이다. 노드 B는 그의 주 UMH로서 노드 A를 갖지만, 보조 UMH를 갖지 않는다.

[0029] 일 실시예에서, 노드가 지역적 장애(이는 주 UMH 또는 주 UMH에게 연결하는 링크의 장애에 기인할 수 있음)를 검출할 때, 노드는 멀티캐스트 그룹에서 다운스트림 노드들에게 연결하는 모든 다운스트림 분기들에게 DFNP를 발신(originate)한다. DFNP들은 MRT 또는 MoFRR 중 어느 하나에 기초하는 멀티캐스트 네트워크들에 대해 사용될 수 있다. MoFRR에 기초한 실시예들에 대해, 다운스트림 분기들은 다운스트림 노드들로 이어지는 주 경로들 및 보조 경로들상의 모든 링크들을 포함한다. MRT에 기초한 실시예들에 대해, 다운스트림 분기들은 장애가 검출된 해당 트리상의 다운스트림 노드들로 이어지는 모든 분기들을 포함한다. DFNP 발신 노드는 이것이 폴백(fall back)할 수 있는 어떤 무 장애 보조 경로도 갖지 않는 장애 검출 노드이다. 장애 검출 노드가 이용 가능한 가용 보조 경로를 갖는다면, 이것은 멀티캐스트 데이터를 수신하기 위해 보조 경로를 이용할 수 있고 어떤 DFNP도 생성되지 않는다. DFNP가 생성될 때, 이용 가능한 보조 경로를 갖는 다운스트림 노드는 DFNP에 의해 트리거링되어 보조 경로로의 스위칭 오버를 이룰 수 있다.

- [0030] DFNP들은 제어 평면으로부터의 입력들 없이 데이터 평면에서 이용 가능한 포워딩 정보만을 이용하여 데이터 평면에서 발생될 수 있다. DFNP들은 이들이 수신될 때 데이터 평면에서 또한 처리될 수 있다. DFNP를 보내고 수신하는 데에 필요한 모든 정보는 네트워크 장애의 발생 전에 데이터 평면에서 이용 가능하다. 데이터 평면에 의한 접근법은 장애가 발생했을 때의 응답 시간을 현저하게 줄인다. 일 실시예에서, DFNP들의 발신 및 처리는 데이터 평면에서의 하나 이상의 라인 카드들 내에서 실행될 수 있고; 제어 평면(예를 들어, 라우팅 테이블들)에 대한 갱신들은 실시간으로 장애 회복에 영향을 주지 않고서 잠시 후에 실행될 수 있다.
- [0031] 장애가 비 지역적 업스트림 로케이션에서 발생한다면, 이중 합류 노드는 업스트림 장애를 검출하는 고속의 신뢰성 있는 메커니즘을 필요로 한다. MoFRR에 기초한 실시예들에 대해, 이중 합류 노드는 다른 업스트림 노드들이 장애를 우회할 수 없다는 것을 알 필요가 또한 있다. 트래픽 모니터링에 기초한 기존의 방법들은 적용 범위가 제한되고 또한 정상 상태 패킷 흐름에서 가장 잘 동작한다. 예를 들어, 네트워크에서 일정하고 과도한 멀티캐스트 트래픽이 있다면, 트래픽 흐름에서의 중단은 장애 표시자의 역할을 할 수 있다. 대조적으로, DFNP들은 패킷 흐름들의 상태에 독립적이다. DFNP는 비 지역적 장애의 표시자이고, 보조 백업 경로의 차단 해제를 트리거링할 수 있다.
- [0032] 도 4a는 DFNP 발신 노드로부터 다운스트림에 있는 각각의 노드에 의해 준수되는 규칙들의 실시예를 도해한다. 일 실시예에서, 규칙들은 도 5a 및 도 5b에서 하기 기술될 네트워크 노드와 같은, 각각의 네트워크 노드의 데이터 평면 회로에 저장될 수 있다.
- [0033] (R1) (블록 411) 노드가 그의 주 UMH로부터 DFNP를 수신하고 또한 무 장애 보조 경로를 갖는다면(예를 들어, 그의 보조 UMH로부터 어떤 DFNP도 수신하지 않거나 또는 보조 UMH에게의 연결에서 어떤 장애도 검출하는 않는 것), 노드는 수리 노드(repair node)이다. DFNP를 수신할 시에, 이 수리 노드는 그의 보조 UMH에게의 보조 경로를 차단 해제할 것이다. 수리 노드는 DFNP를 추가적 다운스트림으로 포워딩하지 않는다.
- [0034] (R2) (블록 412) 노드가 그의 주 UMH로부터 DFNP를 수신하지만 보조 UMH를 갖지 않는다면, 노드는 수리 노드가 아니다. DFNP를 수신할 시에, 이 노드는 그 모든 다운스트림 노드들에게 DFNP를 포워딩할 것이다. MoFRR에 기초한 실시예들에 대해, 다운스트림 노드들은 추가적 다운스트림으로 주 경로 및 보조 경로들의 분기들상에 있는 모든 노드들을 포함한다. MRT에 기초한 실시예들에 대해, 다운스트림 노드들은 장애가 검출된 해당 트리상의 다운스트림 분기들상의 모든 노드들을 포함한다.
- [0035] (R3) (블록 413) 노드가 2개의 DFNP를 수신하면 - 하나는 그의 주 UMH로부터의 것이고 다른 하나는 그의 보조 UMH로부터의 것임 -, 이 노드는 또한 수리 노드가 아니다. 제각기 UMH들로부터 2개의 DFNP를 수신하는 것은 그의 주 경로와 보조 경로 모두가 결함이 있다는 표시이다. 2개의 DFNP를 수신할 시에, 노드는 (R2에서와 같이) 모든 다운스트림 노드들에게 DFNP들 중 하나를 포워딩할 것이다. 다른 DFNP는 폐기될 수 있다("포워딩되지 않는다"와 동등함). 한 시나리오에서, 노드는 그의 주 경로로부터 DFNP를 수신할 시에 자신이 그의 보조 경로로부터 또 다른 DFNP를 수신할 것인지를 알아보기 위해 미리 정해진 시간 동안 기다릴 수 있다. 또 다른 DFNP가 보조 경로로부터 수신되면, 차단 해제가 장애를 치유할 수 없기 때문에 노드는 보조 경로의 차단을 해제하는 것을 필요로 하지 않는다. 또 다른 시나리오에서, 노드가 그의 주 경로로부터 DFNP를 수신할 시에 즉시 그의 보조 경로의 차단을 해제하고 수신된 DFNP를 폐기할 수 있다. 노드가 후속하여 어떤 멀티캐스트 데이터 트래픽도 수신하지 않지만 대신에 보조 UMH로부터 또 다른 DFNP를 수신하면, 노드는 모든 그의 다운스트림 노드들에게 이러한 다른 DFNP를 포워딩할 것이다.
- [0036] (R4) (블록 414) 노드의 보조 UMH로부터만 수신되는 DFNP가 폐기될 것이다.
- [0037] 도 3c의 MoFRR 예는 상기 규칙들의 적용을 예시하는데 사용될 수 있다. 노드 A가 장애를 일으키면, 노드들 B 및 J는 모두 장애를 지역적으로(예를 들어, 자신들의 제각기 입중계 인터페이스들에서) 검출할 것이고, 각각은 DFNP를 발신한다. DFNP들 모두는 노드 C를 향하여 다운스트림으로 보내진다. 노드 C는 자신이 그의 주 UMH(노드 B) 및 그의 보조 UMH(노드 J)로부터 2개의 DFNP를 수신할 것이기 때문에 수리 노드가 아니다. 노드 C가 수리 노드가 아니기 때문에 이것은 K 및 D를 향하여 DFNP들 중 하나를 포워딩할 것이다(규칙 R3 준수). 노드 K는 멀티캐스트 트리에 대한 보조 UMH를 갖지 않으며, 그래서 이것은 노드 E를 향하여 DFNP를 다운스트림으로 보낼 것이다(규칙 R2 준수). 노드 D는 작동하는 보조 UMH(노드 I)를 가지며, 그래서 노드 D는 수리 노드이다(규칙 R1 적용). 노드 E는 규칙 R4를 적용한다. 그 결과, 노드들 D 및 E에 위치해 있거나 이들로부터 다운스트림 쪽에 있는 가입자들은 멀티캐스트 트래픽을 수신하기를 계속할 것이다.
- [0038] MRT에 기초한 실시예들에 대해, 수리 노드는 보조 트리에서 무 장애 보조 경로를 가지고 있을 뿐만 아니라 그의

다운스트림 노드들을 위해 주 트리로부터 보조 트리로 멀티캐스트 패킷들의 헤더들을 번역할 수 있는 능력을 갖춘 노드이다. MRT에 기초한 몇몇 실시예들에서, 멀티캐스트 패킷들은 그 패킷들이 그 상에서 트래버스하는 트리를 식별하기 위해 자신들의 헤더들에서 트리 ID를 나른다. 하나의 시나리오 (I)에서, 모든 노드들은 다른 노드들을 위해 어느 한 트리에서 또 다른 트리로 패킷 헤더들을 번역할 수 있다. 그러므로, 장애 검출 노드는 멀티캐스트 수신을 보조 트리에게 스위칭하고 또한 주 트리상의 그의 다운스트림 노드들을 위해 패킷들을 번역할 수 있다. 이 시나리오 (I)에서, 어떤 DFNP도 필요하지 않다. 또 다른 시나리오 (II)에서, 몇몇 네트워크 노드들(예를 들어, 내부 노드들)은 그의 가입자들(만약 있다면)만을 위해 어느 한 트리에서 다른 트리로 패킷 헤더들을 번역할 수 있지만, 다른 노드들에 대해서는 그렇지 않다. 그러므로, 내부 노드인 장애 검출 노드는 멀티캐스트 수신을 보조 트리에게 스위칭하고 또한 DFNP를 주 트리상의 그의 다운스트림 노드들에게 보낼 수 있어서, 이런 다운스트림 노드들이 멀티캐스트 수신을 보조 트리에게 또한 스위칭할 수 있도록 한다. MRT에 대한 본 명세서의 설명에서, 용어 "주/보조 트리" 및 "주/보조 경로"는 교환 가능하게 이용된다.

[0039]

예를 들어, 도 2a의 청색 트리(210)가 주 트리이고, 도 2b의 적색 트리(220)가 보조 트리이고, 장애가 노드 I를 노드 D에 연결하는 링크상에서 발생한다고 가정한다. 네트워크가 라이브-라이브 모드에서 동작할 때, 트리들 (210 및 220) 모두는 멀티캐스트 데이터 트래픽을 나르지만, 각각의 노드는 (적색 트리(220)상의) 보조 경로에 그의 입중계 인터페이스를 차단한다. 노드가 멀티캐스트 트래픽을 수신하기 위해 그의 보조 UMH에게 그의 입중계 인터페이스를 단순히 차단 해제할 수 있기 때문에, 장애가 검출될 때 어떤 UAP도 생성되지 않는다. 내부 노드들이 다른 노드들을 위해 어느 한 트리로부터 다른 트리로 번역할 수 있는 시나리오 (I)에서, 그의 주 UMH의 장애를 검출할 시에, 노드 D는 노드 C로부터 그의 보조 경로를 단순히 차단 해제하고 또한 그의 보조 UMH(노드 C)로부터 주 트리상으로 다운스트림으로 (예를 들어, 노드들 E, K, C, J, B 및 A를 위해) 트래픽을 복제하고 번역할 수 있다. 이 경우에, 노드 D는 DFNP를 생성하지 않을 것이다.

[0040]

내부 노드들이 다른 노드들을 위해 어느 한 트리로부터 다른 트리로 번역할 수 없는 시나리오 (II)에서, 노드 D는 장애를 검출할 시에 주 트리상에서 DFNP를 다운스트림으로 노드들 E, K, C, J, B 및 A에게 보낸다. DFNP는 보조 UMH에게 그의 입중계 인터페이스를 차단 해제하기 위해 각각의 이러한 노드들에 의해 이용된다. 예를 들어, 노드 K는 DFNP를 수신할 시에 보조 UMH(즉, 노드 C로부터의 입중계 인터페이스)를 즉시 차단 해제하고 또한 그의 가입자들을 위해 멀티캐스트 데이터 패킷들을 번역하기를 시작할 수 있다.

[0041]

도 4b는 수신된 DFNP를 처리하기 위한 방법 400의 실시예를 도해하는 흐름도이다. 네트워크 노드가 DFNP를 수신할 때(블록 410), 이것은 DFNP가 그의 주 UMH로부터 수신되는지를 결정한다(블록 420). DFNP가 보조 UMH로부터만 수신되면, 네트워크 노드는 DFNP를 폐기한다(블록 430). DFNP가 주 UMH로부터 수신되면, 네트워크 노드는 자신이 그의 보조 UMH로부터 DFNP를 또한 수신하는지를 결정한다(블록 440). 네트워크 노드가 2개의 UMH로부터 2개의 DFNP를 수신하면, 이것은 하나의 DFNP만을 추가적 다운스트림으로 포워딩한다(블록 450). 네트워크 노드가 그의 주 UMH로부터만 DFNP를 수신하면, 네트워크 노드는 자신이 MCI에게 무 장애 보조 경로를 갖는지를 결정한다(블록 460). 네트워크 노드가 그러한 무 장애 보조 경로를 갖지 않는다면, 이것은 DFNP를 추가적 다운스트림으로 포워딩한다(블록 470). 네트워크 노드는, 보조 UMH에게 그의 연결의 지역적 검출에 기초하여, 또는 노드가 블록 440에서 결정된 대로의 비 지역적 장애를 표시하는 보조 UMH로부터의 DFNP를 수신하는지에 기초하여 MCI에게 무 장애 보조 경로를 갖는지를 결정할 수 있다.

[0042]

네트워크 노드가 무 장애 보조 경로를 갖는다면(블록 460), 이것은 멀티캐스트 수신을 보조 UMH에게 스위칭하고(블록 480) 또한 더 이상 DFNP를 포워딩하지 않는다(블록 490). 네트워크 노드는 보조 UMH에게 그의 입중계 인터페이스를 차단 해제함으로써 멀티캐스트 수신을 스위칭할 수 있다. MRT에 기초한 네트워크의 실시예에 대해, 네트워크 노드가 주 트리상의 그의 다운스트림 노드들을 위해 어느 한 트리에서 또 다른 트리로 멀티캐스트 패킷들을 번역할 수 있는지가 블록 480에 후속적으로 또한 결정된다(블록 485). 네트워크 노드가 다른 노드들을 위해 멀티캐스트 패킷들을 번역할 수 없다면, 네트워크 노드는 DFNP를 추가적 다운스트림으로 포워딩한다(블록 470). 네트워크 노드가 다른 노드들을 위해 멀티캐스트 패킷들을 번역할 수 있다면, 이것은 패킷들을 번역하기를 시작할 수 있고, 더 이상 DFNP를 포워딩하지 않는다(블록 490).

[0043]

DFNP를 포워딩할 지에 대한 결정은 다음과 같이 요약될 수 있다. 노드는, 자신이 그의 보조 경로로부터만 DFNP를 수신하거나, 또는 자신이 그의 주 경로로부터 DFNP를 수신하고 또한 그의 보조 경로가 잠재적으로 작동 중에 있다면(예를 들어, 보조 UMH의 "다운 상태(down status)"가 지역적 검출에 의해 또는 보조 UMH로부터 수신된 DFNP에 의해 아직 확인되지 않음), DFNP를 추가적 다운스트림으로 포워딩하지 않는다. 노드는, 그 노드가 그의 주 경로로부터 DFNP를 수신하고 또한 어떤 보조 경로도 그 노드에 대해 존재하지 않으면, 또는 그 노드가 그의 주 경로 및 보조 경로 중 어느 하나로부터 DFNP를 수신하고 또한 사전에 또 다른 DFNP가 그의 주 경로 및 보조

경로 중 다른 것으로부터 수신되었다면 DFNP를 추가적 다운스트림으로 포워딩한다.

- [0044] 네트워크가 라이브-대기 모드를 동작시키는 몇몇 실시예들에서, 네트워크 노드는 보조 경로를 따라 UAP를 보낼 수 있어서(블록 480), 보조 경로에게의 멀티캐스트 데이터 흐름을 차단하는 업스트림 노드가 보조 경로를 활성화하기 위해 그의 대응하는 출중계 인터페이스를 차단 해제할 수 있도록 한다. UAP에 대한 더 상세한 사항들은 라이브-대기 모드 동작들과 관련하여 하기에 기술될 것이다.
- [0045] DFNP는 장애로부터 다운스트림에 있는 노드가 장애에 의해 영향을 받는 멀티캐스트 트리를 명확하게 식별하는 것을 허용한다. 일 실시예에서, DFNP는 멀티캐스트 그룹 또는 멀티캐스트 트리를 식별하는 (예를 들어, IP 소스/착신지 주소 필드들에서의) 멀티캐스트 소스 주소 및 멀티캐스트 그룹 주소를 포함한다.
- [0046] DFNP는 수신 노드들에 의해 인식되기에 쉽다. 일 실시예에서, (예를 들어, IP 헤더에서의) 특별 IP 프로토콜 값 또는 특별 할당된 UDP(User Datagram Protocol) 포트 번호 중 어느 하나가 멀티캐스트 스트림에서 정규 데이터 패킷들로부터 DFNP들을 구별하는 데에 사용될 수 있다. 특별 UDP 포트 번호가 이용되면, IP 프로토콜 필드는 PIM에 대응하는 "103"과 같은, 쉽게 인식할 수 있는 값으로 설정될 수 있다. 문제 해결 목적을 위한 몇몇 실시예들에서, 페이로드는 DFNP를 발신하는 노드의 ID를 포함할 수 있고, 또한 연결이 손실된 노드의 ID 및/또는 연결이 손실된 링크 ID를 포함할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, DFNP는 그의 발신 시간을 표시하는 타임스탬프를 또한 포함할 수 있다.
- [0047] 도 5a는 본 발명의 실시예를 구현하는데 사용될 수 있는 네트워크 노드(500)의 예를 도해한다. 네트워크 노드(500)는 도 2a-b 및 도 3a-c에서 앞서 설명된 네트워크 노드들 A-K 중 임의의 것일 수 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 네트워크 노드(500)는 데이터 평면을 포함하고, 이것은 추가로 스위칭 패브릭(530), 소정 수의 라인 카드들(550) 및 다중 I/O 포트(580)를 포함한다. 각각의 라인 카드(550)는 I/O 포트들(580)를 통해 수신되는 데이터에 대한 기능들을 수행하기 위한 라인 카드 프로세서(551)를 포함한다. 도 5b에 도시된 바와 같이, 라인 카드 프로세서(551)의 실시예는 DFNP들을 생성하고 처리하기 위해 구성되는 다운스트림 통지 모듈(511)을 포함한다. 데이터 평면은 네트워크 노드(500)가 그 멤버가 되는 각각의 멀티캐스트 그룹을 위한 하나 이상의 포워딩 테이블들(553)을 또한 포함한다. 포워딩 테이블들은 네트워크 노드의 업스트림 이웃들(예를 들어, UMH들), 다운스트림 이웃들 및 이러한 이웃들에게의 인터페이스들을 추적하기 위한 포워딩 정보를 저장한다. 스위칭 패브릭(230)은 라인 카드들(550) 간에서 데이터를 스위칭한다.
- [0048] 네트워크 노드(500)는 또한 제어 평면을 포함한다. 제어 평면은 네트워크 트래픽의 라우팅 및 관리를 취급하기 위해 구성되는 제어 로직을 포함하는 하나 이상의 노드 프로세서들(510)을 추가로 포함한다. 제어 평면은 또한 메모리(520)를 포함하는데, 이것은 다른 무엇보다도 네트워크의 라우팅 정보를 유지하기 위한 하나 이상의 라우팅 테이블들(521)을 저장한다. 네트워크 노드(500)가 앞에서 기술된 것과 비교해 추가적 구성 요소들 및 정보를 포함할 수 있다는 것을 이해할 것이다.
- [0049] 도 6은 장애의 경우에 멀티캐스트 고속 리라우팅을 제공하기 위한 방법 600의 실시예를 도해한다. 일 실시예에서, 방법 600은 도 5a의 네트워크 노드(500)와 같은, 멀티캐스트 통신 네트워크에서의 네트워크 노드에 의해 실행될 수 있다.
- [0050] 방법 600은 네트워크 노드가 업스트림 이웃에게의 연결 손실을 검출할 때 시작한다(블록 610). 일 실시예에서, 업스트림 이웃은 멀티캐스트 그룹을 위한 네트워크 노드의 주 UMH이다. 장애 검출 노드는, 멀티캐스트 데이터 트래픽이 멀티캐스트 그룹의 수신 노드들에 의해 수신되는 것을 허용하도록 자신이 멀티캐스트 데이터 트래픽을 리라우팅할 수 없다고 결정하면, 통지 패킷을 생성한다(블록 620). MRT에 기초한 실시예에서(상기 기술된 시나리오 (I)), 리라우팅은 장애 검출 노드에 의해 멀티캐스트 수신을 적색 트리에게 스위칭하고 및 청색 트리에서의 모든 그의 다운스트림 노드들을 위해 멀티캐스트 패킷들을 번역하는 것을 수반할 수 있다. MRT에 기초한 실시예에서(상기 기술된 시나리오 (II)), 리라우팅은 장애 검출 노드에 의해 및 청색 트리에서의 그의 다운스트림 노드들의 몇몇 또는 전부에 의해 멀티캐스트 수신을 적색 트리에게 스위칭하는 것을 수반할 수 있다. MoFRR에 기초한 실시예에서, 리라우팅은 MCI에게의 작동하는 보조 경로를 갖고 장애로부터 다운스트림에 있는 통합 노드에 의해 멀티캐스트 수신을 보조 UMH에게 스위칭하는 것을 수반할 수 있다. 그러므로, 블록 620에서의 결정에 응답하여, 노드는 통지 패킷(예를 들어, DFNP)을 생성하여 멀티캐스트 그룹의 수신 노드들을 향하여 다운스트림으로 보낸다(블록 630). 통지 패킷은 하나 이상의 다운스트림 노드들이 멀티캐스트 수신을 멀티캐스트 통신 네트워크에서의 중복 보조 경로들 중 하나 이상에게 스위칭하도록 야기하여 그에 의해 멀티캐스트 데이터 트래픽을 리라우팅한다.

- [0051] 일 실시예에서, 멀티캐스트 수신은, 예를 들어 보조 UMH에게의 노드의 입중계 인터페이스를 차단 해제함으로써, 수신 측에서의 노드에 의해 주 경로로부터 보조 경로로 스위칭될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 멀티캐스트 수신은, 예를 들어 보조 경로상의 다운스트림 이웃들에게의 노드의 출중계 인터페이스를 차단 해제함으로써, 전송 측에서의 노드에 의해 주 경로로부터 보조 경로로 스위칭될 수 있다. 라이브-라이브 모드에서 동작하는 (전송 측에서의) 분기 노드는 그의 주 및 보조 다운스트림 이웃들에게의 출중계 인터페이스들을 차단 해제하였고, 똑같은 멀티캐스트 데이터 트래픽이 보조 경로상에서 흐르도록 야기한다. (수신 측에서의) 대응 통합 노드는, 어떤 장애도 없는 한, 똑같은 트래픽의 수신을 방지하기 위해 보조 UMH에게의 차단된 입중계 인터페이스를 갖는다. 대조적으로, 본 발명의 실시예들에 따라, 라이브-대기 모드에서 동작하는 분기 노드가 보조 경로에게의 출중계 인터페이스를 차단한 동안, 대응 통합 노드는 보조 경로에게의 입중계 인터페이스를 차단 해제하였다. 그 결과, 멀티캐스트 중복은 회피되고 멀티캐스트 대역폭 소비는 최적화된다.
- [0052] 도 7a 및 도 7b는 어떻게 소정 수의 네트워크 노드들이 본 발명의 실시예들에 따라 라이브-대기 모드에서 자신들의 인터페이스들을 차단할 수 있는지를 예시한다. 도 7a는 도 2a(청색 트리) 및 도 2b(적색 트리)의 노드들 B, C 및 D의 데이터 평면에 저장되는 도 5a의 포워딩 테이블들(553)의 실시예를 도해하고, 도 7b는 도 3c의 동일 노드들의 포워딩 테이블들(553)의 실시예를 도해한다. 각각의 멀티캐스트 그룹에 대해, 각각의 네트워크 노드에서의 포워딩 테이블들(553)은 노드의 업스트림 이웃(들)(즉, UMH(들))을 식별하기 위한 입중계 인터페이스들(입중계 IF들)(710)의 리스트, 및 해당 멀티캐스트 그룹에서의 노드의 다운스트림 이웃(들)을 식별하기 위한 출중계 인터페이스들(출중계 IF들)(720)의 리스트를 저장한다. 인터페이스들의 일부는 차단될 수 있다(한 쌍의 괄호들에 의해 표시됨). 일부 실시예들에서, 차단된 인터페이스와 연관된 플래그는 그 차단된 상태를 표시하도록 설정될 수 있다. 도 7a에 도시된 바와 같은 MRT에 기초한 실시예에서, 청색 트리가 주 트리이고 적색 트리가 보조 트리라고 가정한다. 무 장애 시나리오에서, 모든 청색 트리 인터페이스들은 차단 해제된다. 2개의 옵션(적색 트리 (A) 및 적색 트리 (B))이 라이브-대기 모드에서 동작하는 네트워크에 대해 도시된다. 무 장애 시나리오에서의 적색 트리 (A) 옵션에 대해, MCI만이 적색 트리에게의 그의 출중계 인터페이스들을 차단하므로 적색 트리에서의 모든 인터페이스들이 차단 해제된다. 무 장애 시나리오에서의 적색 트리 (B) 옵션에 대해, 모든 노드들은 적색 트리에서의 자신들의 출중계 인터페이스들이 차단되게 한다. 다른 실시예들(도시 생략)에서, 노드들은 적색 트리에서의 그의 입중계 및 출중계 인터페이스들 둘 모두를 차단할 수 있다. MoFRR에 기초하고 또한 도 7b에 도시된 바와 같은 라이브-대기 모드에서 동작하는 네트워크의 실시예에서, 보조 DMH에게의 분기 노드의 출중계 인터페이스는 똑같은 멀티캐스트 데이터 패킷들이 보조 경로상에서 보내지는 것을 방지하기 위해 차단될 수 있다. 예를 들어, 노드 K에게의 노드 C의 출중계 인터페이스는 차단된다.
- [0053] 장애가 라이브-라이브 모드에서 동작하는 네트워크의 업스트림 로케이션에서 검출될 때, 다운스트림 노드는 보조 경로에게의 그의 입중계 인터페이스를 차단 해제함으로써 멀티캐스트 데이터를 수신하는 것을 시작할 수 있다. 그러나, 장애가 라이브-대기 모드에서 동작하는 네트워크에서 검출될 때, 다운스트림 노드는 그 업스트림 노드가 보조 경로에게의 출중계 인터페이스를 차단 해제하지 않는다면 보조 경로로부터 멀티캐스트 데이터를 수신할 수 없다. 앞서 설명된 DFNP는 MCI에게의 작동하는 보조 경로를 갖는 다운스트림 노드에게 장애 정보를 넘겨 준다. 다운스트림 노드가 멀티캐스트를 수신하는 것을 시작하기 위해서는, 멀티캐스트 데이터가 보조 경로상에서 흐르도록 허용하기 위해 보조 경로의 전송 측에 자리잡은 업스트림 노드가 그의 출중계 인터페이스를 차단 해제할 필요가 있다.
- [0054] 본 발명의 실시예들은 명시적으로 보조 경로상의 트래픽을 활성화하기 위해 장애 검출 시에 보조 경로상에서 보내지는 UAP를 제공한다. 어떤 장애도 없을 때 멀티캐스트 데이터 트래픽은 이러한 보조 경로들상에서 흐르고 있지 않으므로, UAP들을 보내는 것은 이러한 차단된 출중계 인터페이스들을 활성화한다. 그러므로, 네트워크는 보조 경로들을 대기 모드에 유지할 수 있고(즉, 로딩되지 않고), 그에 의해 (예를 들어, 50% 정도만큼의) 상당한 정도로 대역폭 소비를 감소시킨다.
- [0055] 라이브-대기 모드에서 동작하는 본 발명의 실시예들에 따라, 주 경로 업스트림상에서 어딘가에서 발생한 네트워크 장애(예를 들어, 노드 또는 링크 장애)의 표시에 응답하여 MCI를 향하여 보조 경로를 통해 UAP가 생성되고 업스트림으로 보내진다. UAP는 MCI에게의 장애를 일으킨 주 경로 및 MCI에게의 작동하는 보조 경로를 갖는 노드에 의해 생성될 수 있다. 보다 상세하게는, UAP 발신 노드는 임의의 장애 검출 기술에 의해 업스트림 장애를 검출하거나 이를 통지 받는 노드이고, 또한 MCI를 향하는 작동하는 보조 경로를 갖는 노드이기도 하다. UAP 발신 노드는 그의 주 경로로부터 DFNP를 수신함으로써 업스트림 장애를 통지 받을 수 있다. 대안적으로, UAP 발신 노드는 주 UMH에게의 그의 입중계 인터페이스에서의 연결 손실을 검출할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, UAP 발신 노드는 DFNP들과 관계없는 임의의 수단을 이용하여 업스트림 장애를 검출할 수 있다. 예를 들어, 하트 비

트 신호(heartbeat signal)들은 MCI로부터 멀티캐스트 수신 노드들까지 일정한 레이트(steady rate)로 보내질 수 있다. 이러한 신호들은 멀티캐스트 데이터 스트림과 동일한 멀티캐스트 트리를 따라 포워딩될 수 있다. 그러한 하트 비트의 부재는 장애 존재를 표시한다. 몇몇 다른 실시예들에서, UAP 발신 노드는 주 경로상에서 멀티캐스트 데이터 트래픽을 모니터링함으로써 업스트림 장애를 검출할 수 있다. 모든 상기 시나리오들에서, UAP 발신 노드는 UAP가 보내질 수 있는 작동하는 보조 UMH를 가질 필요가 있다. 즉, UAP 발신 노드의 보조 경로상에서 어떠한 업스트림 장애 표시도 없을 수 있는데; 예를 들어, 어떠한 DFNP도 보조 UMH로부터 수신되지 않거나 또는 보조 UMH에게의 어떤 연결 손실도 없다.

[0056]

UAP는 자신이 그 상에서 수신되는 임의의 차단된 출중계 인터페이스들을 활성화한다. 어느 출중계 인터페이스들이 차단되거나 차단 해제될지는 어떻게 보조 경로들이 구축되었는지에 의존한다. 라이브-대기 모드에서 보조 경로들은 전용 대기(백업) 상태로 구축된다. 전용 대기 상태로 보조 경로를 구축하기 위해, 일 실시예에서, 합류 노드에 의해 보내지는 JOIN 요청(예를 들어, PIM JOIN 메시지)은 대기 상태를 표시하기 위해 플래그로 마킹될 수 있다(MRT에 기초한 실시예들에 대해, 플래그는 트리들 중 어느 것이 합류되고 있는지를 표시하는 트리 ID 일 수 있다). 이 요청이 멀티캐스트 트리에서 업스트림 노드에 도달할 때, 업스트림 노드는 데이터 평면에서 보조 경로에게의 출중계 인터페이스를 설치한다. 멀티캐스트 트리에서의 업스트림 노드의 로케이션에 의존하여, 출중계 인터페이스는 자신이 차단되는 것을 표시하는 플래그와 함께 설치될 수 있다. 활성화 패킷(예를 들어, UAP)이 인터페이스를 활성화하지 않는다면 패킷들은 차단된 출중계 인터페이스에게 포워딩되지 않는다.

[0057]

MoFRR에 기초한 본 발명의 실시예들에 대해, 분기 노드들만이 보조 경로들에 대한 자신들의 출중계 인터페이스들이 차단되도록 유지할 필요가 있다. 2차적 합류 요청은 통합 노드로부터 위 쪽으로 주 경로들상에 있지 않은 몇 개의 홉들을 통과하여 나아간다. 그러나, 분기 노드의 출중계 인터페이스가 차단되기 때문에 단지 보조인 노드들(secondary-only nodes)은 분기 노드로부터 패킷들을 수신하지 않는다. 그러므로, 이러한 단지 보조인 노드들은 자신들의 인터페이스들을 차단할 필요가 없다. 분기 노드는 UAP를 수신할 시에 보조 경로에게의 그의 출중계 인터페이스를 차단 해제하고 UAP를 폐기할 수 있는데, 즉 이것을 추가적 업스트림으로 포워딩할 필요가 없다. MRT에 기초한 실시예들에 대해, 이 분기 노드는 MCI이다. MoFRR에 기초한 실시예들에 대해, 이 분기 노드는 반드시 MCI인 것은 아니다. 예를 들어, (도 3c에서의) 노드 C가 노드 B에게의 그의 입중계 인터페이스에서의 연결 손실을 검출하지만 노드 J에게의 그의 입중계 인터페이스에서의 어떤 장애를 검출하지 못하면, 노드 C는 보조 경로를 따라 UAP를 MCI에게 보낼 수 있다. 노드 A(노드 C로부터 업스트림에 있는 제 1분기 노드)는 이 UAP를 인터셉트하고, 노드 J에게의 그의 출중계 인터페이스를 차단 해제하고, UAP를 폐기한다.

[0058]

MRT에 기초한 실시예들에 대해, MRT 멀티캐스트 트리들이 구축되었을 때 어느 출중계 인터페이스들이 차단되었는지에 의존하여, UAP를 취급하기 위한 두 가지 대안 옵션 (A) 및 (B)가 있다. MCI만이 (도 7a의 적색 트리 옵션 (A)에 도시된 바와 같이) 보조 출중계 인터페이스들이 차단되게 유지하는 제1 옵션 (A)에서, UAP는 MCI만에 의해 처리된다. MCI는 UAP에 대한 응답으로, 다음 중 하나를 실행한다: (A1) 보조 트리상의 모든 출중계 인터페이스들을 차단 해제하는 것, 또는 (A2) UAP가 그를 통해 수신된 해당 출중계 인터페이스만을 차단 해제하는 것. 첫 번째 경우 (A1)에서, 전체 보조 트리가 동시에 활성화된다. 두 번째 경우 (A2)에서, 멀티캐스트를 리라우팅하기 위해 필요한 분기만이 활성화된다. 멀티캐스트 그룹에서의 모든 노드들이 (도 7a의 적색 트리 옵션 (B)에 도시된 바와 같이) 보조 트리를 위한 자신들의 출중계 인터페이스들을 차단하는 제2 옵션 (B)에서, 각각의 노드는 MCI를 향하여 UAP를 포워딩하는 동안 UAP가 그 상에서 수신된 출중계 인터페이스를 차단 해제한다. 옵션 (B)는 활성화된 경로만이 멀티캐스트를 리라우팅하기 위해 필요한 보조 트리상의 경로라는 효과를 갖는다. 대조적으로, 옵션 (A1)은 전체 보조 트리를 활성화하고 옵션 (A2)는 전체 하위 트리를 활성화한다. 예를 들어, (도 2b에서의) 노드 C가 노드 J에게의 그의 입중계 인터페이스에서 연결 손실을 검출하면, 노드 C는 보조 경로(즉, 적색 트리(220))를 따라 MCI에게 UAP를 보낼 수 있다. UAP는 MCI(옵션 (A)), 또는 MCI, 노드 A 및 노드 B 모두(옵션 (B))가 자신들의 출중계 인터페이스들을 차단 해제하도록 야기한다.

[0059]

또한, 내부 노드가 다른 노드들을 위해 어느 한 트리에서 또 다른 트리로 멀티캐스트 패킷 헤더를 번역할 수 있는지에 의존하여, 내부 장애 검출 노드는 DFNP 또는 UAP를 생성하거나 그렇지 않을 수 있다. 하기에서, 청색 트리(210)가 주 트리이고, 적색 트리(220)가 보조 트리이고, 장애는 노드 I를 노드 D에게 연결하는 링크상에서 발생한다는 가정 하에, 라이브-대기 모드에서 동작하는 MRT 기반 네트워크에 대한 2개의 시나리오가 기술된다.

[0060]

내부 노드들이 다른 노드들을 위해 어느 한 트리에서 또 다른 트리로 번역할 수 있는 시나리오 (1)에서, 노드 D가 장애를 검출할 때, 이것은 자신이 스위칭할 수 있는 작동하는 보조 경로를 갖는다. 그러나, 보조 경로는 현재 활성화가 아니다. 그러므로, D는 DFNP를 보낼 필요는 없지만, MCI에 도달하기 위해 노드들 C, B 및 A를 통해

보조 경로상에서 UAP를 보낼 필요가 있을 것이다. 이 UAP는 옵션 (A)(MCI만이 적색 트리에게의 그의 출중계 인터페이스를 차단함) 및 옵션 (B)(MCI 및 노드들 C, B 및 A가 적색 트리에게의 자신들의 제각기 출중계 인터페이스들을 차단함)의 모두에 대해 보조 경로를 활성화할 것이다.

[0061] 내부 노드들이 다른 노드들을 위해 어느 한 트리에서 또 다른 트리로 번역할 수 없는 시나리오 (2)에서, 노드 D는 장애를 검출할 시에 MCI에게 노드 C를 통해 UAP를 보냄으로써 그의 보조 경로를 활성화할 것이다. 노드 D는 청색 트리를 따라 DFNP를 다운스트림으로 노드들 E, K, C, J, B 및 A에게 또한 보낼 것이다. 각각의 노드는 DFNP를 수신할 시에 보조 경로를 따라 UAP를 업스트림으로 보냄으로써 그의 보조 경로를 활성화한다. 예를 들어, 노드 K는 노드 D로부터 DFNP를 수신한 후에 MCI에게 노드 C를 통해 UAP를 보내어 그의 보조 경로가 트래픽을 수신하도록 한다. 이 때까지, 노드 C는 노드 D로부터의 UAP에 의해 적색 트리상의 그의 인터페이스들을 이미 활성화하였을 것이고, 그래서 노드 C는 노드 K로부터 MCI를 향하여 UAP를 포워딩할 필요가 없을 것이다.

[0062] 일 실시예에서, UAP의 소스 IP 주소는 UAP를 발신하는 노드를 식별하고, 착신지 IP 착신지 주소는 MCI를 식별한다. UAP는 MCI를 향하여 업스트림 방향으로 보조 경로상에서 보내진다. UAP는, 이것이 (IP 헤더에서의) 특별 IP 프로토콜 값 또는 특별 할당된 UDP 포트 번호를 포함하기 때문에 수신 노드들에 의해 쉽게 인식 가능할 수 있다. 특별 UDP 포트 번호가 이용되면, IP 프로토콜 필드는 PIM에 대응하는 값인 103으로 설정될 수 있다. UAP의 페이로드는 식별용의 멀티캐스트 그룹의 멀티캐스트 소스 주소 및 그룹 주소를 포함한다. 몇몇 실시예들에서, 문제 해결 목적을 위해 UAP의 페이로드는 연결이 손실된 노드의 ID 및/또는 연결이 그 상에서 손실된 링크 ID를 포함할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 타임스탬프는 또한 UAP에게 추가될 수 있다.

[0063] 도 8은 장애의 경우에 대기 경로를 활성화하기 위한 방법 800의 실시예를 도해한다. 일 실시예에서, 방법 800은 도 5a의 네트워크 노드(500)와 같은, 멀티캐스트 통신 네트워크에서의 네트워크 노드에 의해 실행될 수 있다.

[0064] 방법 800은 네트워크 노드가 멀티캐스트 트리의 주 경로에게의 연결 손실의 표시를 수신할 때 시작한다(블록 810). 멀티캐스트 트리는 대역폭 사용을 감축하기 위해 라이브-대기 모드에서 동작하고 있는데, 여기서 멀티캐스트 데이터 트래픽은 네트워크에서 어떤 장애도 없을 때 보조 경로들상에서 흐르지 않는다. 네트워크 노드가 자신이 소스 노드에게의 무 장애 보조 경로를 갖는다고 결정하면(블록 820), 이것은 무 장애 보조 경로를 통해 공통 소스 노드를 향하여 활성화 패킷(예를 들어, UAP)을 업스트림으로 보낸다. UAP는 무 장애 보조 경로상의 멀티캐스트 데이터 트래픽 전송의 흐름을 활성화하여, 하나 이상의 업스트림 노드들이 제각기 하나 이상의 출중계 인터페이스들을 차단 해제하도록 야기하고 그에 의해 무 장애 보조 경로상의 멀티캐스트 데이터 트래픽의 전송을 활성화한다(블록 830).

[0065] 도 6 및 도 8의 다이어그램들의 동작들은 도 5a의 예시적 실시예를 참조하여 기술되었다. 그러나, 도 6 및 도 8의 다이어그램들의 동작들은 도 5a를 참조하여 논의된 것 이외의 본 발명의 실시예에 의하여 실행될 수 있으며, 도 5a를 참조하여 논의된 실시예는 도 6 및 도 8의 다이어그램들을 참조하여 논의된 것과 상이한 동작들을 수행할 수 있음을 이해해야 한다. 도 6 및 도 8의 다이어그램들이 본 발명의 특정 실시예들에 의해 실행되는 동작들의 특정 순서를 보여주고 있지만, 그러한 순서는 예시적이라는 것을 이해해야 한다(예를 들어, 대안 실시예들은 그 동작들을 상이한 순서로 실행하고, 특정 동작들을 조합하고, 특정 동작들을 겹치게 하고, 등등을 행할 수 있다).

[0066] 본 발명의 상이한 실시예들은 소프트웨어, 펌웨어 및/또는 하드웨어의 상이한 조합들을 이용하여 구현될 수 있다. 그러므로, 도면들에 도시된 기술들은 하나 이상의 전자 장치들(예를 들어, 말단 스테이션, 네트워크 요소)상에서 저장되고 실행되는 코드 및 데이터를 이용하여 구현될 수 있다. 그러한 전자 장치들은 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체(예컨대, 자기 디스크, 광학 디스크, RAM, ROM, 플래시 메모리 장치, 상 변화 메모리) 및 일시적 컴퓨터 판독가능 전송 매체(예컨대, 전기적, 광학적, 음향 또는 기타 형태의 전파 신호들 - 이를테면, 반송 파, 적외선 신호, 디지털 신호 등)와 같은 컴퓨터 판독가능 매체를 이용하여 코드 및 데이터를 (내부적으로 및/또는 네트워크를 통해 다른 전자 장치들과) 저장하고 통신한다. 또한, 이러한 전자 장치들은 통상적으로, 하나 이상의 저장 디바이스들(비일시적 기계 판독가능 저장 매체), 사용자 입/출력 디바이스들(예를 들어, 키보드, 터치스크린, 및/또는 디스플레이), 및 네트워크 접속들과 같은 하나 이상의 다른 컴포넌트들에 결합된 하나 이상의 프로세서들의 세트를 포함한다. 프로세서들의 세트 및 다른 컴포넌트들의 결합은 통상적으로 하나 이상의 버스 및 브리지(버스 컨트롤러라고도 칭함)를 통해 이루어진다. 그러므로, 주어진 전자 장치의 저장 장치는 통상적으로 해당 전자 장치의 하나 이상의 프로세서들의 세트에 의한 실행을 위해 코드 및/또는 데이터를 저장한다.

[0067]

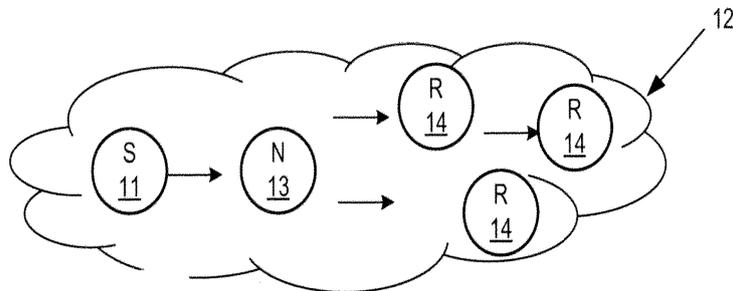
본 명세서에 사용되는 바로는, 네트워크 요소(예를 들면, 라우터, 스위치, 브리지, 컨트롤러 등)는, 네트워크 상의 다른 장비(예를 들면, 다른 네트워크 요소들, 말단 스테이션들)를 통신 가능하게 상호 연결하는, 하드웨어 및 소프트웨어를 포함하는, 네트워킹 장비의 일부이다. 몇몇 네트워크 요소들은 다중 네트워킹 기능(예를 들어, 라우팅, 브리징, 스위칭, 계층 2 주합, 세션 경계 제어, QoS, 및/또는 가입자 관리)에 대한 지원을 제공하고 및/또는 다중 애플리케이션 서비스(예를 들어, 데이터, 음성, 및 비디오)에 대한 지원을 제공하는 "다중 서비스 네트워크 요소"이다. 가입자 말단 스테이션들(예를 들어, 서버, 워크스테이션, 랩톱, 넷북, 팜톱, 모바일 폰, 스마트폰, 멀티미디어 폰, VOIP 폰, 사용자 장비, 단말, 휴대용 미디어 플레이어, GPS 유닛, 게임 시스템, 셋톱박스)은 인터넷을 통해 제공되는 콘텐츠/서비스들 및/또는 인터넷상에 오버레이된(예를 들어, 인터넷을 통해 터널링된) VPN들(virtual private networks) 상에 제공되는 콘텐츠/서비스들에 액세스한다. 콘텐츠 및/또는 서비스들은 통상적으로, 서비스 또는 콘텐츠 제공자에 속하는 하나 이상의 말단 스테이션들(예를 들어, 서버 말단 스테이션들) 또는 피어 투 피어 서비스에 참여하는 말단 스테이션들에 의해 제공되고, 예를 들어, 공공 웹 페이지들(예를 들어, 무료 콘텐츠, 저장 프론트, 검색 서비스들), 사설 웹 페이지들(예를 들어, 이메일 서비스들을 제공하는 사용자 성명/패스워드 액세스 웹 페이지들), 및/또는 VPN들을 통한 사내 네트워크들을 포함할 수 있다. 통상적으로, 가입자 말단 스테이션들은 에지 네트워크 요소들에게 (예를 들어, (유선 또는 무선으로) 액세스 네트워크에게 결합되는 고객 구내 장비를 통해) 결합되는데, 이 에지 네트워크 요소들은 다른 말단 스테이션들(예를 들어, 서버 말단 스테이션들)에게 결합되는 다른 에지 네트워크 요소들에게 (예를 들어, 하나 이상의 코어 네트워크 요소들을 통해) 결합된다.

[0068]

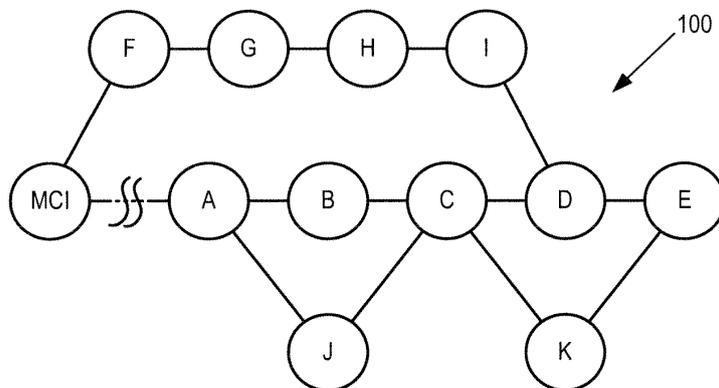
본 발명이 몇몇 실시예에 관하여 기술되었지만, 당업자는 본 발명이 기술된 실시예에 한정되지 않고, 첨부된 특허 청구 범위의 범주 및 사상 내에서 수정 및 변경이 실시될 수 있음을 인식할 것이다. 그러므로, 본 설명은 제한적인 것이 아니라 예시적인 것으로 간주되어야 한다.

**도면**

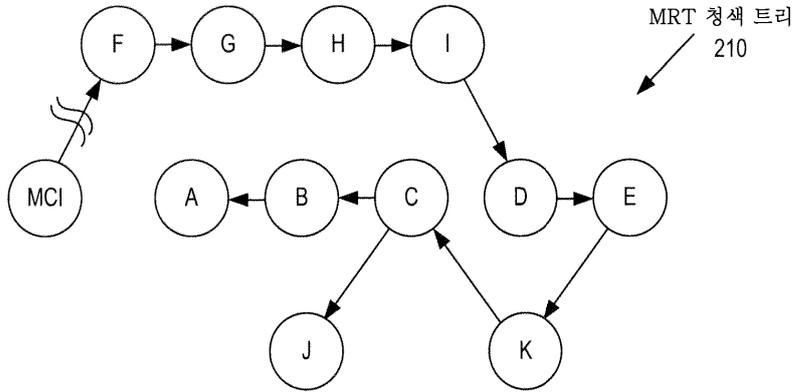
**도면1a**



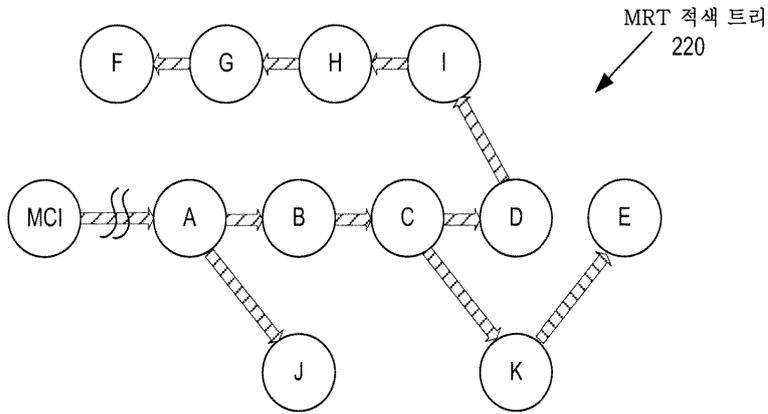
**도면1b**



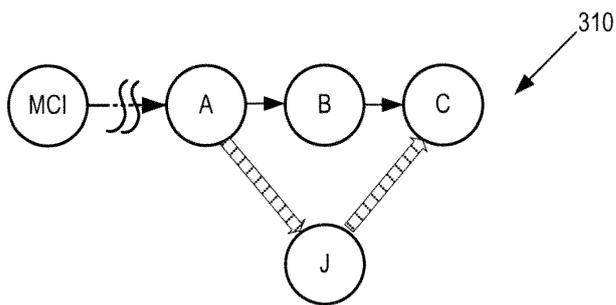
도면2a



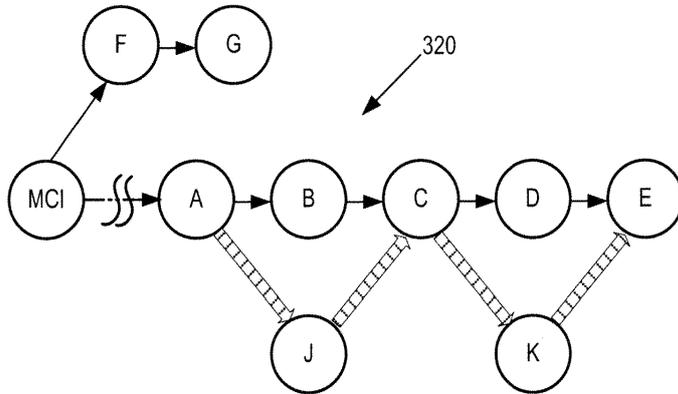
도면2b



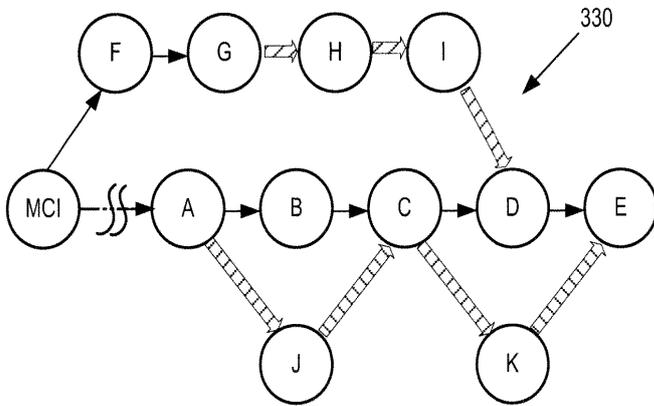
도면3a



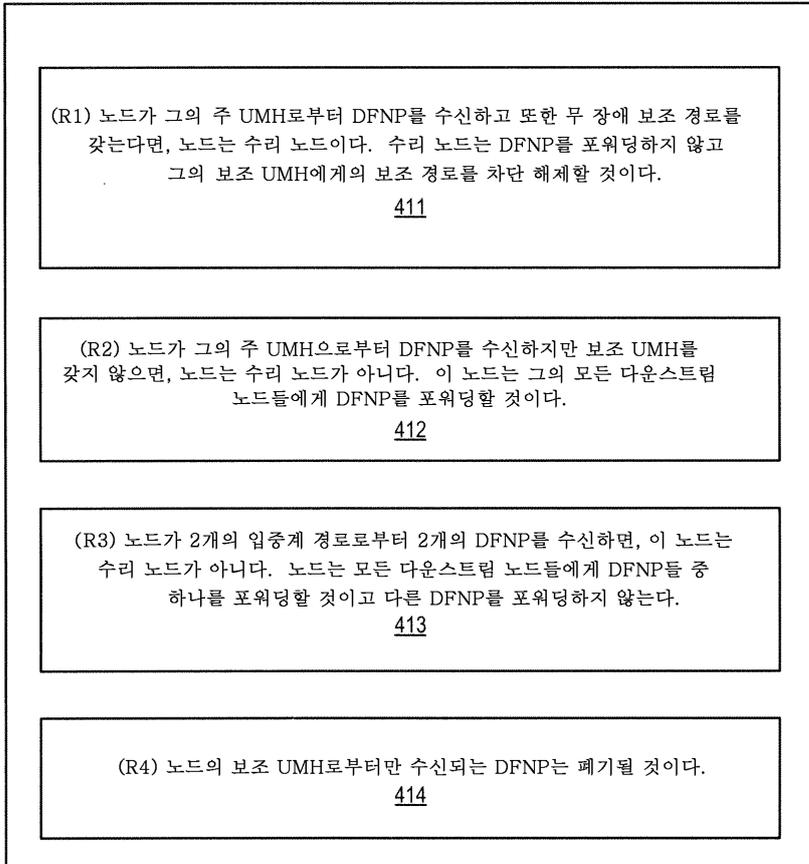
도면3b



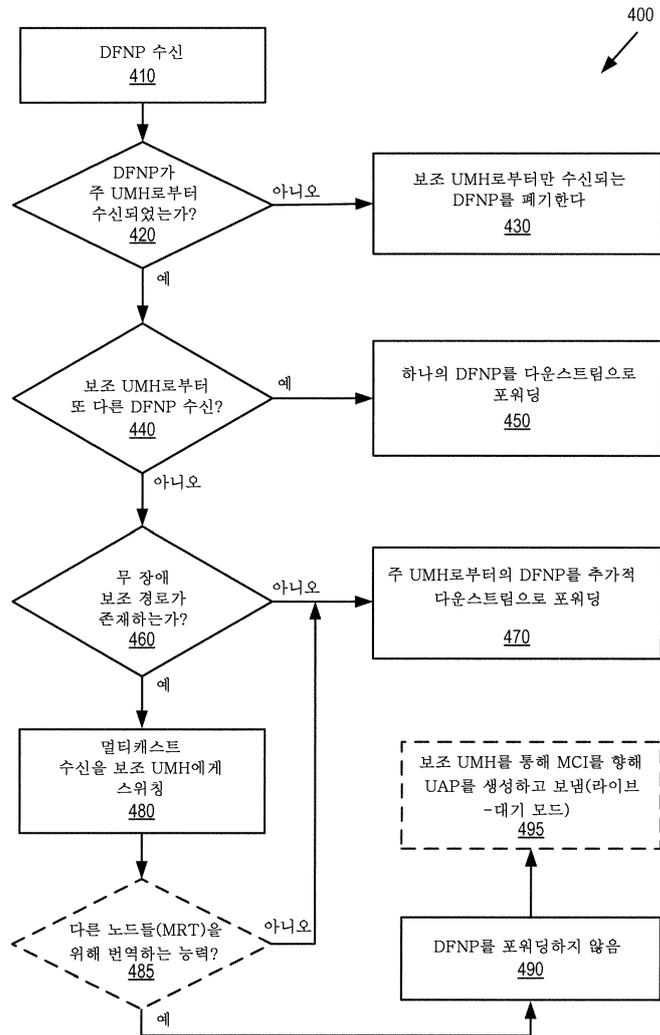
도면3c



도면4a

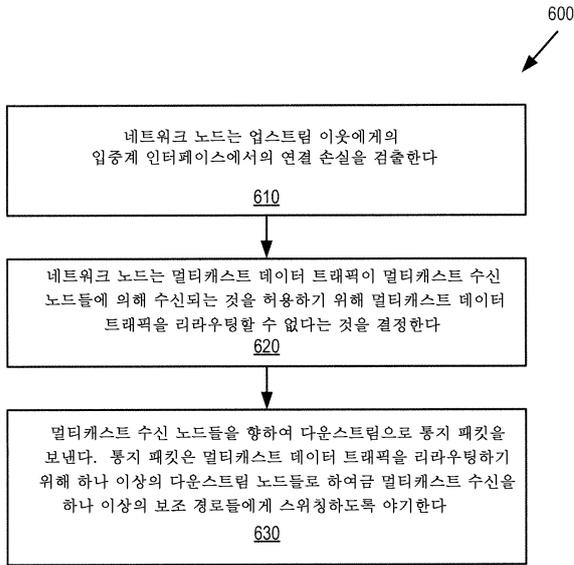


도면4b

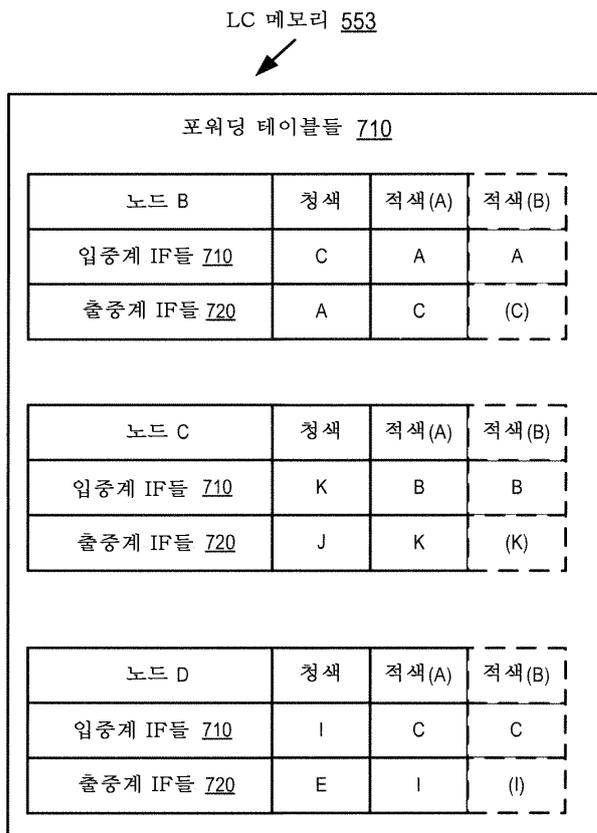




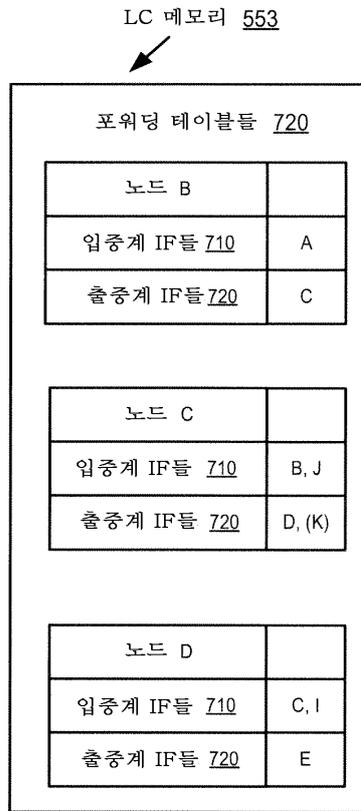
도면6



도면7a



도면7b



도면8

