



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년10월08일
(11) 등록번호 10-0920284
(24) 등록일자 2009년09월28일

(51) Int. Cl.
H04L 12/56 (2006.01) H04L 12/28 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-7014868
(22) 출원일자 2004년12월01일
심사청구일자 2006년07월22일
(85) 번역문제출일자 2006년07월22일
(65) 공개번호 10-2007-0007271
(43) 공개일자 2007년01월15일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2004/053191
(87) 국제공개번호 WO 2005/064864
국제공개일자 2005년07월14일
(30) 우선권주장
0303576-3 2003년12월23일 스웨덴(SE)

(73) 특허권자
텔레폰악티에블라갯엘엠에릭슨(펍)
스웨덴왕국 스톡홀름 에스-164 83
(72) 발명자
라르손 피터
스웨덴왕국 솔르나 에스이-169 71 발롱가탄 2 1
티알
요한손 니클라스
스웨덴왕국 솔렌투나 에스이-191 34 퇴즈나바겐
27 에이
(74) 대리인
박병석, 서장찬, 최재철

(56) 선행기술조사문헌
Opportunistic Routing in Multi-Hop Wireless
Networks, Second Workshop on Hot Topics in
Networks(HotNets-II), November 20-21, 2003
Cambridge, MA USA*
KR1020020032385 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 17 항

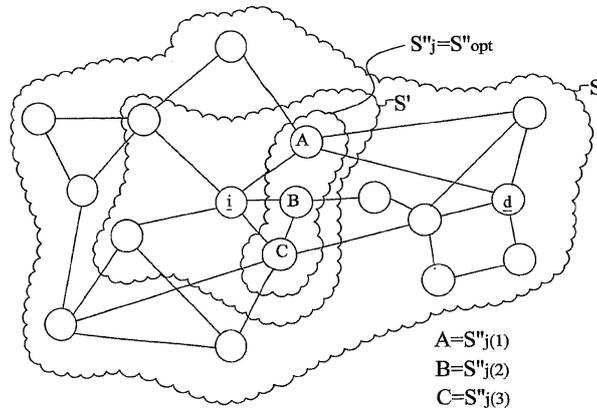
심사관 : 박보미

(54) 멀티홉 통신 네트워크에서의 비용 결정 방법

(57) 요약

멀티홉 통신 네트워크에서, 비용 결정 방법은 소스 및 목적지 노드 쌍 사이의 하나 이상의 노드에 대한 다수의 동시적으로 가능하거나 선호하는 다음 홉 노드를 결정하는 단계를 포함함으로써, 소스 및 목적지 노드 사이에 다수의 동시적으로 가능한 루트 또는 경로를 포함한 메시-형 경로가 규정된다. 이러한 메시-형 구조는 전형적으로 분산된 방식으로 결정되며, 비용 최적화 프로세스에서 발생한다. 비용 최적화는 바람직하게는 예를 들어, 무선 매체에 기인하는 확률론적 변화를 고려해야 한다.

대표도 - 도1B



특허청구의 범위

청구항 1

멀티홉 통신 네트워크에서의 데이터 패킷 전달에 무관한 비용 결정 방법에 있어서:

노드들이 공동으로 소정의 비용 함수(f_1)를 최적화하도록, 상기 네트워크에서 소스 노드로부터 목적지 노드로의 다수의 노드 중 하나 이상에 대한 다수의 다음 홉 노드들을 결정하는 단계로서, 상기 다수의 다음 홉 노드들은 다수의 노드 중 상기 하나 이상에 대한 이웃 노드의 서브셋을 형성하는, 다수의 다음 홉 노드들 결정 단계;

소정의 비용 함수(f_1)의 최적화된 값과 동일하게 될 다수의 노드 중 상기 하나 이상에 대한 최적의 비용을 결정하는 단계로서, 상기 최적의 비용은 상기 각각의 다수의 다음 홉 노드들에 대한 각각의 비용에 따르는, 최적의 비용 결정 단계; 및

$$\text{Optimize}_{S_j'' \in S''} f_1 \left(\text{Cost}_{S_j''(k)}, \Delta \text{Cost}_{i, S_j''(k)} \mid \forall S_j'' \in S_j'' \right) \Rightarrow \text{Cost}_i(\text{opt}), S_j''(\text{opt})$$

에 따른 소정의 비용 함수(f_1)의 최적화에 기초하여 노드(i)에 대한 다수의 다음 홉 노드들을 결정하는 단계를 포함하며, 여기서 S'' 는 노드(i)에 대한 모든 가능한 다음 홉 노드를 나타내고, S_j'' 는 S'' 내의 모든 가능한 노드의 조합을 나타내며, $\text{Cost}_{S_j''(k)}$ 는 하나의 특정 집합(S_j'') 내의 노드($S_j''(k)$)의 개별적인 비용이고, $\Delta \text{Cost}_{i, S_j''(k)}$ 는 노드(i)로부터 노드($S_j''(k)$)로 진행하는 비용이며, $\text{Cost}_i(\text{opt})$ 는 노드(i)에 대한 최적의 비용이고, $S_j''(\text{opt})$ 는 다음 홉 노드들의 집합인 것을 특징으로 하는 비용 결정 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

적어도 부분적으로는 다수의 노드 중 상기 하나 이상에 대한 각각의 가능한 다음 홉 노드에 대한 개별적인 비용에 기초하여 상기 소정의 비용 함수(f_1)를 최적화하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비용 결정 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 2 항에 있어서,

적어도 부분적으로는 다수의 노드 중 상기 하나 이상으로 인한 비용 팩터에 기초하여 소정의 비용 함수(f_1)를 최적화하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비용 결정 방법.

청구항 4

제 1 항 또는 2 항에 있어서,

루트들의 메시지가 상기 소스 노드로부터 상기 목적지 노드로 제공될 때까지, 다수의 다음 홉 노드들 및 관련된 노드당 최적 비용을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비용 결정 방법.

청구항 5

제 1 항 또는 2 항에 있어서,

상기 다수의 다음 홉 노드들과 함께 공동으로 소정의 비용 함수(f_1)를 최적화하는 링크 파라미터를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비용 결정 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 1 항에 있어서,

$$\text{Optimize}_{S_j'' \in S''} (f_1 (Cost_{S_j(k)}'', \Delta Cost_{i, S_j(k)}'' | \forall S_{j(k)}'' \in S_j'')) \circ Const_i \Rightarrow Cost_i, S_j''(opt)$$

에 따른 소정의 비용 함수(f_1)의 최적화에 기초하여 노드(i)에 대한 다수의 다음 홉 노드들을 결정하는 단계를 포함하며,

여기서, o는 선택 또는 디자인 목표에 따른 임의의 산술 연산이며, $Const_i$ 는 노드(i)가 비용에서 포함할 수 있는 항인 것을 특징으로 하는 비용 결정 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

$$Cost_i = \text{Optimize}_{S_j'' \in S''} \left\{ \text{Optimize}_{Par} \left\{ Cost_{i, S_j''}(Par) \circ f_2 (Cost_{S_j(k)}'' | \forall S_{j(k)}'' \in S_j'') \right\} \right\} \circ Const_i$$

$$\Rightarrow Cost_i(opt), S_j''(opt), Par(opt)$$

에 따른 소정의 비용 함수(f_1)의 최적화에 기초하여 노드(i)에 대한 다수의 다음 홉 노드들을 결정하는 단계를 포함하며,

여기서, Par 은 n -차원 링크 파라미터 공간이고, $n=1,2,\dots$ 이고, $Cost_{i, S_j''}(Par)$ 는 링크 파라미터 공간(Par) 및 노드의 집합(S_j'')의 함수로서 노드(i)로부터 집합(S_j'') 내의 노드로 데이터를 송신하는 비용을 나타내며, $Par(opt)$ 는 데이터를 전달하기 위한 링크 파라미터의 최적의 집합인 것을 특징으로 하는 비용 결정 방법.

청구항 9

제 7 항 또는 8 항에 있어서,

토폴로지 커넥티비티 또는 네트워크의 동적 특성에 따라서, 항($Const_i$)을 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비용 결정 방법.

청구항 10

제 7 항 또는 8 항에 있어서,

확률론적 변수에 따라서 항($Const_i$)을 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비용 결정 방법.

청구항 11

제 7 항 또는 8 항에 있어서,

간섭, 노드(i)에서의 배터리 상태 및 상기 노드(i)에서의 큐잉 상태 중 하나 이상에 따라서 항($Const_i$)을 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비용 결정 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

노드에 대한 비용을 지연, 간섭, 홉의 수 및 경로 손실 중 하나 이상과 관련시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비용 결정 방법.

청구항 13

통신 네트워크 내의 라우팅 프로토콜에서 데이터 패킷 전달에 무관한 비용 최적화용 방법에 있어서:

소정의 비용 함수(f_1)를 최적화함으로써, 소스 노드로부터 목적지 노드로의 다수의 노드 중 하나 이상에 대해 최적의 비용 및 다수의 다음 홉 노드들이 결정되는 단계로서, 상기 최적의 비용은 상기 각각의 다수의 다음 홉 노드들에 대한 각각의 비용에 따르며, 상기 다수의 다음 홉 노드들은 다수의 노드 중 상기 하나 이상에 대한 이웃 노드의 서브셋을 형성하는, 최적의 비용 및 다수의 다음 홉 노드들 결정 단계; 및

$$\text{Optimize}_{S_j'' \in S''} f_1 \left(\text{Cost}_{S_j''(k)}, \Delta \text{Cost}_{i, S_j''(k)} \mid \forall S_j'' \in S_j'' \right) \Rightarrow \text{Cost}_i(\text{opt}), S_j''(\text{opt})$$

에 따른 소정의 비용 함수(f_1)의 최적화에 기초하여 노드(i)에 대한 다수의 다음 홉 노드들을 결정하는 단계를 포함하며, 여기서 S'' 는 노드(i)에 대한 모든 가능한 다음 홉 노드를 나타내고, S_j'' 는 S'' 내의 모든 가능한 노드의 조합을 나타내며, $\text{Cost}_{S_j''(k)}$ 는 하나의 특정 집합(S_j'') 내의 노드($S_j''(k)$)의 개별적인 비용이고, $\Delta \text{Cost}_{i, S_j''(k)}$ 는 노드(i)로부터 노드($S_j''(k)$)로 진행하는 비용이며, $\text{Cost}_i(\text{opt})$ 는 노드(i)에 대한 최적의 비용이고, $S_j''(\text{opt})$ 는 다음 홉 노드들의 집합인 것을 특징으로 하는 비용 최적화용 방법.

청구항 14

멀티홉 통신 네트워크에서 데이터 패킷 전달과 무관한 비용 결정 시스템에 있어서:

노드들이 공동으로 소정의 비용 함수(f_1)를 최적화하도록, 상기 네트워크에서 소스 노드로부터 목적지 노드로의 다수의 노드 중 하나 이상에 대한 다수의 다음 홉 노드들을 결정하는 수단으로서, 상기 다수의 다음 홉 노드들은 다수의 노드 중 상기 하나 이상에 대한 이웃 노드의 서브셋을 형성하는, 상기 다수의 다음 홉 노드들 결정 수단; 및

소정의 비용 함수(f_1)의 최적화된 값과 동일하게 될, 다수의 노드 중 상기 하나 이상에 대한 최적의 비용을 결정하는 수단을 포함하며, 상기 최적의 비용은 상기 각각의 다수의 다음 홉 노드들에 대한 각각의 비용에 따르며, 상기 결정 수단은:

$$\text{Optimize}_{S_j'' \in S''} f_1 \left(\text{Cost}_{S_j''(k)}, \Delta \text{Cost}_{i, S_j''(k)} \mid \forall S_j'' \in S_j'' \right) \Rightarrow \text{Cost}_i(\text{opt}), S_j''(\text{opt})$$

에 따라 소정의 비용 함수(f_1)를 최적화하도록 적용되며,

여기서 S'' 는 노드(i)에 대한 모든 가능한 다음 홉 노드를 나타내고, S_j'' 는 S'' 내의 모든 가능한 노드의 조합을 나타내며, $\text{Cost}_{S_j''(k)}$ 는 하나의 특정 집합(S_j'') 내의 노드($S_j''(k)$)의 개별적인 비용이고, $\Delta \text{Cost}_{i, S_j''(k)}$ 는 노드(i)로부터 노드($S_j''(k)$)로 진행하는 비용이며, $\text{Cost}_i(\text{opt})$ 는 노드(i)에 대한 최적의 비용이고, $S_j''(\text{opt})$ 는 다음 홉 노드들의 집합인 것을 특징으로 하는 비용 결정 시스템.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 결정 수단은 적어도 부분적으로 다수의 노드 중 상기 하나 이상에 대한 각각의 가능한 다음 홉 노드에 대한 개별적인 비용에 기초하여 상기 소정의 비용 함수(f_1)를 최적화하도록 적용되는 것을 특징으로 하는 비용 결정 시스템.

청구항 16

제 14 항 또는 15 항에 있어서,

루트들의 메시가 상기 소스 노드로부터 상기 목적지 노드로 제공될 때까지, 다수의 다음 홉 노드들 및 관련된 노드당 최적 비용을 결정하도록 적응되는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 비용 결정 시스템.

청구항 17

제 14 항 또는 15 항에 있어서,

상기 다수의 다음 홉 노드들과 함께 공동으로 소정의 비용 함수(f_1)를 최적화하는 링크 파라미터를 결정하도록 적응되는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 비용 결정 시스템.

청구항 18

삭제

청구항 19

멀티홉 통신 네트워크에서 데이터 패킷 전달에 무관한 비용 결정을 인에이블하는 노드에 있어서:

다음 홉 노드들이 공동으로 소정의 비용 함수(f_1)를 최적화하도록, 상기 노드에 대한 다수의 다음 홉 노드들을 결정하는 수단으로서, 상기 다수의 다음 홉 노드들은 다수의 노드 중 하나 이상에 대한 이웃 노드의 서브셋을 형성하는, 상기 다수의 다음 홉 노드들 결정 수단; 및

소정의 비용 함수(f_1)의 최적화된 값과 동일하게 될, 상기 노드에 대한 최적의 비용을 결정하는 수단을 포함하며, 상기 최적의 비용은 상기 각각의 다수의 다음 홉 노드들에 대한 각각의 비용에 따르며,

상기 결정 수단은:

$$\text{Optimize } f_1 \left(\text{Cost}_{S_j^{(k)}}, \Delta \text{Cost}_{i, S_j^{(k)}} \mid \forall S_j^{(k)} \in S_j \right) \Rightarrow \text{Cost}_i(\text{opt}), S_j^{(k)}(\text{opt})$$

에 따라 소정의 비용 함수(f_1)를 최적화하도록 적응되며,

여기서 S 는 노드(i)에 대한 모든 가능한 다음 홉 노드를 나타내고, S_j 는 S 내의 모든 가능한 노드의 조합을 나타내며, $\text{Cost}_{S_j^{(k)}}$ 는 하나의 특정 집합($S_j^{(k)}$) 내의 노드($S_j^{(k)}$)의 개별적인 비용이고, $\Delta \text{Cost}_{i, S_j^{(k)}}$ 는 노드(i)로부터 노드($S_j^{(k)}$)로 진행하는 비용이며, $\text{Cost}_i(\text{opt})$ 는 노드(i)에 대한 최적의 비용이고, $S_j^{(k)}(\text{opt})$ 는 다음 홉 노드들의 집합인 것을 특징으로 하는 비용 결정을 인에이블하는 노드.

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 일반적으로 멀티홉 통신 네트워크에 관한 것이며, 특히, 이와 같은 네트워크에서의 비용 결정 방법에 관한 것이다.

배경기술

<2> 무선 통신 네트워크에서 라우팅이 적용될 때, 이와 같은 네트워크는 종종 멀티홉 네트워크라 칭해진다. 멀티홉 네트워크에서, 서로 닿지 않는 노드 또는 스테이션은 자신들의 메시지를 소스 노드로부터 목적지 노드를 향해 전달할 수 있는 중간에 위치한 노드로 이익을 얻을 수 있다. 통상적으로, 멀티홉 네트워크는 소위 애드혹 네트워크와 관련되며, 여기서 노드는 거의 이동국이고, 중앙의 조정하는 기반구조는 존재하지 않는다. 그러나, 멀티홉 네트워크의 개념은 또한 노드가 고정되고/되거나 중앙의 조정하는 기반구조가 존재하는 경우에도 적용될 수 있다. 하나의 이와 같은 시나리오는 시골 지역의 인터넷 액세스를 목표로 하며, 지붕, 가로등기둥 등의 최상부에 부착되는 고정된 노드를 사용한다.

<3> 소위 벨만-포드(Bellman-Ford) 및 다른 종래 라우팅 기술은 통신 네트워크에서 소스 노드로부터 목적지 노드로 멀티홉 트리 또는 루트(multihop tree or route)를 구성하고 규정한다. 이것은 비용 정보에 기초한 라우팅 테이

블을 형성하기 위하여 네트워크를 통하여 라우팅 비용 정보를 통과시킴으로써 수행된다. 이러한 비용 정보는 예를 들어, 메시지 지연, 누적 전력 소모, 또는 홉 카운트를 포함할 수 있다. 시스템 내에서, 각 노드 또는 스테이션은 자신의 라우팅 테이블을 사용하여 독립적인 관정을 행한다. 벨만-포드 기반 라우팅은 각각의 소스-목적지 노드 쌍에 대해 단일 루트가 존재하도록 한다. 그러나, 이동성으로 인하여 토폴로지가 변화하기 때문에, 이러한 단일 루트는 시간에 걸쳐 상이한 노드를 통과할 것이다.

<4> 이동 노드 이외에, 토폴로지가 시간에 걸쳐 변화하는 몇 가지 다른 이유가 존재한다. 예를 들어, 토폴로지 변화는 통신 매체에서 전파가 반사되거나 변화되는 물체를 이동시키는 것으로 인한 변동과 같이 노드 이동이 없이도 발생할 수 있다. 이러한 토폴로지 변화는 예를 들어, 채널 변동, 트래픽 패턴 변화, 및 송신 패턴 변화와 자원 할당 변화를 포함한다.

<5> 시스템 내에서의 변화 또는 변동은 최적의 라우팅이 시스템에서 현재 상태에 기초하여 변화될 수 있다는 것을 의미한다. 즉, 시간에 걸친 시스템 특성 또는 특색의 변동은 신호 송신이 다른 시간 그리고 다른 조건에서보다 더 성공적일도록 하는 기회의 윈도우(window of opportunity)를 생성할 수 있다. 변화를 겪는 시스템 특성은 예를 들어, 경로 품질, 잡음, 간섭, 및 메시지 트래픽 부하를 포함할 수 있다. 벨만-포드와 같은 종래의 라우팅 기술은 시스템 내의 스테이션 또는 노드가 관련 정보를 각각 저장하지 않기 때문에, 이러한 기회의 윈도우를 인식하지 못한다.

<6> 대조적으로, 소위 적시의 라우팅 기술(opportune routing technique)은 네트워크에서 변동이 제공되는 기회를 이용한다. 특히 무선 라우팅의 환경에서, 전체 시스템 성능은 상기 시스템 내의 링크의 품질이 (예를 들어, 레일리 페이딩으로 인하여) 시간에 걸쳐 고속으로 변화할 때 저하된다. 그러나, 적시의 라우팅은 변동이 또한 제공되는 기회의 윈도우 또는 피크를 사용함으로써 이러한 성능 손실을 부분적으로 상쇄한다. 적시의 라우팅이 사용될 때, 각각의 소스-목적지 노드 쌍에 대한 단일 루트는 존재하지 않는다. 그 대신에, 데이터 패킷은 소스 노드로부터 목적지 노드에 이르는 다소 랜덤인 루트를 따른다. 결과적으로, 벨만-포드가 사용되는 경우, 연속적인 패킷이 동일한 루트를 통하여 송신되는 반면, 적시의 라우팅이 사용되는 경우, 연속적인 패킷은 상이한 경로를 통하여 그러나 동일한 일반적인 방향으로 라우팅될 수 있다. 그러나, 적시의 라우팅 프로토콜은 이하에서 인식되는 바와 같이, 벨만-포드와 같은 근원적인 루트/비용 결정 프로토콜을 기초로 한다.

<7> 서로 통신할 수 있는 소스-목적지 노드 쌍에 대하여, 두 개의 기능, 즉, (루트 유지보수를 포함한) 루트 결정 및 패킷 전달이 구현되어야 한다.

<8> 처음으로, **루트/비용 결정** 단계에서, 데이터 패킷이 송신될 각각의 소스-목적지 노드 쌍에 대해 루트가 결정되어야 한다(각 노드에 대해 적어도 다음 홉이 결정될 필요가 있다). 루트에 관한 정보를 필요로 하지 않는 예외가 제외하고 있다. 결정된 루트는 소스 라우팅을 제외한 모든 경우에, 관련 노드로 퍼트려질 필요가 있다.

<9> 다음으로, **패킷 전달** 단계에서, 노드에서 수신되는 패킷은 상기 루트 결정 단계에서 결정된 루트를 따라 새로운 노드로 전달될 필요가 있다.

<10> **루트/비용 결정**

<11> 루트는 통상적으로 각각의 소스 및 목적지 노드 쌍에 대한 어떤 비용에 대해 단일 최단 경로 또는 루트를 제공하는 어떤 **최단 경로 기준**에 기초하여 결정된다. 이와 같은 방법의 전체 목적은 일반적으로 다음과 같이 진술된다:

<12> 자신과 관련된 비용을 각각 갖는 링크에 의해 접속된 노드의 네트워크가 제공되면, 두 노드 사이의 경로의 비용을 트래버싱(traversing)된 링크의 비용의 합으로서 규정하라.

<13> 벨만-포드 알고리즘은 유선 네트워크(예를 들어, 인터넷)에서 중심 역할을 하지만, 무선 멀티홉 시스템에서도 또한 중요한 기능을 갖는다. 상기 알고리즘은 분산되고 조정되지 않은 방식으로 최단 경로 결정을 제공하며, 인접한 아웃들 사이에서 단지 정보를 교환함으로써 한정된 시간 내에서 컨버전스(convergence)를 보장한다. 최단 경로와 동등하게, 경로가 어떤 특정 비용 메트릭(metric)에 대하여 최소 경로라는 것을 강조하는 용어 **최소 비용 경로/루트**를 사용할 수 있다.

<14> 벨만-포드는 최단 경로 알고리즘의 양호한 예이기 때문에, 도1을 참조하여 간략히 설명될 것이다. 그러나, 제1의 어떤 정의가 사용될 것이다.

<15> S가 네트워크 내의 모든 노드의 집합이라고 하자. d가 루트 결정 알고리즘이 루트를 결정하는 목적지 노드를 나타낸다고 하자. 노드(i)는 고려중인, 즉, 노드(d)에 도착하는 방법을 결정하고자 하는 노드이다. 이제, S'가 노

드(i)가 통신할 수 있는 모든 노드의 집합, 즉, 소의 이웃 노드를 규정한다고 하자. 집합(S') 내의 노드는 1에서 J까지의 범위인 j로 인덱싱된다. 그 다음에, S"는 i의 관점에서, 최단 경로를 발생시키는 집합(S')으로부터의 노드를 포함하는 트리비얼 집합(trivial set)이다. 최단 경로가 홉에 의하여 계산된다는 가정하에서, 하나의 노드는 S"에 속하는 것으로 지정된다. 최단 경로는 L₁을 통하여 S" 내의 노드로 진행한다.

<16> 패킷의 최소 경로 또는 루트 상에서 목적지 노드(d)를 향한 다음 홉 노드(S") 및 목적지 노드에 도달하는 비용(즉, 노드(i)의 비용(Cost_{id}))을 결정하기 위하여, 상기 알고리즘 및 방법은 S' 내의 노드에 도달하는 비용(Cost_{ij}) 뿐만 아니라, 거기에서 전방으로 목적지 노드(d)로의 비용(Cost_{jd})을 고려해야 한다.

<17> 그 다음에, 기본적인 벨만-포드 알고리즘은 다음과 같이 설명될 수 있다:

<18> 최초로,

<19> Cost_{id} = ∞ 및 Cost_{dd} = 0이다.

<20> 그 다음에, 비용은 $Cost_{id} = \min_{\forall j \in S'}(Cost_{ij} + Cost_{jd})$ 에 따라 계산된다.

<21> 이것은 다음의 두 개의 중요한 출력을 제공한다:

<22> ⇒ Cost_{id} 및 S"

<23> 그러므로, 패킷을 전달하는 것 뿐만 아니라, 그렇게 하는 것에 대한 비용을 인식하며, 이 정보는 주변 노드에 분배될 필요가 있다.

<24> 워드에서의 알고리즘: 목적지 노드(d)는 모두가 시작할 목적지 노드(d)에 대한 무한한 비용을 갖는 인접 노드로(예를 들어, 0의) 개시 비용을 브로드캐스팅함으로써 최단 경로 계산을 개시한다. 그 후, 각 노드는 자신의 각각의 비용을 계산하여, 그 결과를 이웃 노드에 분배시킨다. 더 많은 비용 정보가 수신됨에 따라, 새롭고 더 낮은 값의 비용이 계산되어 분배된다. 어떤 한정된 시간 이후에, 모든 노드는 자신의 달성 가능한 최저 비용을 가정한다. 동일한 비용을 갖는 다수의 루트가 존재하는 경우, 루트들 중 하나가 예를 들어, 랜덤으로 선택된다.

<25> 데이터가 이후에 노드에서 수신될 때, 상기 데이터를 목적지 어드레스에 따라서 최저 비용 루트를 통하여 전달된다. 임의의 시간 인스턴트(time instant)에서 각각의 목적지에 대하여 많아야 하나의 다음 홉 모드가 존재한다는 것이 중요하게 관측된다.

<26> 가능한 비용 메트릭의 예로는 다수의 홉, 지연, 간섭, 전력 소모, 링크 용량 등이 있다. 상기 메트릭이 가산적인 필요는 없고, 다른 연산을 사용할 수 있다는 것을 주의하라. 더구나, 최소 연산이 대신에 최대 연산으로부터 변화될 수 있다. 이러한 두 가지 이슈(issue)를 포함한 일례는:

<27> $Reliability_{id} = \max_{\forall j \in S'}(Reliability_{ij} \cdot Reliability_{jd})$ 로서 가장 신뢰 가능한 루트를 결정하는 것일 수 있다.

<28> **패킷 전달**

<29> 벨만-포드 알고리즘에 기초한 통상적인 패킷 전달은 단지 하나의 다음 호 선택이 존재한다는 의미에서 트리비얼이다.

<30> Cisco's IGRP[1], 랜덤 전달 라우팅[2], 적시의 라우팅[3, 4], 선택 다이버시티 전달[5], 및 애니캐스트[6]와 같은 다른 전달 프로토콜은 노드가 수신된 패킷을 몇 개의 선택적인 노드 중에서 하나로 송신하도록 한다. 그러므로, 전달 프로세스는 선호하는 노드의 집합 한복판에서 행해질 논-트리비얼(non-trivial) 선택을 포함한다. 여기서 이러한 방식을 **라우팅 기반 전달 판정(FDBR)**을 나타낸다고 하자. 이것은 자신의 가장 적응형 형태로 라우팅하고 있는데, 즉, 각각의 전달 경우에서 적응형 판정을 취하고 있다.

<31> IGRP[1]에서, 노드는 벨만-포드 알고리즘에 의해 결정된 많아야 v 곱하기 최소 비용의 비용을 갖는 임의의 노드로 패킷을 전달한다.

<32> **랜덤 전달 라우팅**[2]은 패킷이 위치 또는 벨만-포드로부터의 비용 중 하나에 기초한 전달 방향에서 랜덤 로드로 송신된다는 것을 의미한다.

- <33> 적시의-라우팅[3, 4]은 벨만-포드 알고리즘을 이용하여, 전달의 일반적인 정확한 방향의 노선(notion)을 포착하고, 예를 들어, 전달 선택에서의 링크 품질 및 노드 유용성의 국부적이고 현재의 정보를 부가한다.
- <34> 선택적 다이버시티 전달(SDF)[5]은 패킷이 다수의 후보 릴레이 노드로 멀티캐스팅된 이후까지 라우팅 판정을 연기한다. 응답 및 통지된 노드 상태에 기초하여, 송신 스테이션은 후보 스테이션 또는 노드 중 하나를 선택하여, 초기 패킷 송신을 성공적으로 수신하였다는 것을 상기 후보 스테이션 또는 노드 중 하나에 통지한다. 다음 홉 노드 결정 알고리즘은 SDF 메커니즘과 직교하지만, 예를 들어, 벨만-포드 알고리즘에 기초할 수 있다.
- <35> 애니캐스트[6]는 임의의 데이터 송신 이전에 프로브(probe)를 송신하므로, 기본적인 SDF와 거의 동일한 동작이 경험될 것이다. 게다가, 애니캐스트는 SDF의 변형과 유사하다.
- <36> 이러한 다소 다중경로 지향 라우팅 방식 및 종래의 다중경로 라우팅 사이의 명백한 차이가 존재한다는 것을 주의하라. 후자의 경우에, 다수의 그리고 병렬의 루트가 소스 목적지 노드 쌍에 대하여 규정되며, 여기서, 전달 선택은 단지 소스에서 수행되는데, 즉, 다중경로 라우팅을 디스조인트(disjoint)한다. 패킷이 다수의 루트 중 하나에 이르게 되기 때문에, 상기 패킷은 자신의 선택된 루트를 따르게 되므로, 전달 판정은 종래의 벨만-포드 경우에서와 같이 트리비얼이다.
- <37> 루트 결정 및 패킷 전달 이외에, 선택적인 기능은 네트워크에서 적절한 커넥티비티(connectivity)를 제공하기 위하여 토폴로지 제어를 통합하는 것이다. 이것은 성능을 강화시키고 자원을 절약한다. 토폴로지 제어는 전형적으로 전력 제어 및 링크 적응을 포함한다.

발명의 상세한 설명

- <38> 소위 전달 판정 기반 라우팅(FDBR) 프로토콜에 의한 문제점 중 하나는 상기 프로토콜이 자신의 전달 판정 지향 동작을 반영하지 않는 루트/비용 결정 메커니즘, 예를 들어, 벨만-포드에 따른다는 것이 신중한 분석을 통해 드러났다. 게다가, 트리비얼 전달 판정을 갖는 다른 무선 라우팅 방식은 또한 벨만-포드 알고리즘보다 양호한 대안을 사용할 수 있다.
- <39> 결과적으로, 본 발명의 목적은 개선된 루트 결정 메커니즘을 제공하는 것이다.
- <40> 본 발명의 다른 목적은 전달 판정 지향 동작을 반영하는 비용 또는 루트 결정 메커니즘을 제공하는 것이다.
- <41> 본 발명의 부가적인 목적은 (본래 무선인) 브로드캐스트 매체를 위해 조정되고, 본래 무선이 제공될 때 고속 변화 채널 품질을 위해 조정되는 비용 또는 루트 결정 메커니즘을 제공하는 것이다.
- <42> 본 발명의 다른 목적은 전달 판정 기반 라우팅을 지원하기 위하여 조정되는 비용 또는 루트 결정 메커니즘을 제공하는 것이다.
- <43> 본 발명의 또 다른 목적은 각 소스-목적지 쌍에 대해 노드가 접속되는 방법을 설명하기 위하여 조정되는 비용 또는 루트 결정 메커니즘을 제공하는 것이다.
- <44> 본 발명의 다른 목적은 전달 판정 지향 토폴로지 제어를 통합하기 위하여 조정되는 비용 또는 루트 결정 방법을 제공하는 것이다.
- <45> 최종적으로, 본 발명의 부가적인 목적은 링크 변화/고장에 심하게 반응하지 않는 비용 또는 루트 결정 방법을 제공하는 것이다.
- <46> 특히, 본 발명은 각 소스 및 목적지 노드 쌍 사이의 노드들 중 하나 이상에 대한 다수의 동시적으로 가능하거나 선호하는 다음 홉 노드를 결정함으로써, 다수의 동시적으로 가능한 루트 또는 경로를 포함한 메시-형 경로(mesh-like path)가 소스 및 목적지 노드 사이에 규정되는 비용 결정 방법을 제공한다. 이러한 메시-형 구조는 전형적으로 분산된 방식으로 결정되며, 비용 최적화 프로세스에서 발생한다. 비용 최적화는 바람직하게는, 예를 들어, 무선 매체에 기인하는 확률적인 변화(stochastic variation)를 고려해야 한다. 특히, FDBR-방식에 대한 고려사항이 제공될 수 있다.
- <47> 본 발명은 바람직하게는, 소스 및 목적지 노드 사이의 하나 이상의 노드에 대한 소정의 비용 함수를 공동으로 최적화하는 다수의 동시적으로 가능한 다음 홉을 결정함으로써, 고려된 노드에 대한 최적의 비용을 결정하는 비용 최적화 방법을 제공한다.
- <48> 본 발명은 상술된 방법을 가능하게 하는 시스템 및 노드를 제공한다.

- <49> 이러한 목적 및 다른 목적은 첨부된 청구항에 따라서 달성된다.
- <50> 본 발명에 따른 방법은 다음의 장점을 제공한다:
- <51> - 노드 고장, 가변 노드 유용성, 노드 이동성 하에서 로버스트니스(robustness)를 제공하고,
- <52> - 페이딩 및 간섭으로 인한 가변 채널 품질 하에서 로버스트니스를 제공하고,
- <53> - 다이버시티 양상을 본래의 파트로서 통합하고,
- <54> - 여분의 경로를 제공하고 트래픽이 바람직하게는 가장 유용한 커넥티비티(connectivity)가 존재하는 경우에 전달되도록 하며,
- <55> - 다중경로 라우팅을 지원한다.
- <56> 본 발명의 부가적인 목적 및 장점과 함께, 본 발명은 첨부 도면과 함께 취해진 다음의 상세한 설명을 참조함으로써 가장 양호하게 이해될 수 있다.

실시예

- <69> 본 발명은 다음에서 무선 멀티홉 통신 네트워크의 상황에서 설명될 것이다. 그러나, 본 발명은 종래의 유선 네트워크에 동등하게 적용될 수 있다는 것이 내포된다.
- <70> 기본적으로, 상술된 바와 같이, 본 발명에 따른 방법 실시예는 통신 네트워크에서 소스 및 목적지 노드 사이의 하나 이상의 노드에 대한 다수의 동시적으로 가능하거나 선호하는 다음 홉 노드를 결정한다. 이것은 바람직하게는, 비용 최적화 절차에 의해 수행된다. 이와 같이 함으로써, 소스 및 목적지 노드 사이에 동시적으로 가능한 루트의 메시-형 구조가 결정된다.
- <71> 상기 방법이 더 논의되기 전에, 도1B에 대하여 다수의 정의가 제공될 것이다.
- <72> 상술된 벨만-포드 알고리즘과 마찬가지로, S는 네트워크에서 모든 노드의 집합을 규정한다. 서브셋(S')은 송신 및 수신 범위의 합집합 내의 모든 노드의 집합 또는 소위 노드(i)의 이웃을 규정한다. 또한, 양-방향성 커넥티비티라고 칭하며, 여기서, 커넥티비티는 송신 파라미터가 최적화될 때, 예를 들어, 충분한 송신 전력이 존재하고, 간섭은 존재하지 않을 때, 지정된 임계값보다 낮은 전력으로 데이터를 송신하는 능력으로서 규정된다. 노드(i)는 또한 비용이 결정되어야 하는 고려중인 단말기 또는 스테이션이라고 종종 칭해지는 노드이다: 즉, 집합(S')이 노드(i)의 이웃을 포함한다.
- <73> 집합(S'')은 S에 대한 멱집합이다: 즉, S''는 S' 내의 노드의 모든 가능한 조합을 포함한다. 그러나, 공집합은 고려되지 않는다. S'가 N 개의 노드를 포함할 때, 다양한 조합은 j로 인덱싱되며, 여기서 $j \in [1, 2, 3, \dots, 2^N - 1]$ 이다. 각 집합(S_j'')은 하나 이상의 노드를 포함하며, 여기서 노드는 k로 인덱싱된다: 즉, $S_{j(k)}''$.
- <74> 도1B는 S, S'' 및 S'' 내의 모든 S_j'' 중 하나를 도시한다. S'가 5 개의 노드를 포함하기 때문에, S'' 내에 31 개의 상이한 집합이 존재한다. 최적의 집합(S''(opt))이 되는 도시된 S_j'' 는 $S_{j(1)}'', \dots, S_{j(3)}''$ 으로 인덱싱된 3 개의 노드를 갖는다. S''(opt)는 함께 또는 공동으로 최적의 $Cost_i$ 를 제공하는 노드의 집합이다.
- <75> 도2A는 다수의 노드를 포함하는 네트워크를 도시하며, 여기서 가능한 링크는 노드들 사이에서 파선으로 표시된다. 또한, 고려중인 노드인 소스 노드(s), 목적지 노드(d) 및 중간 노드(i)가 표시되어 있다.
- <76> 다수의 동시적으로 가능한 다음 홉 노드 또는 선호하는 다음 홉 노드의 집합을 결정하기 위하여, 바람직하게는, 다음:

$$\text{Optimize}_{S_j'' \in S''} f_1 \left(Cost_{S_j''(k)}, \Delta Cost_{i, S_j''(k)} \mid \forall S_j''(k) \in S_j'' \right) \Rightarrow Cost_i(opt), S_j''(opt)$$

- <77> 에 따라 노드(i)에 대한 비용 함수(f_1)를 최적화하는 것이 바람직하며, 여기서 Optimize는 선택 또는 디자인 목표에 따른 임의의 최적화 연산을 나타낸다. 항 $Cost_{S_j''(k)}$ 는 하나의 특정 집합(S_j'') 내의 노드($S_j''(k)$)의 개별적인 비용을 나타내는 반면,

$\Delta Cost_{i,S_j''(k)}$ 는 노드(i)로부터 노드($S_j''(k)$)로 진행되는 비용을 나타낸다. 더구나, 상기 함수는 S_j'' 내의 각 노드($S_j''(k)$)에 의해 제공된 비용을 결합한다.

<78> 이와 같이 행할 때, 상기 함수는 또한 MAC 프로토콜에 의해 사용된 임의의 우선순위 규칙(prioritization rule)을 선택적으로 인보킹(invoking)할 수 있고, 이것은 예를 들어, 데이터가 S_j'' 내의 멀티홉 노드에 의해 정확하게 수신되는 경우, 항상 최저 비용을 갖는 노드가 선택되도록 한다.

<79> 토폴로지가 고려되고 있는 이와 같은 최적화를 수행하는 선택적인 예시적 방법은 다음 식:

$$\text{Optimize}_{S_j'' \in S''} \left(f_1 \left(Cost_{S_j''(k)}, \Delta Cost_{i,S_j''(k)} \mid \forall S_j''(k) \in S_j'' \right) \right) \circ Const_i \Rightarrow Cos$$

을 따르며,

<81> 여기서 o 부호는 선택 및 디자인 목표에 따른 임의의 산술 연산을 나타낸다. 비용 항 $Const_i$ 는 노드(i)가 총비용에서 포함할 수 있는 상수이다. 이것의 목적은 토폴로지 커넥티비티 및 동적 특성을 다소 관리하는 것일 수 있다. 이것은 또한 노드(i)에서 간섭 또는 큐잉 상태(queueing situation)를 반영할 수 있다.

<82> 무선 통신 품질이 일반적으로 다소 예측 불가능하기 때문에, 확률적인 모델링이 적합하다. 결과적으로, 비용 결정은 어느 정도로 최적화 기대 값을 처리한다. 이것은 더 낮은 층의 성능 최적화의 종래의 처리와 일치하기 때문에 적합한 방법이다.

<83> 상술된 방법은 모든 노드가 최소의 또는 최적의 비용을 달성할 때까지 노드마다 반복된다. 이것은 모든 노드가 다수의 선호하는 다음 홉 노드를 갖는다는 것을 의미하지는 않으며, 일부 노드가 단지 하나의 다음 홉 노드를 가질 수 있다. 그러나, 상술된 바와 같이, 적어도 하나의 노드는 자신과 관련된 다수의 선호하는 다음 홉 노드를 갖는다. 이로써, 도2B에 도시된 바와 같이, 다수의 동시적으로 가능한 루트 또는 경로가 제공된다.

<84> 본 발명에 따른 방법의 상술된 실시예에 대한 선택적인 보정(optimal amendment)은 또한 적절한 링크 파라미터를 결정하는 것이다. 이것은 다음에 의해서 용이해진다:

$$\text{Optimize}_{S_j'' \in S''} \left\{ \text{Optimize}_{Par} \left\{ Cost_{i,S_j''} (Par) \circ f_2 \left(Cost_{S_j''(k)} \mid \forall S_j''(k) \in S_j'' \right) \right\} \right\} \circ Const_i$$

$$\Rightarrow Cost_i, S''(opt), Par(opt)$$

<85> 여기서, 항 Par는 연속 및 이산 파라미터 둘 모두를 포함한 n-차원 링크 파라미터 공간(n=1,2,...)을 나타낸다.

<86> 항 $Cost_{i,S_j''} (Par)$ 는 노드(i)로부터 어느 것으로, 또는 대안적으로 집합(S_j'') 내의 소정 수의 노드로 데이터 패킷을 송신하는 비용(또는 노력)을 나타낸다. 소정 수는 전형적으로 실용적인 시스템에서 하나의 노드로 설정된다. 더구나, 항 $Cost_{i,S_j''} (Par)$ 는 고려중인 노드의 집합, 즉, S_j'' 및 링크 파라미터 공간(Par)의 함수이다.

<87> 용어 링크 파라미터는 변조, 코딩 및 확산 방식, 송신 전력, 안테나 가중치 및 주파수 채널 파라미터와 같은 호출 파라미터에 대한 집합적인 용어이다. 그러므로, 링크 파라미터는 데이터 링크 층 상에서의 DLC(데이터 링크 제어) 파라미터 뿐만 아니라, 근원적인 물리적(PHY) 층 파라미터를 포함한다. DLC 파라미터는 LLC(논리적 링크 제어) 파라미터 및 MAC(매체 액세스 제어) 파라미터 둘 모두를 포함하므로, 링크 파라미터는 LLC, MAC 및 PHY 파라미터로부터 선택될 수 있다.

<88> 상술된 보정에 의하면, 본 발명에 따른 실시예는 $Cost_i, S''(opt), Par(opt)$, 즉, 노드(i)로부터 목적지 노드로의 비용, 데이터가 전달될 수 있는 동시적으로 가능하거나 선호하는 다음 홉 노드의 집합, 및 데이터를 전송할 때 사용하기 위한 최적의 링크 파라미터를 출력할 수 있다.

<89> 본 발명에 따른 방법의 실시예가 어떻게 동작하는지에 대한 예시가 도3A에 도시되어 있다. 이 도면에서, 노드(i)에 대한 비용은 어떤 링크 파라미터(Par)의 함수로서 플롯된다. 노드(i)가 비용($Cost_A$ 및 $Cost_B$)과 각각 관련되는 두 개의 노드(A 및 B)를 나타낸다고 가정된다. 이러한 두 개의 노드로부터, 세 개의 전력 집합 즉,

S_1'' , S_2'' 및 S_3'' 이 본 발명의 방법 실시예에 따라 구성될 수 있다. 세 개의 집합으로부터, S_3'' 이 여기서 가장 최적이다: 즉, $S''(\text{opt})=S_3''$ 이다. 즉, S_3'' 는 노드(i)에 대한 비용을 최소화한다. 이로써, 상기 노드에 대하여 두 개의 동시적으로 가능하거나 선호하는 다음 옵션이 결정된다.

<90> 본 발명에 따른 방법의 제안된 실시예의 다른 예시적인 적용에는 전달 절차에서 사용될 때, 도3B를 참조하여 제공된다.

<91> 상기 예에서, 비용 메트릭은 최소 지연이 기대되는 것으로 휴리스틱(heuristic)으로 선택된다. 이것은 전달 프로그레스(forward progress)가 그 이후에 최대화될 때, 감지 가능한 메트릭이어야 한다.

<92> 노드(i)에서의 지연은 재송신 수 및 송신 확률(P_{TX})(즉, 슬롯에서의 송신 확률)에 의해 결정된다. 노드(i)에 의한 (재)송신 수(\bar{t}_i)는 노드(i) 및 S''_{opt} 내의 노드 사이의 채널의 특성, 뿐만 아니라, 변조, 자동 반복 요구 (ARQ) 및 코딩 방식에 따른다.

<93> 이것을 설명하기 위하여, 선택적인 반복 ARQ, 및 결정론적 경로 손실(L)을 고려하자. 검출기 특성은 β_k 에 의해 표현되고, 무조건적 수신 확률은 노드($S''_{j(k)}$)에 의해 표현되며, $\beta_k = f(P_{TX}, \text{modulation}, \text{FEC}, N_0, L_k)$ 이고, 많은 파라미터의 함수이다.

<94>

송신 수	성공 확률	평균 재송신 수
1	$P_1=1 \cdot (1-C)$	$P_1 \cdot 1$
2	$P_2=C \cdot (1-C)$	$P_2 \cdot 1$
3	$P_3=C^2 \cdot (1-C)$	$P_3 \cdot 1$

<95>

$$\bar{t}_i = \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot C^{n-1} \cdot (1-C) = \frac{(1-C)}{C} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot C^n = \frac{(1-C)}{C} \cdot \frac{C}{(1-C)^2} = (1-C)^{-1} \quad \text{이고,}$$

<96>

$$C = \prod_{k=1}^K (1 - \beta_k)$$

여기서 이고, 노드(i) 내의 슬롯의 수에서 지연에 대한 기대 값은:

<97>

$$E[\text{Delay}_i] = \frac{1}{P_{TX}} \cdot \frac{1}{1-C} \quad \text{이다.}$$

<98> 부가적이고 감지 가능한 규칙은 S''_{opt} 내의 몇 개의 노드가 동시에 데이터를 수신한다면; 최저 비용을 갖는 노드가 우선 데이터를 전달하기 위해 선택된다는 것이다. 이와 같은 선택은 SDF[5]에서 구현하기가 간단하지만, 예를 들어, 큐 길이, 랜덤(random) 또는 라운드 로빈(round robin)에 기초한 임의의 다른 선택 규칙이 또한 가능하다.

<99> 여기서 선택을 위하여, S''_{opt} 내의 노드는 비용(C_k)이 특성

<100>

$$C_1 \leq C_2 \leq \dots \leq C_K \quad \text{을 가지도록 인덱싱되며,}$$

<101> 여기서 K는 집합에서 최종 노드를 인덱싱한다. 이러한 비용은 조건적인 수신 확률(γ_k)로 가중되어야 한다: 즉, 노드 중 어느 하나가 데이터를 수신한다는 조건을 갖는다:

<102>

$$\gamma_k = \frac{\beta_k}{1 - \prod_{h=1, \dots, K} (1 - \beta_h)}$$

<103> 그 후, 결합된 비용 함수(f_1)는 다음과 같다:

$$f_1(Cost_{S_j^{(k)}}, \Delta Cost_{i, S_j^{(k)}} | \forall S_j^{(k)} \in S_j) = \frac{1}{\bar{t}_i} + \frac{(\gamma_1 \cdot C_1 + \gamma_2 \cdot (1-\gamma_1) \cdot C_2 + \dots + \gamma_K \cdot (1-\gamma_{K-1}) \cdot \dots \cdot (1-\gamma_1) \cdot C_K)}{(\gamma_1 + \gamma_2 \cdot (1-\gamma_1) + \dots + \gamma_K \cdot (1-\gamma_{K-1}) \cdot \dots \cdot (1-\gamma_1))}$$

<104>

<105> 여기서 특정한 가중화(weighting)는 최저 비용 노드가 데이터를 수신하는 경우 최저 비용 노드가 선택되고, 그렇지 않은 경우, 다음 최저 비용 노드가 선택되는 등의 선택 규칙을 반영하기로 되어 있다.

<106> 분석적인 수학 식이 더 복잡해질지라도, 페이딩 채널에 대해 유사한 방법이 취해질 수 있다.

<107> 분석적인 식을 사용하는 것보다는 오히려, 시뮬레이션 방법을 사용할 수 있다. 두 가지 경우가 고려되면, 사전-시뮬레이팅된 경우로부터 검색 테이블을 사용하거나, 입력으로서 현재 파라미터에 의해 실시간에 시뮬레이션을 사용할 수 있다. 후자는 아마도, 가장 실용적인 해결책이 아니라, 여전히 옵션이다.

<108> 레이트에 따른 메시 메트릭

<109> 또 다른 메시 메트릭은 상이한 레이트가 통신을 위해 사용될 수 있다고 가정하는 경우에 고려될 수 있다. 경로 손실이 상이한 노드들 사이에서 상이하고, 상이한 노드가 간섭에 의해 상이하게 영향을 받고, 송신 노드가 상이한 양의 송신 전력을 사용하기 때문에, 신호대 간섭비는 또한 상이한 노드에서의 수신시에 상당히 상이할 수 있다. 통신의 기본적인 양상은 노드가 패킷을 수신할 수 있는 최대 레이트가 신호대 간섭비(또는 단지 신호대 잡음비, 즉, 간섭이 존재하지 않는 경우)의 함수라는 것이다. 신호대 간섭비가 더 높으면 높을수록, 더 높은 데이터 레이트가 지원될 수 있다. 그러므로, 노드가 송신(분만 아니라, 수신)을 위해 상이한 레이트를 사용할 수 있다는 가정에 기초하여 메시 메트릭을 고려하는 것이 중요하다. 상이한 레이트는 상이한 전달 에러 수정 코드, 상이한 확산 팩터, 및 상이한 변조 알파벳으로 패킷을 코딩함으로써 가능해진다(예를 들어, 4QAM 및 64QAM 신호 컨스텔레이션(constellation)을 비교하라).

<110> 이제 레이트 의존 메트릭이 형식화된다. 고려되는 시나리오는 송신이 부득이 프로브(probe)에 의한 통신을 나타낸 이후에 발생하게 되는 평균 중단간 시간 자원 사용을 최소화하는 것이다. 이러한 상황은 우선 다수의 노드로 짧은 프로브를 송신하고, 사용될 수 있는 레이트를 각각의 사용자에게 나타내는 다수의 응답을 수신한 후에, 선택된 사용자에게 송신될 패킷을 선택하는 MDF[7]와 같은 멀티홉 전달 방식에서 발생한다. 여기서, MDF의 일부인 흐름 선택의 양상은 무시된다. (송신이 프로브에 의해 표시되고, 다른 노드가 경험된 간섭에 따라 자신의 레이트 선택을 적응시킬 수 있기 때문에, 송신의 이후의 단계로 연기하는 것은 이치에 닿지 않는다)

<111> 모든 이웃 노드의 초집합(superset) 내의 집합인 K 개의 노드의 집합을 고려하는 노드(i)를 이제 고려하자. 이제, 상기 노드는 $C'_1 \leq C'_2 \leq \dots \leq C'_K$ 이도록 순서화되고(열거되고), 여기서, $C'_k = \Delta C_{ik} + C_k$, $k \in \{0, \dots, K\}$ 이고, ΔC_{ik} 는 노드(i)로부터 노드(k)로의 평균 비용이며, C_k 는 고려된 목적지를 향한 노드(k)에서의 비용이다 (실제로, 이것은 모든 목적지에 대하여 행해지지만, 여기서는 단지 하나의 목적지가 조사된다). 이제 레이트의

$$\Delta C_{ik} = \frac{1}{r_{ik}}$$

존(rate dependency)은 r_{ik} 을 설정함으로써 도입되고, 여기서, r_{ik} 는 노드(i) 및 노드(k) 사이의 레이트이다. 상기 레이트는 다양한 방식을 통하여 결정될 수 있는데, 이전의 통신으로부터 추정되거나, 더 직접적으로는, 경로 이득(G_{ik}), 노드(i)에 의해 사용되도록 의도된 송신 전력($P_i^{(TX)}$), 및 노드(k)에서의 잡음 플러스 간섭 레벨(W_k)의 정보로부터 결정될 수 있다. 예를 들어, 샤논 바운드(Shannon bound)가 레이트 ($r_{ik} = \lg_2(1 + G_{ik} P_i^{(TX)} / W_k)$)를 결정하는데 사용될 수 있다.

<112> 그 후, 결합된 메시 비용(f_1)이 기록될 수 있고,

$$f_1(Cost_{S_j^{(k)}}, \Delta Cost_{i, S_j^{(k)}} | \forall S_j^{(k)} \in S_j) = \frac{(\gamma_1 \cdot C'_1 + \gamma_2 \cdot (1-\gamma_1) \cdot C'_2 + \dots + \gamma_K \cdot (1-\gamma_{K-1}) \cdot \dots \cdot (1-\gamma_1) \cdot C'_K)}{(\gamma_1 + \gamma_2 \cdot (1-\gamma_1) + \dots + \gamma_K \cdot (1-\gamma_{K-1}) \cdot \dots \cdot (1-\gamma_1))}$$

<113>

$$\gamma_k = \frac{\beta_k}{1 - \prod_{h=1 \dots K} (1 - \beta_h)}$$

<114> 여기서 조건적인 수신 확률, 즉, 이 사용된다.

<115> 그 후, β_k 는 노드(k)가 상술된 MDF[7]에 대한 프로빙 프로세서(probing process)에 의해 테스트되는 수신에 이용 가능한 무조건적 확률이다. 노드가 항상 수신에 이용 가능하지는 않을지도 모르는 이유는 노드가 예를 들어, 송신 모드 또는 슬립 모드(sleep mode) 중이어서, 항상 수신중이지는 않을지도 모르기 때문이다.

<116> 시간 자원 사용을 최소화하는 것에 관심이 있기 때문에, 함수($f_1(Cost_{S_j^{(k)}}, \Delta Cost_{i, S_j^{(k)}} | \forall S_j^{(k)} \in S_j^*)$)는 초 집합 내의 모든 가능한 집합에 걸쳐 최소화된다.

<117> 본 발명에 따른 방법 실시예의 다른 예시는 도4를 참조하여 이하에 제공된다.

<118> 이러한 매우 간소화된 예에서, 각 링크는 평균 수신 성공 확률이 임의로 설정되는 것을 특징으로 한다.

<119> 처음으로, 어떤 시간(T1)에서, 두 개의 노드 1 및 2는 접촉을 설정하고, 노드 1은 자신의 최초 비용(C1)을 노드

2로 송신한다. 결과적으로, 시간(T2)에서, $C_2 = \frac{1}{0.25} + 4 = 8$ 에 의해, 노드 2에 대한 비용이 8인 것으로 결정된다.

<120> 어떤 이후의 시간(T3)에서, 제3 노드, 즉 노드 3이 네트워크에 추가된다.

$$C_3 = \frac{1 + (4 \cdot 0.5 + 0.25 \cdot (1 - 0.5) \cdot 8)}{1 - (1 - 0.25) \cdot (1 - 0.5)} = 6.4 \quad 1\&2$$

$$C_3 = \frac{1}{0.5} + 4 = 6 \quad 1$$

$$C_3 = \frac{1}{0.25} + 8 = 12 \quad 2$$

<121> 시간(T4)에서, 노드 3은 에 의해, 노드 1에 접속하는 것이 최소 비용, 즉, 6을 제공한다는 것을 결정한다.

<122> 시간(T5)에서, 노드 2는 노드 3의 입장(entrance)을 통지하고, 이것의 비용 옵션을 평가한다. 노드2가 노드 1

$$C_2 = \frac{1 + (4 \cdot 0.25 + 0.75 \cdot (1 - 0.25) \cdot 6)}{1 - (1 - 0.25) \cdot (1 - 0.75)} = 6.6 \quad 1\&3$$

$$C_2 = \frac{1}{0.25} + 4 = 8 \quad 1$$

$$C_2 = \frac{1}{0.75} + 6 = 7.3 \quad 3$$

및 노드 3 둘 모두에 부착될 때, 에 의하여, 최저 비용이 6.6이라는 것이 결정된다.

<123> 이로써, 본 발명에 따른 방법 실시예에 따르면, 상술된 벨맨-포드에 대한 경우인 단일 홉 또는 경로 대신에, 두 개의 동시적으로 가능하거나 선호하는 다음 홉 및 두 개의 동시적으로 가능한 경로 또는 루트가 노드2로부터 제공된다.

<124> 상술된 바와 같이, 노드(i)에서 비용을 계산하는데 사용되는 비용은 기대 값이지만, 어떤 확률 밀도 함수(PDF)에 의해 모델링되는 확률론적 변수로서 간주될 수 있다. 입력이 PDF 값인 경우, 출력이 PDF 값이라는 것이 감지 가능하다. 그러나, 평균 또는 분산에 대해 최적화가 이루어져야 한다.

<125> 노드 집합 사이를 탐색하는 것이 비-다항식(NP) 완전 문제(Non-Polynomial complete problem)이기 때문에, 이것은 시작하기 어려운 것처럼 보인다. 그러나, $(2^N - 1)$ 개의 상이한 집합은 N이 작은 경우 문제가 되지 않는다. 멀티홉 네트워크에 대한 골든 룰(golden rule)은 노드가 약 6개의 이웃, 즉 계획된 전달 방향에서 대략 3개를 가져야 한다는 것이다. 이로부터, 비용 결정에서 고려할 대략 7 개의 집합을 얻는다.

- <126> 복잡성을 감소시키기 위한 제1의 선택적인 방법은 임의의(그러나, 아마도 현명하게 추측된) 집합(S_j^n)에 대한 비용($Cost_i$)보다 더 높은 비용을 갖는 모든 노드들은 상기 노드들이 고려될지라도, 비용을 개선시키지 않기 때문에 배제될 수 있다는 것을 관측함으로써 제공된다.
- <127> 이것은 두 개의 상부 곡선 없이 도3A의 곡선을 도시한 도5에서 예시된다. 노드(A 및 B)로 인한 비용은 $Cost_i$ 보다 작은 반면, 제3 노드(C)는 자신의 비용이 시작될 $Cost_i$ 보다 크기 때문에, 고려되지 않아야 한다는 것이 인지된다. 이것이 덧셈 연산자 하에서 음이 아닌 비용을 가정하고, 비용이 승산 연산자 하에서 1 이상씩 증가한다는 것을 주의하라.
- <128> 본 발명에 따른 방법의 복잡성을 감소시키기 위한 선택적인 보완적 방법이 도6A, 6B 및 7을 참조하여 설명될 것이다. 알고리즘 관점에서, 더 높은 비용 노드를 고속으로 배제할 수 있기 때문에, 제1 집합(S_j^n)에 대해 S'에서 최저 비용 노드를 고려하기 시작하는 것이 적합하다.
- <129> 도6A에서, 개별적인 비용과 각각 관련된 다수의 노드를 갖는 멀티홉 네트워크가 도시되어 있다. 노드(i)가 삽입되었고, 도면에 도시된 바와 같이, 네 개의 이웃(1, 2, 3 및 4)을 갖는다.
- <130> 도7에서, 본 발명의 복잡성을 감소시키기 위한 알고리즘 실시예의 흐름도가 도시되어 있다. 이러한 휴리스틱 알고리즘에서, 이웃에 대한 비용은 처음 단계(도시되지 않음)에서 S" 내의 모든 노드에 대하여 벨만-포드 형 방식으로 계산된다. 최적의 비용 및 다음 홉 노드를 선택하기보다는 오히려, 노드는 단계(S2-S10)에서 계산된 비용에 따라서 분류된다. 단계(S2)에서, 비용 벡터 및 노드 벡터가 결정된다. 일례로서, 도6A에 따르면, 결과적인 비용 벡터 및 노드 벡터는 $\{C_{i-4-d}, C_{i-1-d}, C_{i-3-d}, C_{i-2-d}\}$ 및 $\{4, 1, 3, 2\}$ 일 수 있고, 여기서, 예를 들어, C_{i-4-d} 는 노드(i)로부터 노드(4)를 거쳐 목적지 노드(d)로의 경로에 대한 최적의 비용이다. C_{i-4-d} 는 노드(i)로부터 노드(4)로의 비용(C_{i-4}), 및 노드(4)로부터 목적지로의 비용(C_{4-d})의 함수이다.
- <131> 그 후, 조사되는 집합은 노드(i)의 관점에서 이전에 결정된 비용들 중 어느 하나를 초과하지 않는 개별적인 비용을 갖는 노드를 가지는 최종 집합까지의 $S_1 = \{C_{i-4-d}\}$, $S_2 = \{C_{i-4-d}, C_{i-1-d}\}$, $S_3 = \{C_{i-4-d}, C_{i-1-d}, C_{i-3-d}\}$ 이다.
- <132> 분류의 복잡성은 기껏해야 $O(N^2)$ 이지만, 분할 정복 기반 고속 분류(divide and conquer based quick sort)와 같은 어떤 알고리즘은 평균하여 $O(N \cdot \log(N))$ 의 복잡성을 보장한다.
- <133> 비용 결정은 $O(N)$ 의 복잡성을 갖지만, 불가능한 노드가 배제되기 때문에, 더 낮은 평균 복잡성을 가질 것이다.
- <134> 상기 알고리즘은 모든 집합 조합을 통해 행해지지 않기 때문에 휴리스틱이다.
- <135> 각 노드가 자신의 각각의 비용 및 다음 홉 노드의 집합을 갱신할 때, 그 결과는 도6B와 같을 수 있다.
- <136> 도8에서, 본 발명에 따른 멀티홉 통신 네트워크 내의 노드(10)의 실시예의 개략적인 블록도가 도시되어 있다. 노드(10)는 공지된 방식으로 필요한 수신 및 송신 기능을 지원하는 무선 송수신기 모듈(RX/TX 모듈)(20)을 포함한다. 노드(10)는 또한 소스 및 목적지 노드 사이에서 본 발명에 따른 루트를 결정하도록 적용된 루트 결정 수단(30)을 포함한다. 루트 결정 수단(30)은 차례로 비용 최적화용 수단(31), 비용 결정 수단(32), 및 루트 최적화용 수단(33)을 포함한다. 최종적으로, 노드(10)는 루트 결정 수단(30)으로부터의 출력에 기초한 패킷 전달용 수단(40)을 포함한다.
- <137> 첨부된 청구항에 의해 규정된 본 발명의 정신을 벗어남이 없이, 본 발명에 대하여 다양한 변경 및 변화가 행해질 수 있다는 것이 당업자들에 의해 이해될 것이다.

<138> 참조문헌

[1] C.L.Hedrick Rutgers, "Cisco-An introduction to IGPR", 22 August, 1991, <http://www.cisco.com/warp/public/103/5.html>

[2] R. Nelson, L. Kleinrock, "The spatial capacity of a slotted ALOHA multihop packet radio network with capture", *IEEE Transactions on Communications*, 32, 6, pp 684-694, 1984

[3] WO 96/19887

[4] WO 98/56140

[5] US 2002/0051425

[6] S. Jain, Y Lv, S.R. Das, "Exploiting Path Diversity in the Link Layer in Wireless Ad Hoc Networks", Technical Report, WINGS Lab, July 2003

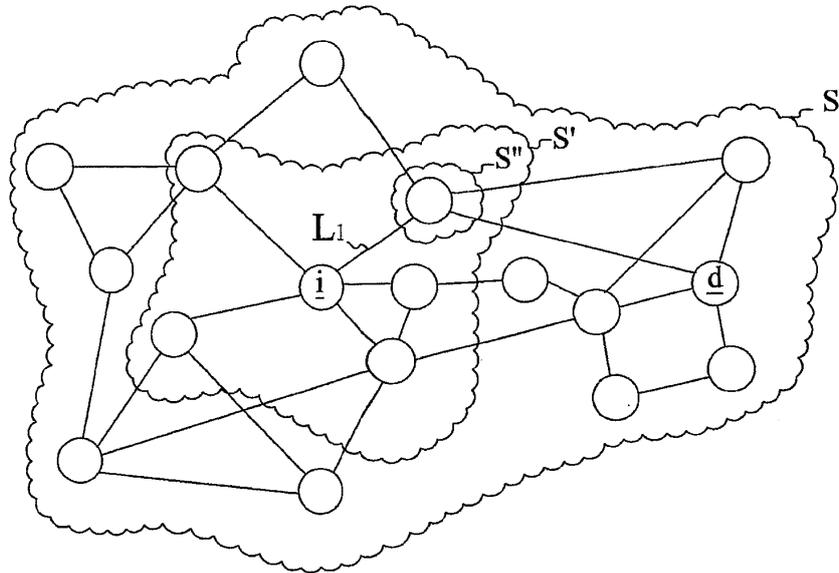
<139> [7] WO2004/091155

도면의 간단한 설명

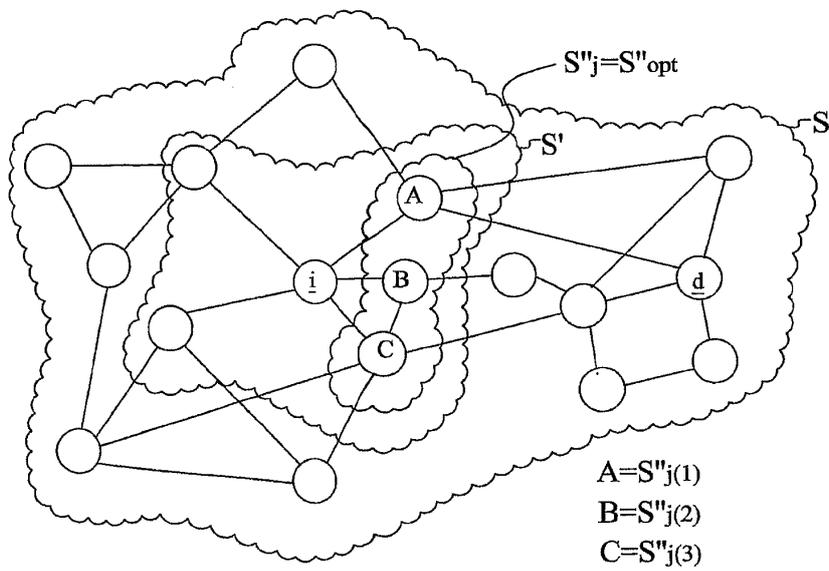
- <57> 도1A는 멀티홉 네트워크의 개략적인 개요도.
- <58> 도1B는 본 발명에 따른 멀티홉 네트워크의 실시예의 개략적인 개요도.
- <59> 도2A는 멀티홉 네트워크의 개략적인 개요도.
- <60> 도2B는 본 발명에 따른 방법 실시예에 따라 루트가 결정되는 멀티홉 네트워크의 개략적인 개요도.
- <61> 도3A는 본 발명에 따른 실시예의 예시에 따른 도면.
- <62> 도3B는 본 발명에 따른 실시예의 다른 예시에 따른 도면.
- <63> 도4는 본 발명의 방법 실시예의 발전을 도시한 개략적인 도면.
- <64> 도5는 본 발명에 따른 실시예의 다른 예시의 도면.
- <65> 도6A는 본 발명에 따른 간소화된 네트워크의 예를 도시한 도면.
- <66> 도6B는 본 발명에 따른 방법 실시예가 적용된 이후에 도6A로부터의 네트워크를 도시한 도면.
- <67> 도7은 본 발명에 따른 실시예의 흐름도.
- <68> 도8은 본 발명에 따른 시스템 실시예의 블록도.

도면

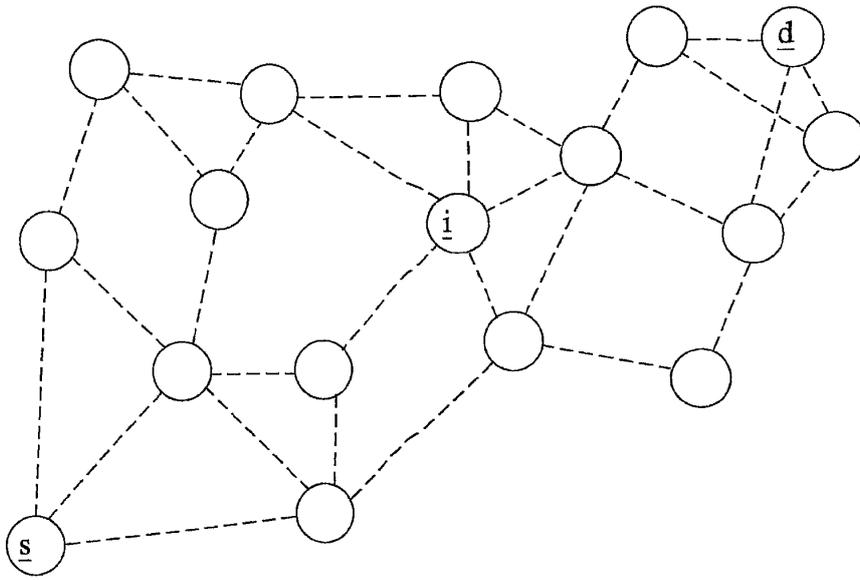
도면1A



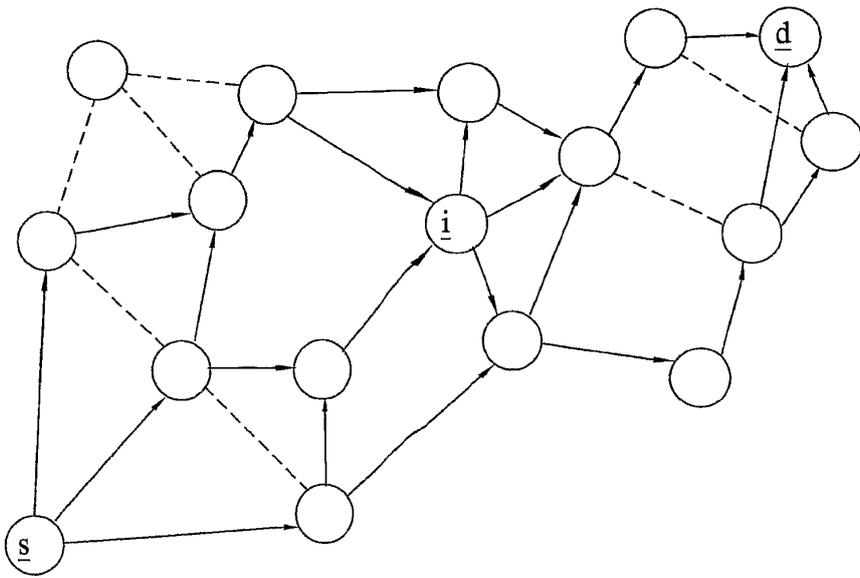
도면1B



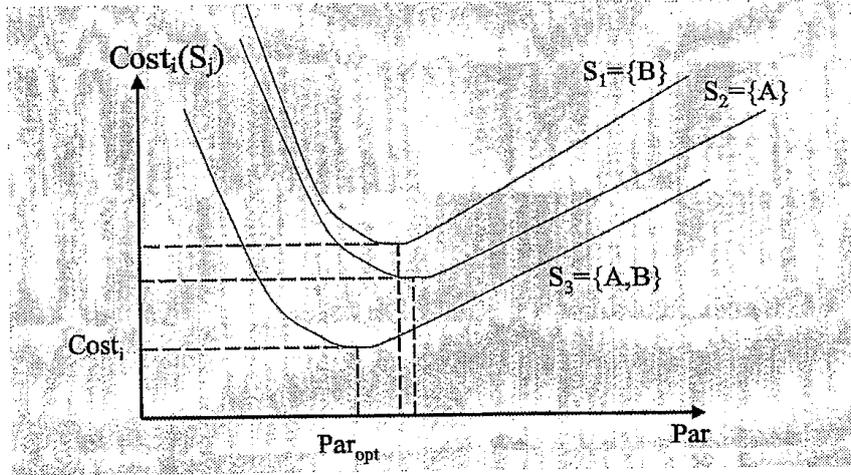
도면2A



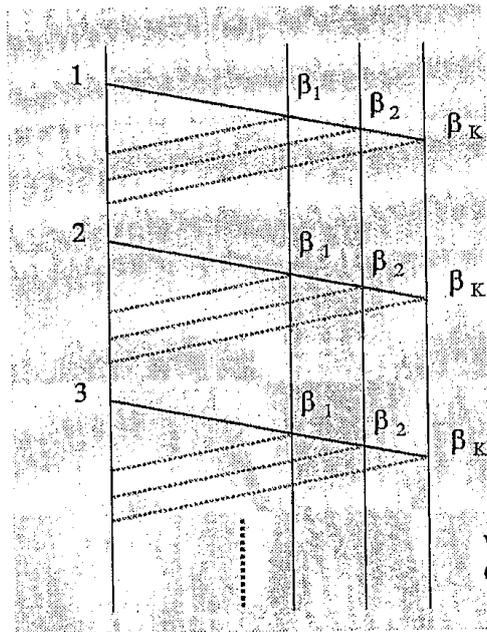
도면2B



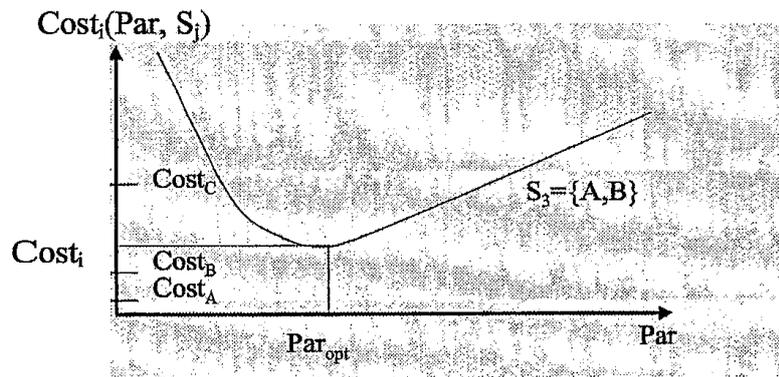
도면3A



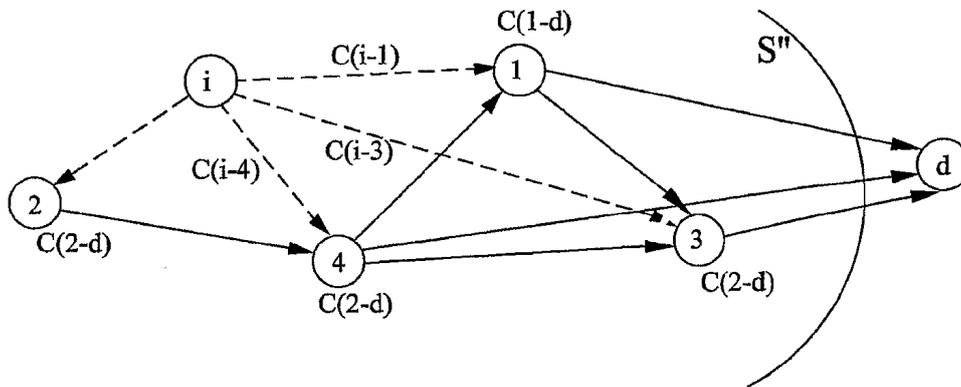
도면3B



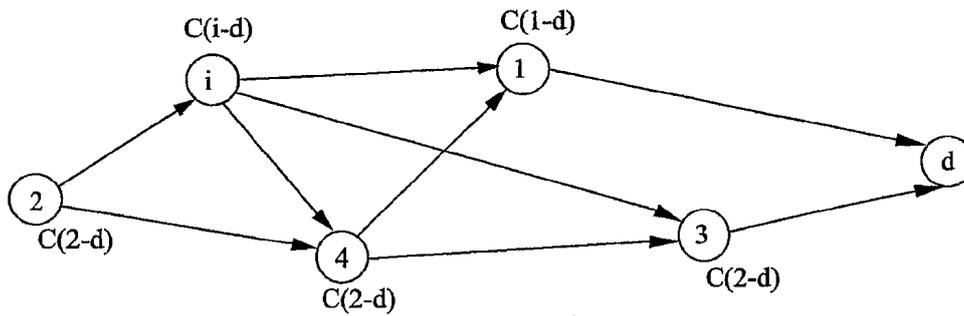
도면5



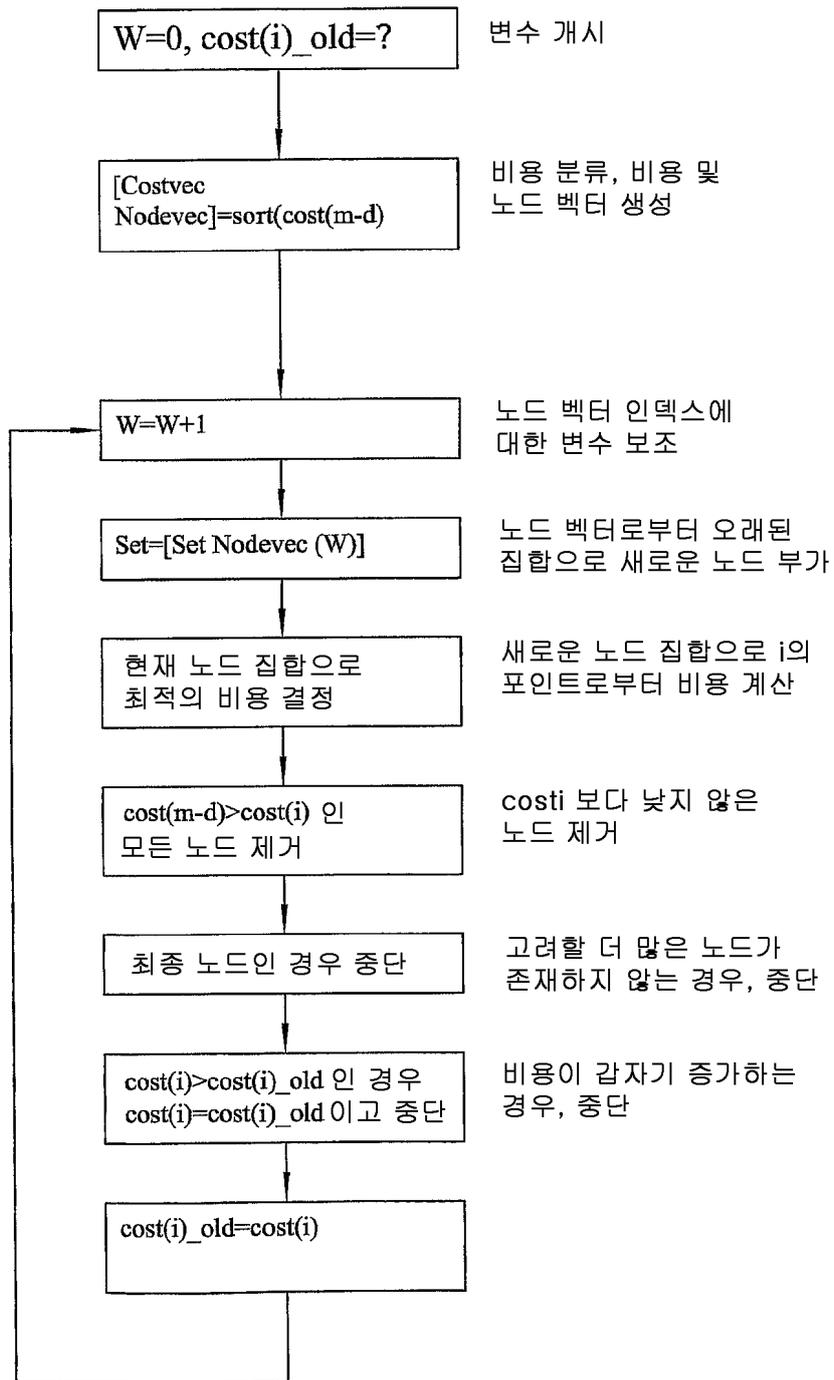
도면6A



도면6B



도면7



도면8

