



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0070297  
(43) 공개일자 2019년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04L 29/06 (2006.01) H04L 9/08 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H04L 63/1408 (2013.01)  
H04L 63/20 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0159586  
(22) 출원일자 2018년12월12일  
심사청구일자 2018년12월12일  
(30) 우선권주장  
1020170170376 2017년12월12일 대한민국(KR)

(71) 출원인  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
정중문  
서울특별시 용산구 이촌로 181, 104동 101호(이촌동, 한강대우아파트)  
서순호  
서울특별시 서대문구 연세로2다길 49, 베스트빌 B동 305호 (창천동)  
(74) 대리인  
민영준

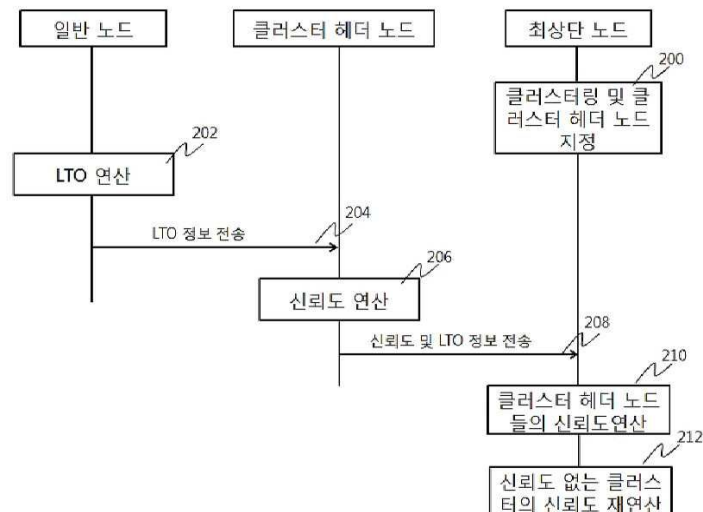
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 네트워크 노드들의 신뢰도 관리 방법 및 장치

### (57) 요약

네트워크 노드들의 신뢰도 관리 방법 및 장치가 개시된다. 개시된 방법은, 다수의 노드를 포함하는 네트워크에서 신뢰도 관리를 위해 최상단 노드에서 수행하는 방법으로서, 상기 다수의 노드에 대한 클러스터링을 수행하고 각 클러스터별로 클러스터 헤더 노드를 설정하는 단계(a); 상기 클러스터 헤더 노드들로부터 클러스터 내 노드들에 대해 연산된 신뢰도 정보를 수신하는 단계(b); 상기 클러스터 헤더 노드들의 신뢰도를 연산하여 각 클러스터 헤더 노드들이 신뢰도가 있는 노드인지 여부를 판단하는 단계(c); 및 특정 클러스터 헤더 노드가 신뢰도가 없다고 판단되는 경우, 해당 클러스터 헤더 노드의 클러스터에 속한 노드들에 대해 직접 신뢰도를 연산하는 단계(d)를 포함한다. 개시된 방법 및 장치에 의하면, 클러스터 기반으로 네트워크를 구성하는 노드들의 신뢰도를 연산함으로써 신뢰도 연산에 소요되는 복잡도를 현저히 감소시킬 수 있는 장점이 있다.

### 대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

**H04L 9/083** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 IITP-2017-H8601-15-1011

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 대학ICT연구센터육성지원사업

연구과제명 초고속 무선 네트워크 기반 u-Office 서비스 연구 개발

기 여 율 1/1

주관기관 중앙대학교 산학협력단

연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

다수의 노드를 포함하는 네트워크에서 신뢰도 관리를 위해 최상단 노드에서 수행하는 방법으로서,  
 상기 다수의 노드에 대한 클러스터링을 수행하고 각 클러스터별로 클러스터 헤더 노드를 설정하는 단계(a);  
 상기 클러스터 헤더 노드들로부터 클러스터 내 노드들에 대해 연산된 신뢰도 정보를 수신하는 단계(b);  
 상기 클러스터 헤더 노드들의 신뢰도를 연산하여 각 클러스터 헤더 노드들이 신뢰도가 있는 노드인지 여부를 판단하는 단계(c); 및  
 특정 클러스터 헤더 노드가 신뢰도가 없다고 판단되는 경우, 해당 클러스터 헤더 노드의 클러스터에 속한 노드들에 대해 직접 신뢰도를 연산하는 단계(d)를 포함하는 것을 특징으로 하는 네트워크 노드들의 신뢰도 관리 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
 상기 단계(a)는 클러스터 내에서 최상위 계층의 노드를 클러스터 헤더 노드로 설정하는 것을 특징으로 하는 네트워크 노드들의 신뢰도 관리 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,  
 상기 단계(b)는 각 클러스터 내 노드들이 상기 클러스터 헤더 노드들에게 LTO(Local Trust Opinion) 정보를 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 네트워크 노드들의 신뢰도 관리 방법

#### 청구항 4

제3항에 있어서,  
 상기 단계(b)는,  
 상기 클러스터 헤더 노드가,  
 상기 수신한 LTO 정보에 기초하여 상기 클러스터 내 노드들의 주관 평판 지수(Subjective Reputation Evaluation)를 연산하는 단계;  
 신뢰도 연산에 사용할 주관 평판 지수를 선출하는 단계;  
 상기 선출된 주관 평판 지수를 이용하여 행동 평판(Behavior Reputation) 및 신뢰 평판(Credibility Reputation)을 연산하는 단계; 및  
 상기 행동 평판 및 상기 신뢰 평판에 기초하여 상기 클러스터 내 각 노드들의 신뢰도를 연산하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 네트워크 노드들의 신뢰도 관리 방법

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 단계(c)는 상기 클러스터 헤더 노드들의 LTO 정보를 수신하여 상기 클러스터 헤더 노드들의 신뢰도를 연산하는 것을 특징으로 하는 네트워크 노드들의 신뢰도 관리 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 단계(d)는 상기 신뢰도가 없는 클러스터 헤더 노드의 클러스터 내 노드들로부터 LTO를 직접 수신하는 단계; 및

상기 수신된 LTO에 기초하여 상기 클러스터 내 노드들의 신뢰도를 연산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 네트워크 노드들의 신뢰도 관리 방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 단계(a)는 신뢰도 연산의 복잡도가 최소화되도록 클러스터의 수를 결정하는 것을 특징으로 하는 네트워크 노드들의 신뢰도 관리 방법.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 클러스터의 수는 다음의 수식과 같이 결정되는 것을 특징으로 하는 네트워크 노드들의 신뢰도 관리 방법.

$$k_{optimal} = Nint\left(\frac{\sqrt{N(1-\beta)}}{1-\beta}\right)$$

위 수식에서,  $k_{optimal}$ 은 최적 클러스터의 수이고 N은 전체 노드의 수이며, Nint는 Nearest Integer function을 의미하고,  $\beta$ 는 전체 노드 중 LTO 정보를 클러스터 헤더가 아닌 최상단 노드에 직접 전송하는 노드의 비율을 의미한다.

#### 청구항 9

다수의 노드로 이루어진 네트워크의 최상단 노드 장치로서,

다른 노드들과의 통신을 위한 통신부;

상기 네트워크 내 노드들에 대해 클러스터링을 수행하고 각 클러스터별로 클러스터 헤더 노드를 지정하며, 상기 클러스터 헤더 노드들로부터 각 클러스터 내 노드들에 대해 연산된 신뢰도 정보를 수신하고 상기 클러스터 헤더 노드들의 신뢰도를 연산하는 신뢰 정보 연산부; 및

상기 네트워크의 노드들에 대해 연산된 신뢰도 정보를 저장하는 신뢰 정보 저장부를 포함하되,

상기 신뢰 정보 연산부는 특정 클러스터 헤더 노드가 신뢰도가 없다고 판단되는 경우, 해당 클러스터 헤더 노드의 클러스터에 속한 노드들에 대해 직접 신뢰도를 연산하는 것을 특징으로 하는 최상단 노드 장치.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 신뢰 정보 연산부는 클러스터 내에서 최상위 계층의 노드를 클러스터 헤더 노드로 설정하는 것을 특징으로 하는 최상단 노드 장치.

#### 청구항 11

제9항에 있어서,

각 클러스터 내 노드들은 상기 클러스터 헤더 노드들에게 LTO(Local Trust Opinion) 정보를 전송하는 것을 특징으로 하는 최상단 노드 장치.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 클러스터 헤더 노드는 ,

상기 수신한 LTO 정보에 기초하여 상기 클러스터 내 노드들의 주관 평판 지수(Subjective Reputation Evaluation)를 연산하고, 신뢰도 연산에 사용할 주관 평판 지수를 선출하며, 상기 선출된 주관 평판 지수를 이용하여 행동 평판(Behavior Reputation) 및 신뢰 평판(Credibility Reputation)을 연산하고, 상기 행동 평판 및 상기 신뢰 평판에 기초하여 상기 클러스터 내 각 노드들의 신뢰도를 연산하는 것을 특징으로 하는 최상단 노드 장치.

#### 청구항 13

제9항에 있어서,

상기 신뢰 정보 연산부는 상기 클러스터 헤더 노드들의 LTO 정보를 수신하여 상기 클러스터 헤더 노드들의 신뢰도를 연산하는 것을 특징으로 하는 최상단 노드 장치.

#### 청구항 14

제9항에 있어서,

상기 신뢰 정보 연산부는 상기 신뢰도가 없는 클러스터 헤더 노드의 클러스터 내 노드들로부터 LTO를 직접 수신하고, 상기 수신된 LTO에 기초하여 상기 클러스터 내 노드들의 신뢰도를 연산하는 것을 특징으로 하는 최상단 노드 장치.

#### 청구항 15

제9항에 있어서,

상기 신뢰 정보 연산부는 신뢰도 연산의 복잡도가 최소화되도록 클러스터의 수를 결정하는 것을 특징으로 하는 최상단 노드 장치.

#### 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 클러스터의 수는 다음의 수식과 같이 결정되는 것을 특징으로 하는 최상단 노드 장치.

$$k_{optimal} = Nint(\frac{\sqrt{N(1-\beta)}}{1-\beta})$$

위 수식에서,  $k_{optimal}$ 은 최적 클러스터의 수이고 N은 전체 노드의 수이며, Nint는 Nearest Integer function을 의미하고,  $\beta$ 는 전체 노드 중 LTO 정보를 클러스터 헤더가 아닌 최상단 노드에 직접 전송하는 노드의 비를 의미한다.

## 청구항 17

제1항 내지 제8항의 방법을 실행하기 위한 프로그램이 기록되어 있으며 컴퓨터에 의해 판독 가능한 프로그램이 기록된 기록 매체.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 네트워크 내 노드들의 신뢰 관리 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 연산의 단순화를 도모할 수 있는 네트워크 노드들의 신뢰도 관리 방법 및 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0003] 신뢰” 라는 개념은 사회과학분야에서 처음 등장하였으며, 특정 집단의 행동에 기초하여 주관적인 믿음에 대한 척도를 나타내는 개념이다. 신뢰 관리 기법은 이전의 어떠한 노드 간의 통신이 없었더라도 이상적인 네트워크 보안 환경을 모든 참여 노드들이 구성하는 것을 목표로 한다.

[0004] 이러한 사회과학적인 개념을 이용하여 통신 환경 내에서 각 노드들이 사람과 비유되어 주변 노드들의 행위를 관찰하여 신뢰도, 평판을 계산하는 과정으로 이루어진다.

[0005] 신뢰 관리 기법(Trust management scheme)은 대단위 조직(전체 네트워크)내에서 구성원이 다른 주변의 구성원의 행위를 직/간접적으로 관찰하여 수집된 정보(evidence)를 바탕으로 신뢰정보(Local Trust Opinion)을 생성하여 노드의 성향을 구분하는 최상단 노드에 보낸다. 사회과학적인 용어에서 유래된 평판 평가/관리의 개념을 이용하는 신뢰 관리 기법은 기본적으로 관찰에 의해 수행되는데 네트워크에서 각 호스트의 행위는 패킷 전달(Forwarding) 패킷을 관찰하여 긍정적인 행위, 부정적인 행위로 관찰을 하게 된다. 관찰을 통해 해당 노드의 행위에 대한 증거를 수집하여 다른 노드의 신뢰도와 비교를 하게 되고 네트워크 정책에 반영을 하게 된다.

[0006] 신뢰 관리 기법을 적용한 신뢰도의 연산은 수많은 노드와 대량의 신뢰 정보 발생에 따른 처리 비용을 감수하여야 하므로 매우 높은 연산 복잡도를 가지는 문제점이 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 신뢰도 연산을 위해 증가하는 연산 복잡도를 저감시킬 수 있는 네트워크 노드들의 신뢰도 관리 방법 및 장치를 제안한다.

### 과제의 해결 수단

- [0010] 상기와 같은 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 일 측면에 따르면, 다수의 노드를 포함하는 네트워크에서 신뢰도 관리를 위해 최상단 노드에서 수행하는 방법으로서, 상기 다수의 노드에 대한 클러스터링을 수행하고 각 클러스터별로 클러스터 헤더 노드를 설정하는 단계(a); 상기 클러스터 헤더 노드들로부터 클러스터 내 노드들에 대해 연산된 신뢰도 정보를 수신하는 단계(b); 상기 클러스터 헤더 노드들의 신뢰도를 연산하여 각 클러스터 헤더 노드들이 신뢰도가 있는 노드인지 여부를 판단하는 단계(c); 및 특정 클러스터 헤더 노드가 신뢰도가 없다고 판단되는 경우, 해당 클러스터 헤더 노드의 클러스터에 속한 노드들에 대해 직접 신뢰도를 연산하는 단계(d)를 포함하는 네트워크 노드들의 신뢰도 관리 방법이 제공된다.
- [0011] 상기 단계(a)는 클러스터 내에서 최상위 계층의 노드를 클러스터 헤더 노드로 설정한다.
- [0012] 상기 단계(b)는 각 클러스터 내 노드들이 상기 클러스터 헤더 노드들에게 LTO(Local Trust Opinion) 정보를 전송하는 단계를 포함한다.
- [0013] 상기 단계(b)는, 상기 클러스터 헤더 노드가, 상기 수신한 LTO 정보에 기초하여 상기 클러스터 내 노드들의 주관 평판 지수(Subjective Reputation Evaluation)를 연산하는 단계; 신뢰도 연산에 사용할 주관 평판 지수를 선출하는 단계; 상기 선출된 주관 평판 지수를 이용하여 행동 평판(Behavior Reputation) 및 신뢰 평판(Credibility Reputation)을 연산하는 단계; 및 상기 행동 평판 및 상기 신뢰 평판에 기초하여 상기 클러스터 내 각 노드들의 신뢰도를 연산하는 단계를 더 포함한다.
- [0014] 상기 단계(c)는 상기 클러스터 헤더 노드들의 LTO 정보를 수신하여 상기 클러스터 헤더 노드들의 신뢰도를 연산한다.
- [0015] 상기 단계(d)는 상기 신뢰도가 없는 클러스터 헤더 노드의 클러스터 내 노드들로부터 LTO를 직접 수신하는 단계; 및 상기 수신된 LTO에 기초하여 상기 클러스터 내 노드들의 신뢰도를 연산하는 단계를 포함한다.
- [0016] 상기 단계(a)는 신뢰도 연산의 복잡도가 최소화되도록 클러스터의 수를 결정한다.
- [0017] 상기 클러스터의 수는 다음의 수학적식과 같이 결정된다.

$$k_{optimal} = Nint(\frac{\sqrt{N(1-\beta)}}{1-\beta})$$

- [0018]
- [0019] 위 수학적식에서,  $k_{optimal}$ 은 최적 클러스터의 수이고 N은 전체 노드의 수이며, Nint는 Nearest Integer function을 의미하고,  $\beta$ 는 전체 노드 중 LTO 정보를 클러스터 헤더가 아닌 최상단 노드에 직접 전송하는 노드의 비를 의미한다.
- [0020] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 다수의 노드로 이루어진 네트워크의 최상단 노드 장치로서, 다른 노드들과의 통신을 위한 통신부; 상기 네트워크 내 노드들에 대해 클러스터링을 수행하고 각 클러스터별로 클러스터 헤더 노드를 지정하며, 상기 클러스터 헤더 노드들로부터 각 클러스터 내 노드들에 대해 연산된 신뢰도 정보를 수신하고 상기 클러스터 헤더 노드들의 신뢰도를 연산하는 신뢰 정보 연산부; 및 상기 네트워크의 노드들에 대해 연산된 신뢰도 정보를 저장하는 신뢰 정보 저장부를 포함하되, 상기 신뢰 정보 연산부는 특정 클러스터 헤더 노드가 신뢰도가 없다고 판단되는 경우, 해당 클러스터 헤더 노드의 클러스터에 속한 노드들에 대해 직접 신뢰도를 연산하는 최상단 노드 장치가 제공된다.

### 발명의 효과

- [0022] 본 발명에 의하면, 클러스터 기반으로 네트워크를 구성하는 노드들의 신뢰도를 연산함으로써 신뢰도 연산에 소요되는 복잡도를 현저히 감소시킬 수 있는 장점이 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 신뢰도 관리 방법이 적용되는 네트워크의 구성을 나타낸 도면.  
도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 신뢰도 관리 방법의 전체적인 흐름을 도시한 순서도.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 각 클러스터의 클러스터 헤더 노드에서 수행되는 신뢰도 연산 방법을 나타낸 순서도.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크를 구성하는 노드 장치의 구성을 나타낸 블록도.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 신뢰도 연산에 사용할 SR 집합을 결정하는 과정을 나타낸 도면.

도 6은 본 발명에 의한 방법과 최상단 노드 전체 노드의 신뢰도를 관리하는 종래의 방법(Global Trust)의 연산 복잡도를 나타낸 도면.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.
- [0026] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부속임을 나타낸다.
- [0027] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 “포함”한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 “...부”, “...기”, “모듈”, “블록” 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 신뢰도 관리 방법이 적용되는 네트워크의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0029] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 신뢰도 관리 방법이 적용되는 네트워크는 다수의 노드들을 포함하며, 본 발명은 네트워크를 구성하는 각 노드들의 신뢰도를 연산하는 것이다.
- [0030] 신뢰도 연산을 위해 각 노드들은 다른 노드들과의 통신을 수행하며 노드들간의 통신 결과에 기초하여 각 노드의 신뢰도가 연산된다.
- [0031] 종래의 신뢰도 연산은 신뢰도 연산을 위한 정족수 산출(추후 설명하는 신뢰하는 SR 집합)을 위해 상당한 연산 복잡도가 발생하는데, 예를 들어 노드 수가 10배 증가하게 될 경우 연산 복잡도는 1000배가 증가하여 노드 수가 증가할수록 연산 복잡도는 높은 비율로 증가하게 된다.
- [0032] 이러한 연산 복잡도로 인해 대규모의 애드혹 네트워크에서는 노드들의 신뢰도 연산을 위해 상당한 자원이 소요되는 문제점이 있었다.
- [0033] 본 발명은 이러한 연산 복잡도 문제를 해결하기 위해, 도 1에 도시된 바와 같이 노드들을 다수의 클러스터로 클러스터링 한다. 도 1을 참조하면, 세 개의 클러스터(110, 120, 130)로 노드들이 클러스터링된 경우가 도시되어 있다.
- [0034] 각 클러스터에는 다수의 노드들이 포함되며, 각 클러스터별로 클러스터 헤드(112, 122, 132)가 결정된다.
- [0035] 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 네트워크가 계층적 구조를 가질 경우, 클러스터 내에서 가장 상위 계층에 존재하는 노드를 클러스터 헤드로 결정하는 것이 바람직하다. 네트워크가 계층적 구조를 가지지 않을 경우, 클러스터 내부의 노드 중 어느 하나가 선택될 수 있다. 이 경우, 클러스터 헤드는 임의로 결정될 수도 있으며 노드의 통신 횟수에 기초하여 결정될 수도 있을 것이다.
- [0036] 클러스터 헤드로 결정된 노드들(112, 122, 132)은 해당 클러스터 내의 노드들로부터 통신 정보를 수신하고 노드들로부터 수신한 통신 정보에 기초하여 클러스터 내 각 노드들의 신뢰도를 연산한다.
- [0037] 클러스터 헤드로 결정된 노드들(112, 122, 132)은 연산된 클러스터 내 노드들의 신뢰도를 최상단 노드(TA: Trust Authority)에 보고한다. 여기서 최상단 노드는 미리 결정되는 노드로서 계층적 구조의 네트워크에서는 최상위 계층에 위치하는 노드일 수 있다.
- [0038] 최상단 노드(TA)는 네트워크의 신뢰도 연산을 위한 동작들을 전체적으로 제어한다. 최상단 노드는 네트워크의 노드들에 대한 클러스터링을 수행하여 클러스터별로 노드들을 분배하고 각 클러스터마다 클러스터 헤더 노드를



지정한다.

- [0039] 클러스터링이 완료되고 및 클러스터 헤더 노드가 지정되면, 최상단 노드(TA)는 각 클러스터의 클러스터 헤더로부터 클러스터 헤더로부터 신뢰도 정보를 수신한다.
- [0040] 또한, 최상단 노드(TA)는 클러스터 헤더 노드들의 신뢰도를 계산하여 클러스터 헤더 노드가 신뢰성이 있는 노드인지 여부를 판단한다. 만일 클러스터 헤더가 신뢰성이 없는 악의적인 노드라면 클러스터 헤더로부터 제공받은 정보를 신뢰할 수 없으므로 최상단 노드는 직접 해당 클러스터의 노드들에 대한 신뢰도 연산을 수행한다.
- [0041] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 신뢰도 관리 방법의 전체적인 흐름을 도시한 순서도이다.
- [0042] 도 2를 참조하면, 우선 최상단 노드는 네트워크를 구성하는 노드들에 대한 클러스터링을 수행하고 클러스터 헤더 노드를 지정한다(단계 200). 앞서 설명한 바와 같이, 각 클러스터의 클러스터 헤더 노드는 각 클러스터에서 최상위 계층의 노드로 선택되는 것이 바람직하다.
- [0043] 클러스터가 설정되면 각 노드들은 노드간 통신을 수행하고 LTO(Local Trust Opinion) 정보를 연산한다(단계 202). 각 노드들은 연산된 LTO 정보를 노드가 속한 클러스터의 클러스터 헤더 노드에게 전송한다(단계 204). 노드들은 상대 노드가 전송한 패킷을 적절하게 수신하였는지 여부에 대한 응답 정보의 수신 여부 및 해당 패킷이 적절하게 목적지 노드로 전달되었는지 여부에 대한 정보를 이용하여 LTO를 연산한다. 패킷이 유실되거나 의도적으로 드랍되었다면 해당 패킷에 대한 응답 정보를 수신할 수 없을 것이며 해당 패킷이 목적지로 적절하게 전달되지도 않을 것이다. LTO를 연산하는 구체적인 방법은 별도의 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0044] 클러스터 헤더는 클러스터 내의 노드들로부터 전송되는 LTO 정보에 기초하여 클러스터 내 각 노드들의 신뢰도를 연산한다(단계 206). 클러스터 내 노드들의 신뢰도를 연산하는 구체적인 방법은 별도의 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0045] 클러스터 헤더는 각 노드들의 신뢰도 정보를 최상단 노드(TA)에 보고한다(단계 208).
- [0046] 최상단 노드(TA)는 최상단 노드와 클러스터 헤더들간의 LTO 정보를 수집하고 클러스터 헤더들의 신뢰도를 연산한다(단계 210). 클러스터 헤더 노드는 해당 클러스터에서는 최상위 계층에 위치하고 해당 클러스터 노드들의 신뢰도를 연산하는 주체이기 때문에 클러스터 헤더가 악의적인 노드인지 여부는 최상단 노드가 직접 판단한다(단계 212).
- [0047] 특정 클러스터 헤더가 악의적인 노드라고 판단되는 경우, 최상단 노드(TA)는 해당 클러스터 헤더로부터 수신한 신뢰도 정보를 사용하지 않고 해당 클러스터 헤더가 속한 클러스터의 노드들로부터 직접 LTO 정보를 수신하여 해당 클러스터에 속한 노드들의 신뢰도를 다시 연산한다(단계 212).
- [0048] 모든 클러스터 헤더들이 신뢰도가 미리 설정된 임계치 이상이어서 악의적인 노드가 아니거나, 악의적인 클러스터 헤더가 속한 클러스터 내 노드들의 신뢰도가 최상단 노드에 의해 재연산된 경우, 최상단 노드는 최종 신뢰도 정보에 기초하여 미리 설정된 어플리케이션을 수행한다(단계 214).
- [0049] 여기서, 어플리케이션은 악의적인 노드의 접속 차단, 라우팅 재설정 등과 같이 다양한 형태로 운영자가 지정할 수 있을 것이다.
- [0050] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 각 클러스터의 클러스터 헤더 노드에서 수행되는 신뢰도 연산 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0051] 도 3을 참조하면, 클러스터 헤더 노드는 노드간 LTO(Local Trust Opinion)를 수집한다(단계 300).
- [0052] 네트워크를 구성하는 각각의 노드는 주변 노드와의 통신을 수행하며, 통신 결과를 통해 LTO 정보를 연산하여 클러스터 헤더로 전송하는데, 여기서 통신 결과는 패킷의 전달(forwarding), 차단(Blocking), 드랍(Dropping) 및 위조(Forgery) 등을 포함할 수 있다.
- [0053] 패킷을 송신하는 노드(w)에서 패킷을 수신하는 노드(u)와의 통신 행위가 이루어질 때 패킷을 송신하는 노드(w)는 패킷을 수신하는 노드(u)로부터의 응답(ACK)을 통해 통신 결과를 확인할 수 있게 된다.
- [0054] 노드 w와 노드 u의 통신 결과는 긍정적인 결과와 부정적인 결과로 구분할 수 있다. 여기서, 긍정적인 결과는 노드 w가 노드 u로 전송한 패킷에 대해 노드 u로부터 패킷을 전달받았다는 응답(ACK) 메시지를 수신하는 것이고 부정적인 결과는 노드 w가 노드 u로 전송한 패킷에 대해 노드 u로부터 패킷을 전달 전달이 이루어지지 않았다는 응답(ACK) 메시지를 수신하는 경우이다. 노드 u로부터 응답(ACK) 메시지를 수신하지 못하는 경우도 부정적인 결

과에 해당될 것이다.

[0055]  $LTO_{w,u}$ 는 노드  $w$ 가 노드  $u$ 를 송신자 입장에서 관찰하였을 때 부정적인 결과와 긍정적인 결과에 대한 정량화된 수치로 정의될 수 있을 것이다. 구체적으로  $LTO_{w,u}$ 는 다음의 수학식 1과 같이 정의될 수 있다.

### 수학식 1

$$LTO_{w,u} = \frac{p_{w,u}}{p_{w,u} + n_{w,u}}$$

[0056]

[0057] 위 수학식 1에서,  $p_{w,u}$ 는 긍정적인 결과의 수로서 노드  $w$ 가 노드  $u$ 로부터 패킷을 전달하였다는 응답(ACK)을 받은 결과의 수이고,  $n_{w,u}$ 는 부정적인 결과의 수로서 노드  $w$ 가 노드  $u$ 로부터 패킷 전달이 이루어지지 않았다는 응답을 받는 결과와 응답 메시지를 수신하지 못하는 결과의 수이다.

[0058]  $LTO$ (Local Trust Opinion)는 노드간 직접 관찰 결과에 대한 정량화된 수치라고도 할 수 있으며,  $LTO$ 는 네트워크를 구성하는 각 노드에서 연산이 이루어지는 것으로 설명하였으나, 각 노드에서의 통신 정보를 수신한 후 클러스터 헤더 노드에서 노드별로  $LTO$ 를 연산할 수도 있을 것이다.

[0059] 클러스터 헤더 노드는 수집된  $LTO$ 를 매트릭스의 형태로 저장할 수 있다.

[0060]  $LTO$ 의 수집이 완료되면, 클러스터 헤더 노드는 수집된  $LTO$  정보를 이용하여 주관 평판 지수(Subjective Reputation Evaluation: SR)를 연산한다(단계 302).

[0061] 주관 평판 지수  $SR_{w,u}$ 는 노드  $w$ 의 노드  $u$ 에 대한  $LTO$ 값이 노드  $u$ 와 통신하는 다른 노드들의  $LTO$ 값과 비교하여 유사한 정도를 정량화한 지수이다.

[0062] 주관 평판 지수  $SR_{w,u}$ 는 다음의 수학식 2와 같이 정의될 수 있다.

### 수학식 2

$$SR_{w,u} = \sum_{j \in S_u} LTO_{j,u} \frac{HR_j \text{Sim}(w,j)}{\sum_{j \in S_u} HR_j \text{Sim}(w,j)}$$

[0063]

[0064] 위 수학식 2에서  $\text{Sim}(w,j)$ 는 노드  $w$ 와 노드  $j$ 의 노드  $u$ 에 대한  $LTO$  유사도를 의미하고,  $S_u$ 는 노드  $u$ 에 대해  $LTO$  값을 가지고 있는 노드의 세트를 의미하며,  $HR_j$ 는 노드  $j$ 의 계층에 의해 부여되는 가중치를 의미한다.

[0065]  $\text{Sim}(w,j)$ 는  $LTO$  벡터의 코사인 함수를 기반으로 측정되며, 다음의 수학식 3과 같이 연산될 수 있다.

### 수학식 3

$$\text{Sim}(w,j) = \max(\cos(LTO'_w, LTO'_j), 0)$$

[0066]

[0067]  $HR_j$ 는 노드별 계층에 따라 주어지는 가중치이며, 노드의 종류에 따라 다음의 수학식 4와 같이 가중치가 부여될 수 있다.

#### 수학식 4

$$HR_j = \begin{cases} 3 & \text{if node } j \text{ is TA} \\ 2 & \text{if node } j \text{ is CH} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0068]

[0069] 위 수학식 4에서 제시된 가중치는 예시적인 것이며 필요에 따라 가중치는 적절하게 변경될 수 있을 것이다.

[0070] SR의 개수는 자기 자신을 제외한 다른 관찰 대상 노드들의 노드의 수만큼 생성될 수 있을 것이다. 이를 SR 행렬로 표현하면 다음의 수학식 5와 같다.

#### 수학식 5

$$SR_w = (SR_{w,1}, SR_{w,2}, \dots, SR_{w,N})$$

[0071]

[0072] 각 노드별로 주관 평판 지수가 연산되면, 신뢰도 연산에 사용할 주관 평판 지수를 선정한다(단계 304). 정직한 노드는 다른 인접 노드를 관찰 시 정확한 관찰을 통해 사실대로 보고를 하는 경향을 가지지만, 악의적인 노드는 다른 노드를 관찰하였을 때 관찰 결과를 위조하거나 드랍시켜서 SR 값을 낮게 평가하여 보고하는 경향이 있다.

[0073] 결국, 악의적인 노드는 SR 행렬 값에서 편차가 크게 나타날 수 밖에 없으며, 정직한 노드는 SR 행렬 값에서 편차가 악의적인 노드에 비해 상대적으로 작게 나타나게 된다.

[0074] 본 발명은 상대적으로 정직한 노드들만을 이용하여 신뢰도가 연산될 수 있도록 총 SR로부터 정직하다고 판단되는 미리 설정된 수(예를 들어, 총 SR 수의 1/2) 이상의 SR을 신뢰도 연산에 사용할 SR로 결정한다.

[0075] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 신뢰도 연산에 사용할 SR 집합을 결정하는 과정을 나타낸 도면이다.

[0076] 도 5를 참조하면, SR 행렬에서 각각의 SR 값을 하나로 구성된 각각의 그룹이라고 할 경우 각 그룹의 SR 값을 인근의 SR 값과 비교하여 그 차이가 가장 적은 값을 갖는 SR 값의 쌍을 묶는다. 이 과정을 단계별로 시행하여 그룹의 크기를 확장시키며 미리 설정된 정족수(예를 들어 총 SR 수의 1/2)를 초과할 때까지 이 과정을 반복하여 신뢰도 연산에 사용할 SR을 결정하게 된다.

[0077] 신뢰도 연산에 사용할 SR 집합을 D로 정의하며, D에 속한 SR을 이용하여 각 노드의 신뢰도를 연산한다(단계 206).

[0078] 노드의 신뢰도 연산을 위해 행동 평판(Behavior Reputation: BR) 및 신뢰 평판(Credibility Reputation: CR)을 선행하여 연산한다.

[0079] 행동 평판(BR)은 네트워크에서 대상 노드를 다른 노드들이 어떻게 평가하는지에 대해 정량화된 지수이며, 다음의 수학식 6과 같이 행동 평판(BR)을 연산한다.

#### 수학식 6

$$BR_{CH,i,u} = \frac{\sum_{w \in D} SR_{w,u}}{|D_{CH}|}$$

[0080]

[0081] 신뢰 평판(CR)은 노드 u가 보고한 LTO의 신뢰도를 정량화한 지수이다. 신뢰 평판(CR)은 노드 u가 보고한 LTO 값과 다른 노드들이 보고한 LTO 값의 차이를 기반으로 연산된다. 만약 어느 노드 j에 대해 LTO가 양호한 값을 가지고 노드 u의 LTO 역시 좋은 값을 가진다면 신뢰할 수 있는 노드로 판단하여 높은 신뢰 평판을 가지게 된다.

[0082] 만약, 노드 u를 평가할 수 있는 주변의 노드가 없어 평판 자료가 없는 경우에는 지난 평판 자료를 기반으로 산

출하고 지난 평판 자료 역시 없는 경우에는 CR 값을 “알 수 없음” 으로 처리한다.

[0083] 신뢰 평판(CR)은 다음의 수학적 7과 같이 연산될 수 있다.

### 수학적 7

$$CR_{CH_{i,u}} = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{j \in \{LTO_{u,j} \neq null\}} (LTO_{u,j} - BR_{CH_{i,j}})^2}{|j \in \{LTO_{u,j} \neq null\}|}}$$

[0084]

[0085] 연산되는 행동 평판(BR)과 신뢰 평판(CR)을 기초로 하여 최종적으로 각 노드의 신뢰도(Global Reputation: GR)을 연산하며 다음의 수학적 8과 같이 연산될 수 있다.

### 수학적 8

$$GR_{CH_{i,u}} = \begin{cases} \gamma BR_{CH_{i,u}} + (1 - \gamma) CR_{CH_{i,u}} & \text{if both known} \\ \text{unknown} & \text{if both unknown} \\ CR_{CH_{i,u}} & \text{if only } BR_{CH_{i,u}} = \text{unknown} \\ BR_{CH_{i,u}} & \text{if only } CR_{CH_{i,u}} = \text{unknown} \end{cases}$$

[0086]

[0087] 위 수학적 8에서,  $\gamma$  는 미리 설정되는 가중치 상수이다.

[0088] 한편, 위에서는 특정 클러스터의 모든 노드는 클러스터 헤더 노드에 LTO 정보를 전송하여 클러스터 헤더 노드가 신뢰도 정보를 연산하는 경우만을 설명하였으나 신뢰도 연산의 안정성을 담보하기 위해 일부 노드는 클러스터 헤더 노드가 아닌 최상단 노드에 LTO 정보를 직접 전송하여 최상단 노드에서 신뢰도 연산이 이루어질 수도 있을 것이다.

[0089] 본 명세서에서 전체 노드 중 최상단 노드로 직접 LTO 정보를 전송하는 노드의 비를  $\beta$ 로 정의한다.

[0090] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크를 구성하는 노드 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.

[0091] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 노드 장치는 통신부(701), 제어부(702), 신뢰 정보 계산 장치(703), 신뢰 정보 저장 장치(704), 입출력부(705) 및 전력 공급 장치(706)를 포함한다.

[0092] 통신부(701)는 다른 노드들과 통신하는 모듈이며 미리 설정된 통신 프로토콜을 이용하여 다른 노드들과 데이터 송수신을 수행한다.

[0093] 제어부(702)는 노드의 전체적인 동작을 제어한다. 구체적으로 제어부(702)는 신뢰도 연산과 관련된 정보를 송수신하거나 저장하고, 노드가 클러스터 헤더이거나 최상단 노드일 경우 신뢰도 계산을 파트에 지시하거나 저장된 신뢰도 정보를 기초로 하여 어플리케이션을 제어 및 실행한다.

[0094] 신뢰 정보 계산 장치(703)는 노드의 특성(일반 노드, 클러스터 헤더 노드, 최상단 노드)따라 다르게 동작한다. 클러스터 헤더 노드 및 최상단 노드가 아닌 일반 노드의 경우 통신 가능한 다른 노드들과의 LTO 연산만이 신뢰 정보 계산 장치에서 이루어진다. 일반 노드는 이전에 송신하였던 패킷에 대한 응답 정보를 기초로 하여 다른 노드와의 LTO만을 연산한다.

[0095] 클러스터 헤더 노드의 신뢰 정보 계산 장치(703)는 클러스터에 속한 일반 노드들로부터 LTO 정보를 수신하여 클러스터에 속한 노드들의 신뢰도를 도 3과 같이 연산한다. 최상단 노드의 신뢰 정보 계산 장치(703)는 클러스터 헤더 노드들로부터 LTO 정보를 수신하여 해 신뢰도를 연산한다. 또한, 특정 클러스터 헤더 노드의 신뢰도가 낮은 경우, 해당 클러스터의 일반 노드들로부터 LTO 정보를 수신하여 신뢰도를 연산한다.

[0096] 신뢰 정보 저장 장치(704)는 신뢰 정보 계산 장치에서 계산된 신뢰도 정보 및/또는 다른 노드로부터 수신한 신뢰도 정보를 저장한다.

- [0097] 입출력부(705)는 노드 제어를 위해 필요한 정보를 사용자가 입출력하기 위한 모듈이다.
- [0098] 전력 공급 장치(706)는 노드에 전력을 공급하는 부분이다.
- [0099] 이하에서는 최상단 노드에서 최적의 클러스터 수를 산출하는 방법에 대해 설명한다.
- [0100] 기존의 신뢰 관리 기법에서는 클러스터 없이 최상단 노드가 모든 노드에 대한 신뢰 정보 수집 후 신뢰도 연산에 사용할 SR 집합에 대한 정족수 산출을 하게 되어, 계산 복잡도로 인해 신뢰도 정보를 산출하는 시간이 오래 걸리게 된다. 다시 말해 신뢰도 연산에 사용할 SR 집합 선정을 위한 유클리디언 거리 계산을 위해 각각의 SR 값을 다른 노드가 계산한 SR 값과 1:1로 비교하는 과정에서 계산 시간의 지연이 발생하게 된다.
- [0101] 이 계산 시간의 지연은 일반 노드와 악의적인 노드를 구분하기 위한 판정 시간이 길어지는 부작용을 가져오게 된다.
- [0102] 본 발명에서는 클러스터 내부에서 신뢰도 연산에 사용할 SR 집합을 선출하는 과정에서 발생하는 복잡도를 클러스터 내부에서 발생하는 복잡도와 최상단 노드와 클러스터간 발생하는 복잡도로 구분하여 모델링하고 네트워크 내 발생하는 전체 복잡도는 클러스터 내부 복잡도와 클러스터간 발생하는 복잡도의 합으로 표현하였다.
- [0103] 클러스터의 연산 복잡도는 클러스터 내에서 신뢰도를 산출하는 계산 시간을 나타내고 본 발명은 계층적 클러스터링 기법을 적용하여 신뢰도 연산에 사용할 SR 집합을 선출한다.
- [0104] 각 노드에서 SR 값의 최대 수는 자기 자신을 제외한  $(N/k-1)$ 이고 여기서  $N$ 은 전체 노드의 개수이고  $k$ 는 클러스터의 수를 의미한다. 계층적 클러스터링 과정 중 발생하는 연산 복잡도는  $O(N/k-1 \cdot n)$ 으로 정의할 수 있다. 결과적으로 각 노드별 SR 값을 1:1로 비교하기 위한 최소 연산 횟수에 의거한 연산 복잡도는  $O((N/k-1)^2)$ 으로 표현될 수 있다.
- [0105] 각 노드의 연산 복잡도는  $O(((N/k)^2-3(N/k)-2)/2)$ 로 표현되며, 클러스터 내부 복잡도는 다음의 수학적 식 9와 같이 정의된다.

### 수학적 식 9

[0106]  $O((N/k - 1)^2)$

- [0107] 위 수학적 식 9에서 3차항을 제외한 나머지 항이 제외된 이유는 0 함수 적용 시 최고차항을 기준으로 복잡도를 연산하기 때문이다.

- [0108] 최상단 노드의 연산 복잡도는 클러스터 헤더 노드에서 보내오는 신뢰 데이터를 기반으로 신뢰도를 산출하는 계산 시간을 나타낸다. 각 단계 별 연산 복잡도를 분석하면 다음과 같다. 최상단 노드에서는 각 노드별  $((1-\beta)k + O(((1-\beta)k + \beta N - 1)^2))$

$\beta N-1$ 개의 SR값을 계산하게 된다. 이것을 최소 복잡도 쌍으로 표현을 하게 되면

$$O((1-\beta)k + \beta N - 1 - n)$$

표현 가능하며, 계층적 클러스터링 과정에서 발생하는 계산 복잡도는

$$O(((1-\beta)k + \beta N - 1)^2) + O(((1-\beta)k + \beta N - 1 - n)((1-\beta)k + \beta N - 2)/2))$$

을 이용하여 최고차항만 남기고 정리하면 수학적 식 10과 같다.

### 수학적 식 10

$$O((1-\beta^3)k^3 + (\beta N)^3)$$

[0109]

- [0110] 위 수학적 식 9 및 수학적 식 10을 반영한 연산 복잡도는 다음의 수학적 식 11과 같이 표현될 수 있다.

수학식 11

$$C_{total} = \begin{cases} O(N^3) & k = 1 \\ O\left(\left(\frac{N}{k}\right)^3\right) + O((1-\beta)^3 k^3 + (\beta N)^3) & elsewhere \end{cases}$$

[0111]

[0112] 결국 연산 복잡도는 클러스터의 수인 k에 대한 함수이며 연산 복잡도를 최소화하기 위한 클러스터의 수는 다음의 수학식 12와 같이 정의될 수 있다.

수학식 12

$$k_{optimal} = \arg_k \left[ \frac{\partial C_{total}(k)}{\partial k} = 0 \right] = \frac{\sqrt{N(1-\beta)}}{1-\beta}$$

[0113]

[0114] 위 수학식 12에서,  $k_{optimal}$ 은 양의 정수이므로 nearest integer function ( $Nint(\cdot)$ )을 이용하여 다음의 수학식 13과 같이 구할 수 있다.

수학식 13

$$k_{optimal} = Nint\left(\frac{\sqrt{N(1-\beta)}}{1-\beta}\right)$$

[0115]

[0116] 도 6은 본 발명에 의한 방법과 최상단 노드 전체 노드의 신뢰도를 관리하는 종래의 방법(Global Trust)의 연산 복잡도를 나타낸 도면이다.

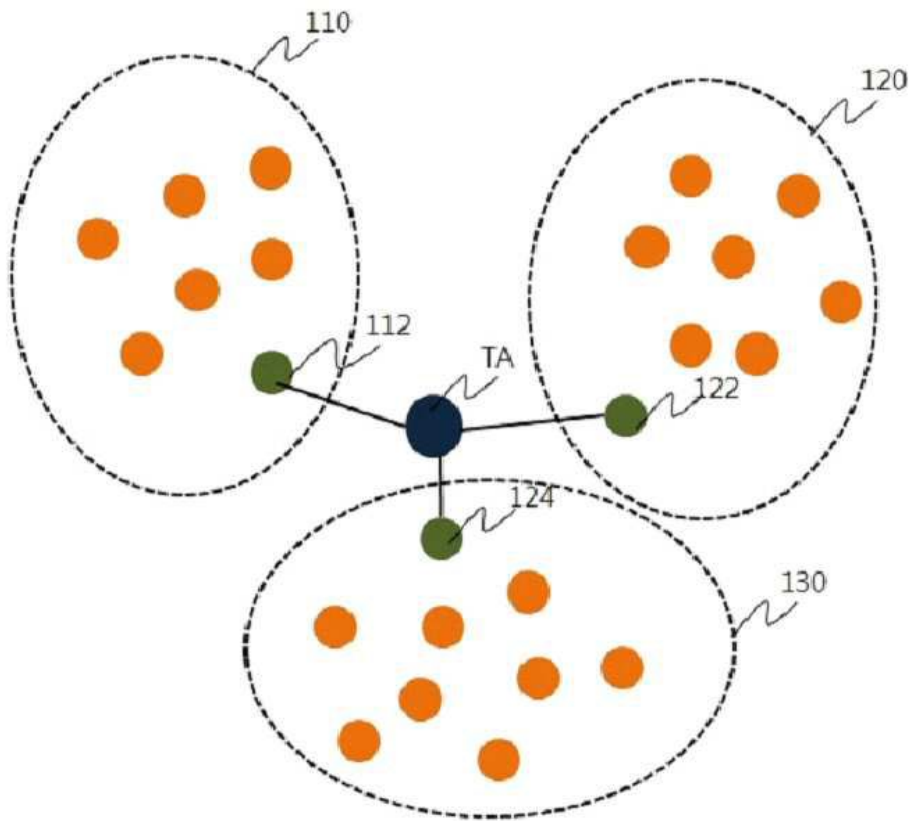
[0117] 도 6을 참조하면, 본 발명에서 제안하는 클러스터링을 이용한 신뢰도 연산 방법이 적용될 때 최상단 노드가 모든 노드의 신뢰도를 관리하는 경우에 비해 연산 복잡도가 현저히 감소하는 것을 확인할 수 있다.

[0118] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

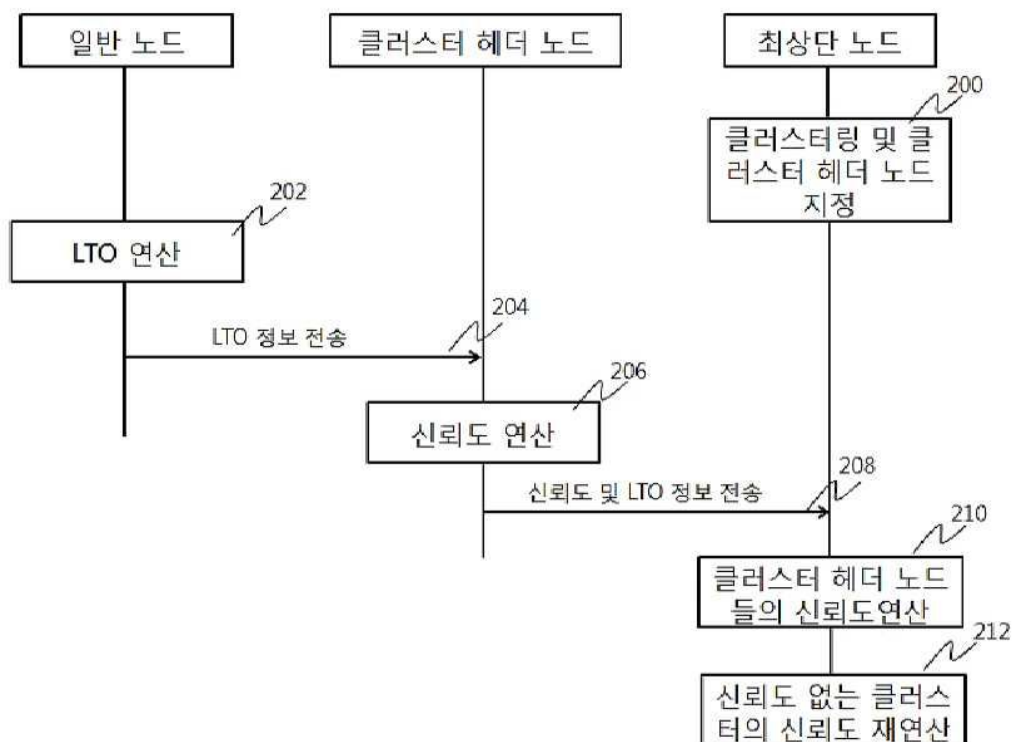
[0119] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면

도면1

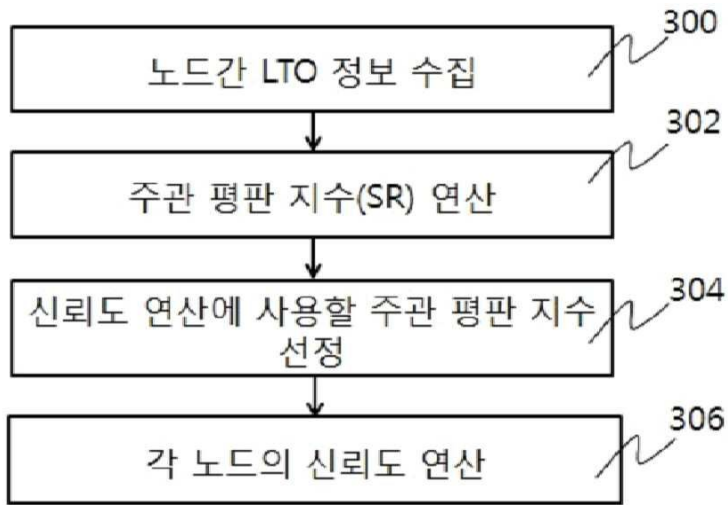


도면2

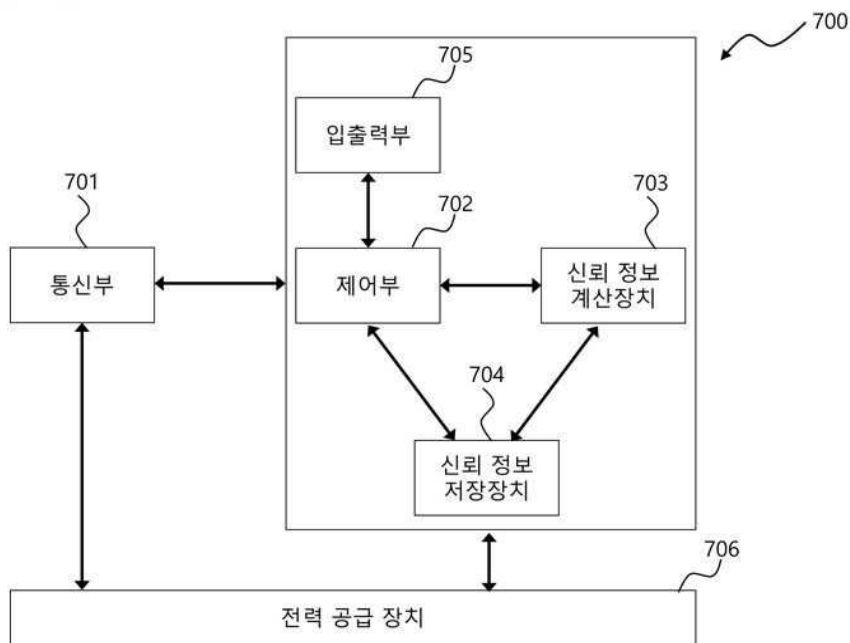




도면3

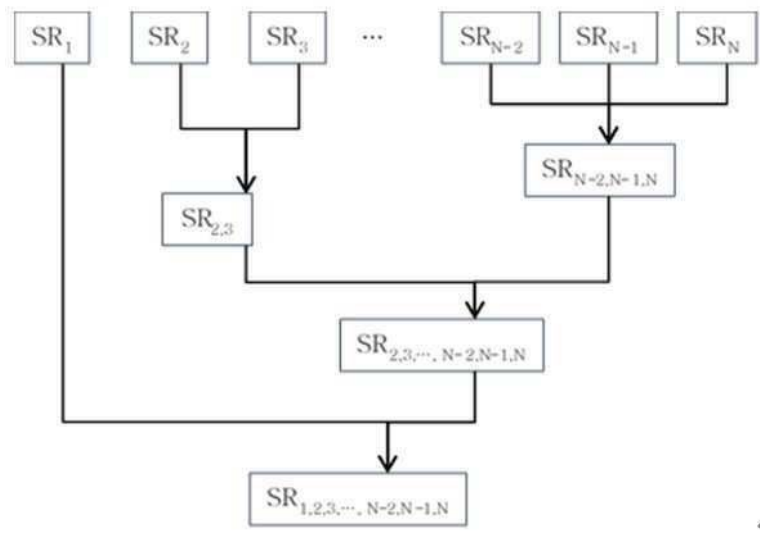


도면4





도면5



도면6

