



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년01월11일
(11) 등록번호 10-1221280
(24) 등록일자 2013년01월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04L 1/18 (2006.01) H04W 84/18 (2009.01)

H04W 40/02 (2009.01) H04L 27/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0088838

(22) 출원일자 2011년09월02일

심사청구일자 2011년09월02일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020100108514 A*

KR1020090037542 A*

KR1020070063917 A

KR100830538 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

이화여자대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)

(72) 발명자

김낙명

서울특별시 서대문구 이화여대길 52, 아산공학관 427호 (대현동, 이화여자대학교)

안미은

서울특별시 서대문구 이화여대길 52, 아산공학관 427호 (대현동, 이화여자대학교)

(74) 대리인

김인철

전체 청구항 수 : 총 20 항

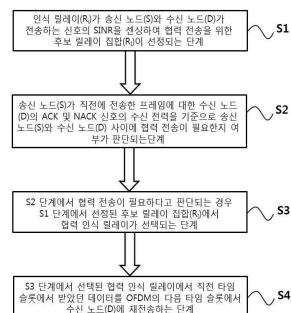
심사관 : 정은선

(54) 발명의 명칭 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법 및 협력 애드혹 네트워크 시스템

(57) 요약

본 발명에 따른 협력 ARQ 재전송 방법은 인식 릴레이(R_i)가 송신 노드(S)와 수신 노드(D)가 전송하는 신호의 SINR을 센싱하여 협력 전송을 위한 후보 릴레이 집합(R_1)이 선정되는 S1 단계, 송신 노드(S)가 직전에 전송한 프레임에 대한 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 신호의 수신 전력을 기준으로 송신 노드(S)와 수신 노드(D) 사이에 협력 전송이 필요한지 여부가 판단되는 S2 단계, S2 단계에서 협력 전송이 필요하다고 판단되는 경우 S1 단계에서 선정된 후보 릴레이 집합(R_1)에서 협력 인식 릴레이가 선택되는 S3 단계 및 S3 단계에서 선택된 협력 인식 릴레이에서 직전 타임 슬롯(time slot)에서 받았던 데이터를 OFDM의 다음 타임 슬롯에서 수신 노드(D)에 재전송하는 S4 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

노드들이 송신 노드, 수신 노드 및 협력 재전송을 하는 인식 릴레이 중 어느 하나로 동작하는 MANET 환경의 협력 ARQ 재전송 방법에 있어서,

인식 릴레이(R_i)가 송신 노드(S)와 수신 노드(D)가 전송하는 신호의 SINR을 센싱하고, 센싱된 SINR에 따라 자신을 상기 송신 노드(S)와 상기 수신 노드(D) 사이에서 협력 전송을 위한 후보 릴레이 집합(R_I)의 하나로 선정하는 S1 단계;

상기 송신 노드(S)가, 직전에 전송한 프레임에 대한 상기 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 신호의 수신 전력을 기준으로 상기 송신 노드(S)와 상기 수신 노드(D) 사이에 협력 전송이 필요한지 여부를 판단하는 S2 단계;

상기 S2 단계에서 협력 전송이 필요하다고 판단된 경우에, 상기 송신 노드(S)가 상기 S1 단계에서 선정된 후보 릴레이 집합(R_I)에서 협력 전송을 수행할 협력 인식 릴레이를 선택하는 S3 단계; 및

상기 S3 단계에서 선택된 협력 인식 릴레이가 직전 타임 슬롯(time slot)에서 받았던 데이터를 OFDM의 다음 타임 슬롯에서 상기 수신 노드(D)에 재전송하는 S4 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 S1 단계에서 후보 릴레이 집합(R_I)은 아래의 식으로 표현되는 것을 특징으로 하는 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법.

$$R_I = \{R | (\gamma_{SD,lower}^{th} \leq \gamma_{S,R_i} \leq \gamma_{SD,upper}^{th}) \cap (\gamma_{DS}^{th} \leq \gamma_{D,R_i})\}$$

(여기서, γ_{S,R_i} 는 송신 노드(S)가 프레임을 전송하는 타임 슬롯 내 R_i 의 수신 SINR, $\gamma_{SD,lower}^{th}$ 은 송신 노드(S)에서 전송한 신호가 수신 노드(D)에 디코딩 가능한 SINR의 최소 문턱값, $\gamma_{SD,upper}^{th}$ 은 송신 노드(S)에서 전송한 신호가 수신 노드(D)에 디코딩 가능한 SINR의 최대 문턱값, γ_{D,R_i} 는 수신 노드(D)가 프레임을 전송하는 타임 슬롯 내 R_i 의 수신 SINR, γ_{DS}^{th} 는 인식 릴레이(R_i)에서 프레임을 전송하는 경우 수신 노드(D)에서 디코딩이 가능한 SINR의 문턱값임)

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 후보 릴레이 집합(R_I)에 속하는 인식 릴레이(R_i)가 협력 전송을 위한 후보 릴레이로서 자신을 제안하기 위해 송신 노드(S)에 RTS를 전송하는 것을 특징으로 하는 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 S2 단계에서, 상기 송신 노드(S)가 상기 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 신호의 수신 전력이 기준 문턱값(γ_S^{th}) 이하로 감지되면 협력 전송이 필요하다고 판단하고,

상기 S3 단계에서, 상기 송신 노드(S)가 처음 수신된 RTS의 노드 ID를 통해 선택된 상기 협력 인식 릴레이에 CTS를 전송하는 것을 특징으로 하는 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 후보 릴레이 집합(R_I)에 속하는 인식 릴레이(R_i)는 상기 인식 릴레이(R_i)와 상기 송신 노드(S) 사이의 거리에 반비례하고, 상기 인식 릴레이(R_i)와 상기 수신 노드(D) 사이의 거리에 비례하는 타이머를 설정하고, 타이머가 0이 되는 시점에 RTS를 전송하는 것을 특징으로 하는 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 후보 릴레이 집합(R_I)에 속하는 2개 이상의 인식 릴레이(R_i)가 동일한 시점에 RTS를 전송하는 경우, 상기 송신 노드(S)는 수신한 RTS의 그룹 ID와 자신의 그룹 ID를 비교하여, 그룹 ID가 일치하지 않으면 수신한 RTS를 무시하고 해당 프레임에 대한 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 응답을 대기하는 것을 특징으로 하는 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 인식 릴레이(R_i)는,

상기 $\gamma_{SD,lower}^{th}$ 값과 $\gamma_{SD,upper}^{th}$ 값을 초기에 임의의 값으로 설정하고, 이후 송신 노드(S)의 CTS 신호와 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 신호를 기초로 조절하는 것을 특징으로 하는 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 인식 릴레이(R_i)는,

협력 인식 릴레이로서 상기 송신 노드(S)에 RTS를 전송하였는데 상기 송신 노드(S)로부터 CTS를 수신하지 못하는 경우,

$$\gamma_{SD,lower}^{th} = \gamma_{SD,lower}^{th} + \delta_{\Delta} \text{로 조절하고,}$$

$$\gamma_{SD,upper}^{th} = \gamma_{SD,upper}^{th} - \delta_{\Delta} \text{로 조절하며,}$$

여기서 δ_{Δ} 는 문턱값 단위변화량을 의미하는 것을 특징으로 하는 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 인식 릴레이(R_i)는,

상기 송신 노드(S)가 상기 S2 단계에서 협력 전송이 불필요하다고 판단하여 상기 S3 단계에서 협력 인식 릴레이를 선택하지 않고 협력 전송이 일어나지 않았는데, 이후에 해당 프레임에 대한 상기 수신 노드(D)에서 NACK가 전송된 경우,

$$\gamma_{SD,lower}^{th} = \gamma_{SD,lower}^{th} - \delta_{\Delta} \text{로 조절하고,}$$

$$\gamma_{SD,upper}^{th} = \gamma_{SD,upper}^{th} + \delta_{\Delta} \text{로 조절하며,}$$

여기서 δ_{Δ} 는 문턱값 단위변화량을 의미하는 것을 특징으로 하는 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법.

청구항 10

제8항 또는 제9항에 있어서,

상기 인식 릴레이(R_i)는, 상기 $\gamma_{SD,lower}^{th}$ 와 $\gamma_{SD,upper}^{th}$ 가 2 타임 슬롯 만에 동일한 값으로 변경된 경우, 상기 $\delta_{\Delta} = (1/2) * \delta_{\Delta}$ 로 변경하는 것을 특징으로 하는 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법.

청구항 11

협력 애드혹(ad-hoc) 네트워크 시스템에 있어서,

데이터 프레임을 송신하는 송신 노드(S);

상기 데이터 프레임을 수신하는 수신 노드(D);

상기 송신 노드(S)와 상기 수신 노드(D)가 전송하는 신호의 SINR을 센싱하여 협력 전송을 위한 후보 릴레이 집합(R_I)을 구성하는 인식 릴레이(R_i)를 포함하되,

상기 송신 노드(S)는, 직전에 전송한 프레임에 대한 상기 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 신호의 수신 전력을 기준으로 상기 송신 노드(S)와 상기 수신 노드(D) 사이에 협력 전송이 필요한지 여부를 판단하여 협력 전송이 필요하다고 판단하는 경우, 상기 후보 릴레이 집합(R_I)에서 협력 인식 릴레이를 선택하여 협력 ARQ 재전송을 요청하는 것을 특징으로 하는 협력 애드혹 네트워크 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 후보 릴레이 집합(R_I)은 아래의 식으로 표현되는 것을 특징으로 하는 협력 애드혹 네트워크 시스템.

$$R_I = \{R | (\gamma_{SD,lower}^{th} \leq \gamma_{S,R_i} \leq \gamma_{SD,upper}^{th}) \cap (\gamma_{DS}^{th} \leq \gamma_{D,R_i})\}$$

(여기서, γ_{S,R_i} 는 송신 노드(S)가 프레임을 전송하는 타임 슬롯 내 R_i 의 수신 SINR, $\gamma_{SD,lower}^{th}$ 는 송신 노드(S)에서 전송한 신호가 수신 노드(D)에 디코딩 가능한 SINR의 최소 문턱값, $\gamma_{SD,upper}^{th}$ 는 송신 노드(S)에서 전송한 신호가 수신 노드(D)에 디코딩 가능한 SINR의 최대 문턱값, γ_{D,R_i} 는 수신 노드(D)가 프레임을 전송하는 타임 슬롯 내 R_i 의 수신 SINR, γ_{DS}^{th} 는 인식 릴레이(R_i)에서 프레임을 전송하는 경우 수신 노드(D)에서 디코딩이 가능한 SINR의 문턱값임)

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 후보 릴레이 집합(R_I)에 속하는 인식 릴레이(R_i)협력 전송을 위한 후보 릴레이로서 자신을 제안하기 위해 송신 노드(S)에 RTS를 전송하는 것을 특징으로 하는 협력 애드혹 네트워크 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 송신 노드(S)는,

상기 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 신호의 수신 전력이 기준 문턱값(γ_S^{th}) 이하로 감지되면 협력 전송이 필요하다고 판단하고,

상기 수신된 RTS의 노드 ID를 통해 선택된 협력 인식 릴레이에 CTS를 전송하는 것을 특징으로 하는 협력 애드혹 네트워크 시스템.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 후보 릴레이 집합(R_I)에 속하는 인식 릴레이(R_i)는 상기 인식 릴레이(R_i)와 상기 송신 노드(S) 사이의 거리에 반비례하고, 상기 인식 릴레이(R_i)와 상기 수신 노드(D) 사이의 거리에 비례하는 타이머를 설정하고, 타이머가 0이 되는 시점에 RTS를 전송하는 것을 특징으로 하는 협력 애드혹 네트워크 시스템.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 후보 릴레이 집합(R_I)에 속하는 2개 이상의 인식 릴레이(R_i)가 동일한 시점에 RTS를 전송하는 경우, 상기 송신 노드(S)는 수신한 RTS의 그룹 ID와 자신의 그룹 ID를 비교하여, 그룹 ID가 일치하지 않으면 수신한 RTS를 무시하고 해당 프레임에 대한 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 응답을 대기하는 것을 특징으로 하는 협력 애드혹 네트워크 시스템.

청구항 17

제12항에 있어서,

상기 $\gamma_{SD,lower}^{th}$ 값과 $\gamma_{SD,upper}^{th}$ 값은 초기에 임의의 값으로 설정되고, 이 후 송신 노드(S)의 CTS 신호와 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 신호를 기준으로 최적화되는 것을 특징으로 하는 협력 애드혹 네트워크 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 인식 릴레이(R_i)는,

협력 인식 릴레이로서 상기 송신 노드(S)에 RTS를 전송하였는데 상기 송신 노드(S)로부터 CTS를 수신하지 못하는 경우,

$$\gamma_{SD,lower}^{th} = \gamma_{SD,lower}^{th} + \delta_{\Delta} \text{로 조절하고,}$$

$$\gamma_{SD,upper}^{th} = \gamma_{SD,upper}^{th} - \delta_{\Delta} \text{로 조절하며,}$$

여기서 δ_{Δ} 는 문턱값 단위변화량을 의미하는 것을 특징으로 하는 협력 애드혹 네트워크 시스템.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 인식 릴레이(R_i)는,

상기 송신 노드(S)가 협력 전송이 불필요하다고 판단하여 협력 인식 릴레이를 선택하지 않았는데 해당 프레임에 대한 상기 수신 노드(D)에서 NACK가 전송된 경우,

$\gamma_{SD,lower}^{th} = \gamma_{SD,lower}^{th} - \delta_{\Delta}$ 로 조절하고,

$\gamma_{SD,upper}^{th} = \gamma_{SD,upper}^{th} + \delta_{\Delta}$ 로 조절하며,

여기서 δ_{Δ} 는 문턱값 단위변화량을 의미하는 것을 특징으로 하는 협력 애드혹 네트워크 시스템.

청구항 20

제18항 또는 제19항에 있어서,

상기 인식 릴레이(R_i)는,

상기 $\gamma_{SD,lower}^{th}$ 와 $\gamma_{SD,upper}^{th}$ 가 2 타임 슬롯 만에 동일한 값으로 변경된 경우, 상기 $\delta_{\Delta} = (1/2) * \delta_{\Delta}$ 로 변경하는 것을 특징으로 하는 협력 애드혹 네트워크 시스템.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 모바일 애드혹 네트워크(MANET: mobile ad hoc network)에서의 협력 ARQ 재전송방법에 관한 것이다. 특히 본 발명은 인식 릴레이(cognitive relay)에서 수신 노드로부터의 피드백을 받기 전에 능동적으로 송신 노드에 재전송을 제안하는 ARQ 재전송방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 데이터 전송 및 다양한 서비스를 실시간으로 제공하기 위하여 양질의 무선통신 환경 구축이 요구된다. 특히, MANET의 패킷 무선통신 환경에서는 전송전력의 제한, 사용자 이동성 등의 요인으로 인하여 많은 프레임 오류가 발생되고, 이를 줄이기 위하여 ARQ(automatic repeat request) 알고리즘에 대한 고찰이 있어왔다.

[0003] 한편, 무선 페이딩 채널에서의 성능향상을 위하여, 하나의 안테나를 가진 단말들을 이용하여 가상의 MIMO(multi input multi output) 환경을 구축하는 협력통신에 관한 연구가 진행되어 왔다. 이러한 협력통신에서는 각각의 노드가 자신의 데이터를 전송하는 것뿐만 아니라, 통신하고 있는 다른 노드의 대체 경로 역할을 수행하게 되어 통신 품질을 향상시킬 수 있게 된다.

[0004] 최근, 프레임 오류와 딜레이(delay)발생을 줄임으로써 실시간으로 고용량의 데이터를 전송하기 위하여 ARQ 알고리즘과 협력통신 기술을 결합하는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. Velupillai Mahinthan과 Jon W. Mark는 두 명의 가입자가 협력전송을 하는 시스템에 ARQ 재전송 기술을 결합하여, 송신 노드가 수신 노드로부터 전송받은 ACK, NACK feedback을 통하여 에러가 발생한 프레임을 재전송 할 수 있도록 하는 QS-CD-ARQ 알고리즘을 제안하였다(Velupillai Mahintan, Humphrey Rutagemwa, Jon W.Mark and sherman Shen, "Cross-layer performance study of cooperative diversity system with ARQ," IEEE trans. Veh. Technol., vol.58, no. 2, pp.705-718, Feb., 2009 참조). 그러나 릴레이(relay)는 수신 노드의 ARQ 피드백(feedback) 정보와 관계없이 항상 송신 노드의 프레임을 재전송함으로써 불필요한 재전송이 발생하게 되었고, 이는 고용량의 데이터를 실시간으로 전송해야하는 차세대 이동통신 시스템에서 활용되기에 부족한 문제점이 있었다.

[0005] 한편, Megraddad Dianati와 Xuemin Shen은 무선 애드혹(ad hoc) 네트워크 환경에서 동작하는 NCSW 알고리즘을 제안하였다(Mehrdad Dianati, Xinhua Ling, Kshirasagar Naik, and Sherman Shen, "A node-cooperative ARQ schemes for wireless ad-hoc networks," IEEE trans. Veh. Technol., vol. 55, no. 3, pp.1032-1044, May., 2006. 참조). NCSW는 수신 노드가 NACK feedback 신호를 전송하면 에러가 발생한 해당 프레임을 송신 노드 대신 릴레이가 수신 노드에게 재전송하게 함으로써 재전송 프레임 오류를 줄일 수 있게 하는 알고리즘이다. 그러나 릴레이가 수신 노드로부터 피드백 신호를 받은 후 재전송을 시작하기 때문에 오류가 발생하였을 때 빠른 재전송이 요구되는 서비스에 활용하기 어려운 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명에 따른 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법 및 협력 애드혹 네트워크 시스템은 다음과 같은 해결과제를 목적으로 한다.
- [0007] 첫째, 인식 릴레이(cognitive relay)를 이용하여 송신 노드가 전송한 신호의 SINR을 센싱(sensing)는 협력 ARQ 재전송 방법을 제공하고자 한다.
- [0008] 둘째, 피드백 신호를 받기 전에 사전에 송신 노드에게 능동적으로 재전송을 위한 릴레이를 제공하고자 한다.
- [0009] 셋째, 무선 채널의 변화에 따른 릴레이 센싱 문턱값(threshold)을 최적화 하여 불필요한 협력 통신 제안을 최소화하고자 한다.
- [0010] 본 발명의 해결과제는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 해결과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명에 따른 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법은 인식 릴레이(R_i)가 송신 노드(S)와 수신 노드(D)가 전송하는 신호의 SINR을 센싱하여 협력 전송을 위한 후보 릴레이 집합(R_I)이 선정되는 S1 단계, 송신 노드(S)가 직전에 전송한 프레임에 대한 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 신호의 수신 전력을 기준으로 송신 노드(S)와 수신 노드(D) 사이에 협력 전송이 필요한지 여부가 판단되는 S2 단계, S2 단계에서 협력 전송이 필요하다고 판단되는 경우 S1 단계에서 선정된 후보 릴레이 집합(R_I)에서 협력 인식 릴레이가 선택되는 S3 단계 및 S3 단계에서 선택된 협력 인식 릴레이에서 직전 타임 슬롯(time slot)에서 받았던 데이터를 OFDM의 다음 타임 슬롯에서 수신 노드(D)에 재전송하는 S4 단계를 포함한다.

- [0012] S1 단계에서 후보 릴레이 집합(R_I)은 아래의 식으로 표현되는 것을 특징으로 한다.

$$R_I = \{R \mid (\gamma_{SD,lower}^{th} \leq \gamma_{S,R_i} \leq \gamma_{SD,upper}^{th}) \cap (\gamma_{DS}^{th} \leq \gamma_{D,R_i})\}$$

- [0013] 여기서, γ_{S,R_i} 는 송신 노드가 프레임을 전송하는 타임 슬롯 내 R_i 의 수신 SINR, $\gamma_{SD,lower}^{th}$ 는 송신 노드에서 전송한 신호가 수신 노드에 디코딩 가능한 SINR의 최소 문턱값, $\gamma_{SD,upper}^{th}$ 는 송신 노드에서 전송한 신호가 수신 노드에 디코딩 가능한 SINR의 최대 문턱값, γ_{D,R_i} 는 수신 노드가 프레임을 전송하는 타임 슬롯 내 R_i 의 수신 SINR, γ_{DS}^{th} 는 인식 릴레이(R_i)에서 프레임을 전송하는 경우 수신 노드에서 디코딩이 가능한 SINR의 문턱값이다.

- [0015] 후보 릴레이 집합(R_I)에 속하는 인식 릴레이(R_i)는 송신 노드(S)에 RTS를 전송하는 것을 특징으로 한다.

- [0016] S2 단계에서 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 신호의 수신 전력이 기준 문턱값(γ_S^{th}) 이하로 감지되면 협력 전송이 필요하다고 판단하고, S3 단계에서 처음 수신된 RTS의 노드 ID를 통해 선택된 협력 인식 릴레이에 CTS가 전송되는 것을 특징으로 한다.

- [0017] 후보 릴레이 집합(R_I)에 속하는 인식 릴레이(R_i)는 인식 릴레이(R_i)와 송신 노드(S) 사이의 거리에 반비례하고, 인식 릴레이(R_i)와 수신 노드(D) 사이의 거리에 비례하는 타이머를 설정하고, 타이머가 0이 되는 시점에 RTS를 전송하는 것을 특징으로 한다.

- [0018] 후보 릴레이 집합(R_I)에 속하는 2개 이상의 인식 릴레이(R_i)가 동일한 시점에 RTS를 전송하는 경우, 송신 노드(S)는 수신한 RTS의 그룹 ID와 자신의 그룹 ID를 비교하여, 그룹 ID가 일치하지 않으면 수신한 RTS를 무시하고

해당 프레임에 대한 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 응답을 대기하는 것을 특징으로 한다.

[0019] $\gamma_{SD,lower}^{th}$ 값과 $\gamma_{SD,upper}^{th}$ 값은 초기에 임의의 값으로 설정되고, 이 후 송신 노드(S)의 CTS 신호와 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 신호를 기준으로 최적화되는 것을 특징으로 한다.

[0020] 협력 인식 릴레이에서 송신 노드(S)에 RTS 전송하였는데 송신 노드(S)로부터 CTS를 수신하지 못하는 경우, $\gamma_{SD,lower}^{th} = \gamma_{SD,lower}^{th} + \delta_{\Delta}$ 로 조절되고, $\gamma_{SD,upper}^{th} = \gamma_{SD,upper}^{th} - \delta_{\Delta}$ 로 조절되며, 여기서 δ_{Δ} 는 문턱값 단위변화량을 의미하는 것을 특징으로 한다.

[0021] S2 단계에서 협력 전송이 불필요하다고 판단하여 S3 단계에서 협력 인식 릴레이를 선택하지 않았는데 해당 프레임에 대한 수신 노드(D)에서 NACK가 전송된 경우 $\gamma_{SD,lower}^{th} = \gamma_{SD,lower}^{th} - \delta_{\Delta}$ 로 조절되고, $\gamma_{SD,upper}^{th} = \gamma_{SD,upper}^{th} + \delta_{\Delta}$ 로 조절되며, 여기서 δ_{Δ} 는 문턱값 단위변화량을 의미하는 것을 특징으로 한다.

[0022] $\gamma_{SD,lower}^{th}$ 와 $\gamma_{SD,upper}^{th}$ 가 2 타입 슬롯 만에 동일한 값으로 변경된 경우, $\delta_{\Delta} = (1/2) \times \delta_{\Delta}$ 로 변경되는 것을 특징으로 한다.

[0023] 본 발명에 따른 협력 애드혹(ad-hoc) 네트워크 시스템은 데이터 프레임을 송신하는 송신 노드(S), 데이터 프레임을 수신하는 수신 노드(D), 송신 노드(S)와 수신 노드(D)가 전송하는 신호의 SINR을 센싱하여 협력 전송을 위한 후보 릴레이 집합(R_l)을 구성하는 인식 릴레이(R_i)를 포함하되, 송신 노드(S)가 직전에 전송한 프레임에 대한 수신 노드(D)의 ACK 및 NACK 신호의 수신 전력을 기준으로 송신 노드(S)와 수신 노드(D) 사이에 협력 전송이 필요한지 여부를 판단하여 협력 전송이 필요하다고 판단하는 경우, 후보 릴레이 집합(R_l)에서 협력 인식 릴레이를 선택하여 협력 ARQ 재전송을 수행하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 후보 릴레이 집합(R_l) 정의, 협력 인식 릴레이 선택 및 이를 통한 협력 ARQ 재전송은 전술한 협력 ARQ 재전송 방법과 동일하다.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 따른 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법 및 협력 애드혹 네트워크 시스템은 다음과 같은 효과를 갖는다.

[0026] 애드혹 OFDMA 통신 네트워크에서 인식 릴레이(cognitive relay)가 신호의 SINR을 센싱하여, 수신 노드가 피드백 신호를 전송하기 전에 협력전송을 제안하는 협력 ARQ 재전송 방법을 제공한다. 이를 통해 오류 프레임을 재전송하기 전에 적합한 릴레이를 빠르게 선택함으로써 프레임 전송량을 향상시킨다. 후술할 모의실험을 통하여 본 발명에 따른 방법이 프레임 전송시간을 줄이고 프레임 손실률을 개선시킬 수 있음을 확인하였다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 애드혹 네트워크 시스템에 대한 개략적인 모델로서 도 1(a)는 협력 애드혹 네트워크 모델을 도시하고, 도 1(b)는 본 발명에 따른 협력 애드혹 네트워크 시스템의 개략적인 구조를 도시한다.

도 2는 본 발명에 따른 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법의 개략적인 순서도이다.

도 3은 본 발명에 따른 협력 ARQ 방법에 이용되는 슬롯(slot) 구성도이다.

도 4는 본 발명에 따른 협력 ARQ 재전송 알고리즘이 운용되는 과정을 도시한다.

도 5는 본 발명의 성능을 평가하기 위한 프레임(frame) 별 전송시간을 나타내는 샘플 평선(sample function)을 도시한다.

도 6은 본 발명의 효과를 나타내기 위한 S-D 채널에 따른 효율을 도시한 그래프이다.

도 7은 본 발명의 효과를 설명하기 위한 S-D 채널에 따른 프레임 손실 가능성을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0029] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않으며, 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0030] 본 명세서에서 사용되는 용어에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 해석되지 않는 한 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하고, "포함한다" 등의 용어는 설시된 특징, 개수, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 의미하는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 개수, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0031] 이하에서는 도면을 참조하면서 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법 및 협력 애드혹 네트워크 시스템에 관하여 구체적으로 설명하겠다.
- [0032] 도면에 대한 상세한 설명을 하기에 앞서, 본 명세서에서의 구성부들에 대한 구분은 각 구성부가 담당하는 주기능 별로 구분한 것에 불과함을 명확히 하고자 한다. 즉, 이하에서 설명할 2개 이상의 구성부가 하나의 구성부로 합쳐지거나 또는 하나의 구성부가 보다 세분화된 기능별로 2개 이상으로 분화되어 구비될 수도 있다. 그리고 이하에서 설명할 구성부 각각은 자신이 담당하는 주기능 이외에도 다른 구성부가 담당하는 기능 중 일부 또는 전부의 기능을 추가적으로 수행할 수도 있으며, 구성부 각각이 담당하는 주기능 중 일부 기능이 다른 구성부에 의해 전담되어 수행될 수도 있음은 물론이다. 따라서, 본 명세서를 통해 설명되는 각 구성부들의 존재 여부는 기능적으로 해석되어야 할 것이며, 이러한 이유로 본 발명의 협력 애드혹 네트워크 시스템(100)에 따른 구성부들의 구성은 본 발명의 목적을 달성할 수 있는 한도 내에서 도 1(b)와는 상이해질 수 있음을 명확히 밝혀둔다.
- [0033] 먼저 본 발명이 사용되는 통신 네트워크 시스템에 대해 간략하게 설명하고자 한다. 본 발명은 애드혹 네트워크 시스템에서 사용되는 협력 ARQ 전송 방법 또는 이 방법을 사용하는 애드혹 네트워크 시스템에 관한 것이다.
- [0034] 도 1은 애드혹 네트워크 시스템에 대한 개략적인 모델로서 도 1(a)는 협력 애드혹 네트워크 모델을 도시하고, 도 1(b)는 본 발명에 따른 협력 애드혹 네트워크 시스템의 개략적인 구조를 도시한다.
- [0035] 도 1(a)는 협력 애드혹(ad-hoc) OFDMA 통신 네트워크 시스템을 표현하고 있다. 모든 노드들은 네트워크에 랜덤하게 분포되고, 노드 사이의 채널은 Rayleigh fading 환경이라고 가정한다. 도 1(b)와 같이 송신 노드(S, 110)의 1홉(hop) 거리 내에 위치하고 있는 노드들로 협력통신 그룹이 구성되고, 각 통신 그룹에는 동일한 주파수를 사용하는 여러 개의 송신 노드(S, 110)들과 수신 노드(D, 130)들이 존재하는 것으로 가정한다. 이때, 협력통신 그룹은 데이터 전송을 위해 송신 노드(S, 110)를 중심으로 이루어지는 그룹이며, 도 1(b)와 같이 하나의 송신 노드(S, 110)와 하나의 수신 노드(D, 130) 및 협력 재전송이 가능한 릴레이($R_i, i = 1, \dots, N$)로 구성된다.
- [0036] 본 발명에서는 프레임을 기반으로 한 실시간 멀티미디어 전송을 고려하고, 실시간 전송을 위하여 실행 시간을 줄이기 위하여 선택적 재전송 프로토콜이 사용된다. 또한, CR(cognitive radio) 기능을 갖는 인식 릴레이($R_i, 120$)는 자신의 서비스 영역 내에 있는 송신 노드(S, 110)와 수신 노드(D, 130)가 전송하는 통신 신호(traffic signal)의 신호전력의 세기를 감지한다. 이 경우, 송신 노드(S, 110) 및 수신 노드(D, 130) 사이의 거리가 서로 유사한 릴레이들의 경우에도, 지형, 건물 등의 요인으로 인하여 측정되는 신호전력의 세기는 서로 다르다.
- [0037] 송신 노드(S, 110)가 수신 노드(D, 130)로 프레임을 전송할 때, 수신 노드(D, 130)와 임의의 릴레이 인식 릴레이

이(R_i, 120)에서 수신된 신호 $y_{S,D}$, y_{S,R_i} 는 아래의 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

$$\begin{aligned} y_{S,D} &= h_{S,D} x_S + n_D, \\ y_{S,R_i} &= h_{S,R_i} x_S + n_{R_i} \end{aligned}$$

여기서 $h_{S,D}$, h_{S,R_i} 는 각각 송신 노드(S, 110)와 수신 노드(D, 130)사이, 송신 노드(S, 110)와 사이의 Rayleigh fading 채널 특성 함수이고, x_S 는 송신 노드(S, 110)에 의해 전송된 신호를, n_D , n_{R_i} 는 각각 수신 노드(D, 130)

와 인식 릴레이(R_i, 120)에서 수신된 백색 가우시안 잡음을 나타낸다. 또한, x_S 의 power를 $E[|x_S^* x_S|]$ 로 정의할 때, 송신 노드(S, 110)가 프레임을 전송하는 타임 슬롯(time slot)동안 수신 노드(D, 130)의 수신 SINR, $\gamma_{S,D}$ 와 인식 릴레이(R_i, 120)의 수신 SINR, γ_{S,R_i} 는 아래의 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

$$\begin{aligned} \gamma_{S,D} &= \frac{|h_{S,D}|^2 P_S}{\sum_{\substack{k \in M, \\ k \neq S,D}} |h_{k,D}|^2 P_k + \sigma_D^2}, \\ \gamma_{S,R_i} &= \frac{|h_{S,R_i}|^2 P_S}{\sum_{\substack{l \in M, \\ l \neq S,D,R_i}} |h_{l,R_i}|^2 P_l + \sigma_{R_i}^2} \end{aligned}$$

여기서, M은 통신 그룹(communication group) 내에 존재하는 모든 노드들의 집합을 뜻하고, σ_D^2 , $\sigma_{R_i}^2$ 는 수신 노드(D, 130)와 인식 릴레이(R_i, 120)에서 수신된 잡음 전력이다.

또한, 수신 노드(D, 130)가 프레임을 전송하는 타임 슬롯 동안 송신 노드(S, 110)의 수신 SINR, $\gamma_{D,S}$ 와 인식 릴레이(R_i, 120)의 수신 SINR, γ_{D,R_i} 는 아래의 수학식 3과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

$$\gamma_{D,S} = \frac{|h_{D,S}|^2 P_D}{\sum_{\substack{k \in M, \\ k \neq S,D}} |h_{k,S}|^2 P_k + \sigma_S^2},$$

$$\gamma_{D,R_i} = \frac{|h_{D,R_i}|^2 P_D}{\sum_{\substack{l \in M, \\ l \neq S,D,R_i}} |h_{l,R_i}|^2 P_l + \sigma_{R_i}^2}$$

[0043]

[0044]

본 발명에서는 협력전송을 위하여 송신 노드(S, 110)가 선택하는 릴레이를 협력 인지 릴레이(R_i^*)라고 정의하고, R_i^* 가 패킷을 전송하는 타임 슬롯에서는 송신 노드(S, 110)는 패킷을 전송하지 않는 것으로 가정한다.

[0045]

무선통신 환경에서는 노드의 위치가 일정하더라도 Rayleigh fading과 shadow fading의 영향으로 인하여 시간에 따른 채널 변동이 심하게 된다. 따라서 데이터 전송 초기에 무선통신 환경에서는 노드의 위치가 일정하더라도 Rayleigh fading과 shadow fading의 영향으로 인하여 시간에 따른 채널 변동이 심하게 된다. 따라서 데이터 전송 초기에 인식 릴레이(R_i , 120)를 선택하여 송신 노드(S, 110)의 모든 프레임 전송에 동일한 인식 릴레이(R_i , 120)를 이용하는 방식은 전송하는 프레임의 타임 슬롯에 따라 $h_{S,D}$, h_{S,R_i} , $h_{D,S}$, 및 h_{D,R_i} 값이 변하게 되므로, 협력 다이버시티 이득(cooperative diversity gain)을 감소시키는 요인으로 작용할 수 있다. 또한, 수신 노드(D, 130)의 NACK 신호로 협력전송을 시작하는 방식은 일정 타임 슬롯 후에 오류 프레임을 재전송하기 때문에 실시간 멀티미디어 통신의 성능을 저하시킬 수 있다.

[0046]

본 발명에서는 낮은 재전송 오류율과 오류 프레임의 빠른 재전송을 위하여 짧은 타임 슬롯인 RTS, CTS를 사용하여 인식 릴레이(R_i , 120)를 선택하고 딜레이를 최소화하여 재전송하는 ARQ 방법을 제안한다.

[0047]

도 2는 본 발명에 따른 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법의 개략적인 순서도이다.

[0048]

본 발명에 따른 협력 ARQ 재전송 방법은 인식 릴레이(R_i)가 송신 노드(S, 110)와 수신 노드(D, 130)가 전송하는 신호의 SINR을 센싱하여 협력 전송을 위한 후보 릴레이 집합(R_I)이 선정되는 S1 단계, 송신 노드(S, 110)가 직전에 전송한 프레임에 대한 수신 노드(D, 130)의 ACK 및 NACK 신호의 수신 전력을 기준으로 송신 노드(S, 110)와 수신 노드(D, 130) 사이에 협력 전송이 필요한지 여부가 판단되는 S2 단계, S2 단계에서 협력 전송이 필요하다고 판단되는 경우 S1 단계에서 선정된 후보 릴레이 집합(R_I)에서 협력 인지 릴레이(R_i , 120)가 선택되는 S3 단계 및 S3 단계에서 선택된 협력 인지 릴레이(R_i , 120)에서 직전 타임 슬롯(time slot)에서 받았던 데이터를 OFDM의 다음 타임 슬롯에서 수신 노드(D, 130)에 재전송하는 S4 단계를 포함한다.

[0049]

S1 단계에서 후보 릴레이 집합(R_I)은 아래의 수학식 4로 표현된다. 후보 릴레이 집합을 결정하고, 최종 협력 ARQ에 사용될 협력 인지 릴레이(R_i , 120)를 선택하는 것이 본 발명의 핵심적인 구성 중 하나이다.

수학식 4

$$R_I = \{R | (\gamma_{SD,lower}^{th} \leq \gamma_{S,R_i} \leq \gamma_{SD,upper}^{th}) \cap (\gamma_{DS}^{th} \leq \gamma_{D,R_i})\}$$

여기서, γ_{S,R_i} 는 송신 노드(S, 110)가 프레임을 전송하는 타임 슬롯 내 인식 릴레이(R_i , 120)의 수신 SINR, $\gamma_{SD,lower}^{th}$ 는 송신 노드(S, 110)에서 전송한 신호가 수신 노드(D, 130)에 디코딩 가능한 SINR의 최소 문턱값, $\gamma_{SD,upper}^{th}$ 는 송신 노드(S, 110)에서 전송한 신호가 수신 노드(D, 130)에 디코딩 가능한 SINR의 최대 문턱값, γ_{D,R_i} 는 수신 노드(D, 130)가 프레임을 전송하는 타임 슬롯 내 인식 릴레이(R_i , 120)의 수신 SINR, γ_{DS}^{th} 는 인식 릴레이(R_i , 120)에서 프레임을 전송하는 경우 수신 노드(D, 130)에서 디코딩이 가능한 SINR의 문턱값이다.

이때, $\gamma_{SD,upper}^{th}$ 와 γ_{DS}^{th} 는 인식 릴레이(R_i , 120)가 센싱한 이전 프레임의 피드백 신호에 의해 타임 슬롯마다 경험적으로 결정되게 된다.

또한, 수신 노드(D, 130)가 심한 페이딩을 겪고 있는 경우에는 채널 품질을 유지하기 위하여 많은 송신전력이 필요하게 된다. 따라서 전력절약 관점에서 인식 릴레이(R_i , 120)는 값이 과도하게 큰 경우에도 γ_{D,R_i} 값을 측정하여 γ_{D,R_i} 가 문턱값보다 높은 값이면 재전송을 하기 위하여 송신 노드(S, 110)에 RTS를 전송한다.

도 3은 협력 ARQ 방법에 이용되는 슬롯(slot) 구성도이다. 도 3에 도시된 RTS, CTS 프레임을 이용하여 S가 인식 릴레이(R_i , 120)의 협력 전송 여부를 결정하게 된다.

송신 노드(S, 110)는 이전에 전송한 프레임들에 대한 수신 노드(D, 130)의 ACK, NACK 신호의 수신 전력을 통해 송신 노드(S, 110)와 수신 노드(D, 130)사이의 채널 상태를 경험적으로 판단하여 협력전송 여부를 판단하기 위한 threshold, γ_s^{th} 를 결정한다. 송신 노드(S, 110)는 이전 프레임의 피드백 신호가 γ_s^{th} 이하로 감지되면 협력 전송을 하기로 결정하고, 처음 수신된 RTS의 노드 ID를 통하여 인식 릴레이(R_i , 120)를 선택하여 도 4와 같이 CTS를 전송한다. 인식 릴레이(R_i , 120)가 송신 노드(S, 110)로부터 CTS를 수신하면 인식 릴레이(R_i , 120)는 이전 타임 슬롯에 수신한 데이터를 OFDM의 다음 타임 슬롯에서 수신 노드(D, 130)에 재전송한다.

후보 릴레이 집합(R_I)에서 최종 협력 인식 릴레이를 선택하게 되는 과정을 보다 상세하게 설명한다. 후보 릴레이 집합(R_I)에 속하는 인식 릴레이(R_i)는 송신 노드(S, 110)에 RTS를 전송하게 된다.

인식 릴레이(R_i , 120)는 송신 노드(S, 110)와 수신 노드(D, 130)가 전송하는 신호의 SINR을 센싱하여 그 값이 일정 문턱값 범위 내에 존재하면, 송신 노드(S, 110)에게 RTS를 전송함으로써 능동적으로 자신을 협력전송을 위한 후보 릴레이로 제안하는 것이다. 이때, 두 개 이상의 노드에서 동시에 RTS를 전송하여 충돌이 발생하는 것을 방지하기 위해, 적응형 백오프 방법(adaptive back-off method)을 사용하는 것이 바람직하다.

적응형 백오프 방법은 인식 릴레이(R_i , 120)가 신호를 센싱한 후, 바로 RTS를 전송하는 것이 아니라 자신이 보유한 타이머(timer)값에 따라 일정 시간을 대기한 후에 RTS를 전송하는 방법이다.

인식 릴레이(R_i , 120)가 보유한 타이머는 인식 릴레이(R_i , 120)와 송신 노드(S, 110) 사이의 거리에 반비례하고, 인식 릴레이(R_i , 120)와 수신 노드(D, 130) 사이의 거리에 비례하는 시간을 설정한다. 인식 릴레이(R_i , 120)는 타이머가 0이 되는 시점에 RTS를 전송하게 된다.

[0060] 한편 후보 릴레이 집합(R_i)에 속하는 2개 이상의 인식 릴레이(R_i , 120)가 동일한 시점에 RTS를 전송하는 경우, 송신 노드(S, 110)는 수신한 RTS의 그룹 ID와 자신의 그룹 ID를 비교하여, 그룹 ID가 일치하지 않으면 수신한 RTS를 무시하고 해당 프레임에 대한 수신 노드(D, 130)의 ACK 및 NACK 응답을 대기한다.

[0061] 후보 릴레이 집합(R_i)에 속할 인식 릴레이(R_i , 120)를 결정할 문턱값이 최적값보다 큰 경우에는 송신 노드(S, 110)로부터 전송된 신호가 수신 노드(D, 130)에서 충분히 디코딩 할 만큼 좋음에도 불구하고 인식 릴레이(R_i , 120)에서 RTS를 전송하게 된다. 수신 노드(D, 130)는 이미 송신 노드(S, 110)로부터 프레임을 수신하였으므로 인식 릴레이(R_i , 120)에서 재전송한 프레임은 무시하게 되고, 이는 인식 릴레이(R_i , 120)에서 잘못된 신호가 발생하여 불필요한 재전송을 수행하였다는 것을 의미한다. 또, 문턱값이 최적값보다 작은 경우에는, 수신 노드(D, 130)에 QoS를 만족하는 SINR보다 낮은 값이 수신되어 인식 릴레이(R_i , 120)의 재전송이 필요함에도 불구하고 예서 RTS 전송을 하지 않는 상황이 발생한다.

[0062] 이는 인식 릴레이(R_i , 120)에서 문턱값에 따른 재전송 결정 오류가 발생하여 수신 노드(D, 130)의 피드백 신호를 제대로 예측하지 못하였다는 것을 의미한다. 따라서 잘못된 신호 발생과 문턱값에 따른 재전송 결정 오류 발생을 줄이기 위해서는 후보 릴레이 집합(R_i)을 결정하는 R_i 의 문턱값이 최적의 값으로 결정되어야 한다.

[0063] 본 발명에서는 $\gamma_{SD,lower}^{th}$ 값과 $\gamma_{SD,upper}^{th}$ 값은 초기에 임의의 값으로 설정되고, 이 후 송신 노드(S, 110)의 CTS 신호와 수신 노드(D, 130)의 ACK 및 NACK 신호를 기준으로 최적화되는 방법을 제안한다.

[0064] 협력 인식 릴레이(R_i , 120)에서 송신 노드(S, 110)에 RTS 전송하였는데 송신 노드(S, 110)로부터 CTS를 수신하지 못하는 경우라면, 인식 릴레이(R_i , 120)의 문턱값이 최적값보다 큰 경우이므로 문턱값은 아래의 수학적식 5와 같이 조절된다.

수학적식 5

[0065]
$$\gamma_{SD,lower}^{th} = \gamma_{SD,lower}^{th} + \delta_{\Delta}$$

[0066]
$$\gamma_{SD,upper}^{th} = \gamma_{SD,upper}^{th} - \delta_{\Delta}$$

[0067] 여기서, δ_{Δ} 는 문턱값 단위변화량을 의미하는 것이다. 이 문턱값 단위변화량은 네트워크 시스템 환경에 따른 일정한 기준 값을 갖게 된다.

[0068] S2 단계에서 협력 전송이 불필요하다고 판단하여 S3 단계에서 협력 인식 릴레이(R_i , 120)를 선택하지 않았는데 해당 프레임에 대한 수신 노드(D, 130)에서 NACK가 전송된 경우라면, 인식 릴레이(R_i , 120)의 문턱값이 최적값보다 작은 경우이므로 문턱값은 아래의 수학적식 6과 같이 조절된다.

수학식 6

$$\gamma_{SD,lower}^{th} = \gamma_{SD,lower}^{th} - \delta_{\Delta}$$

$$\gamma_{SD,upper}^{th} = \gamma_{SD,upper}^{th} + \delta_{\Delta}$$

이때, δ_{Δ} 값이 부적절하여 threshold의 최적값이 δ_{Δ} 사이에 존재한다면, 인식 릴레이(R_i , 120)의 문턱값이 계속 변하게 되는 반복(ping-pong) 현상이 발생한다. 이를 해결하기 위하여 문턱값이 2번의 타임 슬롯 만에 동일한 값으로 돌아오는 경우, δ_{Δ} 값을 반으로 줄여 알고리즘을 수행하게 된다. 인식 릴레이에서의 문턱값 조절 알고리즘은 다음 pseudo code와 같이 나타낼 수 있다.

Pseudocode : Adaptive sensing threshold optimization scheme

```

for frame number  $k=1, 2, 3, \dots$ 
    if  $k=1$  then
         $\gamma_{SD,lower}^{th}(k) = \gamma_{lower,initial}^{th}; \gamma_{SD,upper}^{th}(k) = \gamma_{upper,initial}^{th};$ 
    end
    if  $\{\gamma_{SD,lower}^{th}(k) \leq \gamma_{S,R_i}(k) \leq \gamma_{SD,upper}^{th}(k)\}$  and
         $R_i$  doesn't receive CTS then
         $\gamma_{SD,lower}^{th}(k) = \gamma_{SD,lower}^{th}(k) + \delta_{\Delta};$ 
         $\gamma_{SD,upper}^{th}(k) = \gamma_{SD,upper}^{th}(k) - \delta_{\Delta};$ 
    elseif  $[\{\gamma_{SD,lower}^{th}(k) > \gamma_{S,R_i}(k)\} \parallel \{\gamma_{SD,upper}^{th}(k) > \gamma_{SD,upper}^{th}(k)\}]$  and
         $S$  receives NACK then
         $\gamma_{SD,lower}^{th}(k) = \gamma_{SD,lower}^{th}(k) - \delta_{\Delta};$ 
         $\gamma_{SD,upper}^{th}(k) = \gamma_{SD,upper}^{th}(k) + \delta_{\Delta};$ 
    end
    if  $k \geq 3$  then
        if  $\gamma_{SD,lower}^{th}(k-2) = \gamma_{SD,lower}^{th}(k)$  then
             $\delta_{\Delta} = \frac{1}{2} \delta_{\Delta};$ 
        end
    end
end

```

- [0073] 이하 본 발명에 따른 협력 애드혹 네트워크 시스템(100)을 설명하고자 한다. 본 발명의 협력 애드혹 네트워크 시스템은 전술한 협력 ARQ 재전송 방법을 사용하는 애드혹 네트워크 시스템이다. 전술한 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법과 중복되는 내용은 간략하게 설명하고자 한다.
- [0074] 전술한 바와 같이, 도 1(b)는 본 발명에 따른 협력 애드혹 네트워크 시스템의 개략적인 구조를 도시한다.
- [0075] 본 발명에 따른 협력 애드혹 네트워크 시스템은 데이터 프레임을 송신하는 송신 노드(S, 110), 데이터 프레임을 수신하는 수신 노드(D, 130), 송신 노드(S, 110)와 수신 노드(D, 130)가 전송하는 신호의 SINR을 센싱하여 협력 전송을 위한 후보 릴레이 집합(R_1)을 구성하는 인식 릴레이(R_i , 120)를 포함한다.
- [0076] 송신 노드(S, 110)가 직전에 전송한 프레임에 대한 수신 노드(D, 130)의 ACK 및 NACK 신호의 수신 전력을 기준으로 송신 노드(S, 110)와 수신 노드(D, 130) 사이에 협력 전송이 필요한지 여부를 판단하여 협력 전송이 필요하다고 판단하는 경우, 후보 릴레이 집합(R_1)에서 협력 인식 릴레이(R_i , 120)를 선택하여 협력 ARQ 재전송을 수행하는 것을 특징이다.
- [0077] 도 1(b)에 도시한 바와 같이, 후보 릴레이 집합에 속한 인식 릴레이(R_1 , R_2)에서 송신 노드(S, 110)로 RTS를 전송하고, 이후 송신 노드(S, 110)로부터 최종 협력 인식 릴레이로 선택되어 CTS를 전달받는 인식 릴레이(R_1)를 통해 ARQ 재전송이 수행되는 것이다.
- [0078] 후보 릴레이 집합(R_1)을 결정하는 방법, 협력 인식 릴레이를 선택하는 방법 및 후보 릴레이 집합을 결정하기 위한 문턱값 조절 방법 등이 모두 전술한 MANET 환경에서의 협력 ARQ 재전송 방법과 동일하다.

[0079] **본 발명의 효과 증명 실험**

- [0080] 송신 노드(S, 110)가 프레임을 전송한 다음, 이에 대한 피드백 신호를 수신 노드(D, 130)로부터 수신한 경우, 수신 노드(D, 130)와 송신 노드(S, 110) 채널 사이의 상호 정보(mutual information), $I_{D,S}$ 는 아래의 수학적식 7과 같다.

수학적식 7

[0081]
$$I_{D,S} = \log(1 + \gamma_{D,S})$$

- [0082]
- [0083] 송신 노드(S, 110)는 인식 릴레이(R_i , 120)의 협력전송 요청을 받았을 때, 이전 프레임에 대한 수신 노드(D, 130)의 피드백 신호의 SINR과 γ_S^{th} 를 비교하여 피드백 신호가 보다 더 좋으면 협력전송 요청을 거절한다. 따라서 인식 릴레이(R_i , 120)에서 RTS를 전송하였지만 송신 노드(S, 110)의 CTS를 수신하지 못할 확률, P_{FA} 는 아래의 수학적식 8과 같다.

수학식 8

$$P_{FA} = \Pr\{I_{D,S} > \log(1 + \gamma_S^{th})\}$$

또한, 송신 노드(S, 110)가 프레임을 수신 노드(D, 130)에게 전송한 경우, 송신 노드(S, 110)와 수신 노드(D, 130) 채널 사이의 상호 정보, $I_{S,D}$ 는 아래의 수학식 9와 같다.

수학식 9

$$I_{S,D} = \log(1 + \gamma_{S,D})$$

인식 릴레이(R_i , 120)가 프레임을 재전송한 경우, 수신 노드(D, 130)는 수신한 송신 노드(S, 110)의 프레임과 재전송된 인식 릴레이(R_i , 120)의 프레임을 합하여 디코딩하게 되며 이때의 상호 정보, $I_{S,R_i,D}$ 는 아래의 수학식 10과 같다.

수학식 10

$$I_{S,R_i,D} = \frac{1}{2} \log(1 + \gamma_{S,D} + \gamma_{R_i,D})$$

여기서, $\gamma_{R_i,D}$ 는 인식 릴레이(R_i , 120)가 오류 프레임을 재전송할 때 수신 노드(D, 130)에서 수신한 SINR을 뜻한다.

송신 노드(S, 110)에서 프레임을 제대로 전송하지 못할 확률을 P_{SF} 로 정의하면, P_{SF} 는 아래의 수학식 11과 같이 표현된다.

수학식 11

$$P_{SF} = \Pr\{I_{S,D} < r\}$$

여기서 r 은 프레임당 요구되는 최소 전송률을 뜻한다. 또한, P_{SF} 가 재전송을 수행할 때, 해당 프레임을 제대로 전송하지 못할 확률을 P_{RF} 라고 정의하면 P_{RF} 는 아래의 수학식 12와 같이 표현된다.

수학식 12

$$P_{RF} = \Pr \left\{ I_{S,R_i,D} < \frac{r}{2} \mid I_{S,D} < r \right\} \times \Pr \{ I_{S,D} < r \}$$

[0093]

[0094] 상기 수학식 12에서 첫 항은 정보 반복(information repetition)에 의한 재전송을 반영하였다.

[0095] 동일한 프레임의 최대 재전송 횟수가 n이고, n번 이후에도 오류가 발생하는 프레임은 무시한다면 프레임당 평균 전송 슬롯(slot) 개수, $\bar{N}$ 은 아래의 수학식 13과 같이 유도된다.

[0096]

수학식 13

$$\begin{aligned} \bar{N} = & \frac{(1 - P_{SF})(1 - (P_{SF}P_{RF})^n)}{1 - P_{SF}P_{RF}} \\ & + \frac{P_{SF}(1 - P_{RF})(1 - (-P_{SF}P_{RF})^n)}{1 + P_{SF}P_{RF}} + (P_{SF}P_{RF})^n \end{aligned}$$

[0097]

[0098] 따라서, 프레임을 전송하는데 사용되는 타임 슬롯의 비율을 전송효율이라고 정의하면, 전송효율, η 는 아래의 수학식 14와 같이 유도된다.

수학식 14

$$\eta = \frac{1}{\bar{N}}$$

[0099]

[0100] 본 발명의 효과를 실험하기 위하여 애드혹(ad hoc) OFDMA 통신 네트워크에서 송신 노드(S, 110), 수신 노드(D, 130)들 간의 프레임 전송 성능을 분석하였다. 1km×1km 크기의 사각형 구조 애드혹 무선 네트워크에 200명의 사용자를 랜덤하게 발생시켰으며 단말의 송신전력은 23dBm, 노드들 사이에 생성되는 채널은 Rayleigh fading channel model로 고려하였다. 패킷은 1000bit으로 구성되었으며, 각 사용자가 요구하는 data rate는 1Mbps로 설정하였고, 프레임별 최대 재전송 횟수 n=2, processing delay d_{proc} = 1ms로 모델링하였다.

[0101] 도 5는 수신 노드(D, 130)에서 신호의 수신 전력이 Rayleigh fading에 의해 12dBm로 수신되었을 때, 프레임 별 전송시간을 보여주는 샘플 평선(sample function)을 나타낸 것이다. 그래프를 적분한 값이 총 전송시간을 나타내므로, 기존의 NCSW 기법과 QS-CD-ARQ 기법에 비해 본 발명에 따른 기법(도 5(c)), 'Proposed CACR scheme'이라고 명명)을 사용한 경우, 더 짧은 시간에 데이터 전송이 가능하다는 것을 알 수 있다. 이하 본 발명의 기법을 CACR로 명명하기로 한다.

[0102] 도 5(c)에서는 적응형 백오프(adaptive back-off)를 적용하여 협력전송 이득이 높은 R을 선택함으로써 협력전송의 성공률을 향상시킬 수 있음을 보였다. 따라서 제안된 기법은 빠른 재전송과 협력 전송의 성공률 향상을 통하여 전송시간을 단축함으로써 실시간으로 고용량의 멀티미디어 데이터를 전송하기에 적합하다고 할 수 있다.

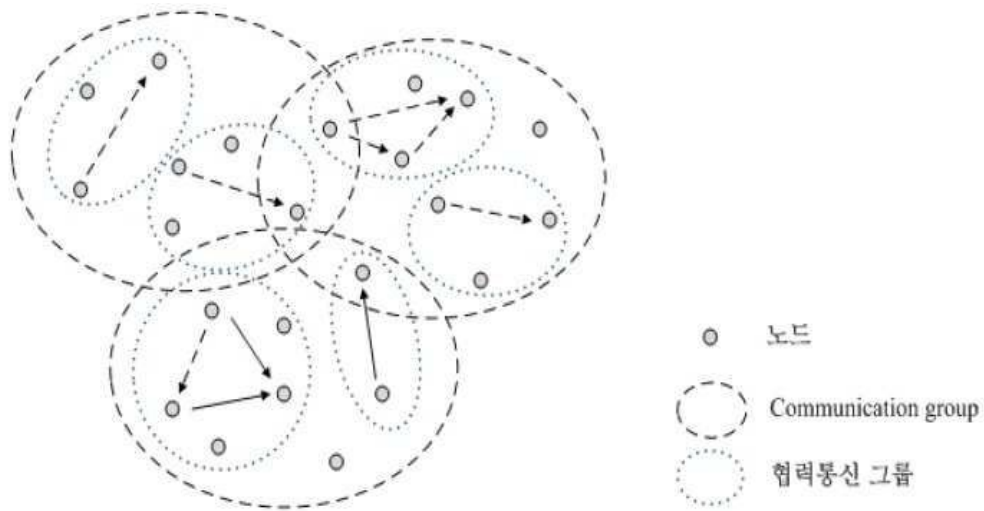
- [0103] 도 6에서는 송신 노드(S, 110)의 SNR 값에 따른 효율(efficiency)을 나타내었다. 이 때, efficiency는 전체 프레임을 전송하는데 사용된 타임 슬롯의 비율을 나타낸 것으로, 모든 프레임을 딜레이 없이 전송하는 경우의 efficiency는 1이 되게 된다. 도 6에서 낮은 SNR일수록 NCSW, QS-CD-ARQ에 비해 CACR이 더욱 개선된 efficiency를 가짐을 볼 수 있다.
- [0104] 이 결과는 본 발명의 방법이 인식 센싱(cognitive sensing)과 RTS, CTS를 통하여 기존의 알고리즘보다 협력전송 여부를 빠른 시간에 결정하여 프레임 재전송 딜레이가 감소하기 때문이다. 한편, 높은 SNR에서 QS-CD-ARQ가 CACR보다 좋은 efficiency를 가지는 부분이 존재함을 볼 수 있는데, 이는 협력전송 제안을 빠르게 하기 위하여 정의된 RTS, CTS의 타임 슬롯이 높은 SNR에서는 시스템의 효율을 떨어뜨리는 요인으로 작용하기 때문이다.
- [0105] 도 7은 송신 노드(S, 110)의 SNR 값에 따라서 제안된 ARQ 재전송 기법의 프레임 손실 가능성(frame loss probability)을 기존의 기법과 비교하여 나타낸 것이다. 기존의 ARQ 기법과 제안된 기법 모두 SNR이 작아질수록 프레임 손실 가능성이 증가하는 것을 볼 수 있다. NCSW, QS-CD-ARQ와 비교했을 때, 본 발명의 CACR은 QPSK를 적용하고, SNR이 5dB일 때 0.037만큼 향상된 프레임 손실 가능성 값을 가진다. 이 결과는 제안된 CACR 기법이 프레임별로 협력전송을 위한 R을 선택하기 때문에, 선택된 R이 fading으로 인한 채널상태 악화로 재전송을 실패할 확률이 감소하여 협력통신의 성공률이 증가하기 때문인 것으로 볼 수 있다.
- [0106] 본 실시예 및 본 명세서에 첨부된 도면은 본 발명에 포함되는 기술적 사상의 일부를 명확하게 나타내고 있는 것에 불과하며, 본 발명의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형 예와 구체적인 실시예는 모두 본 발명의 권리범위에 포함되는 것이 자명하다고 할 것이다.

부호의 설명

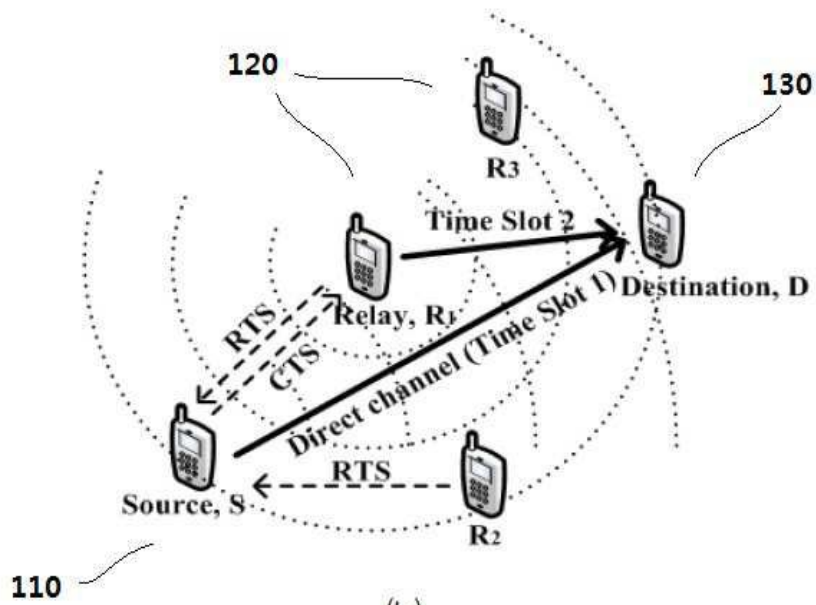
- [0107]
- | | |
|-------------------------------|----------------|
| 100 : 협력 애드혹 네트워크 시스템 | 110 : 송신 노드(S) |
| 120 : 인식 릴레이(R _i) | 130 : 수신 노드(D) |

도면

도면1

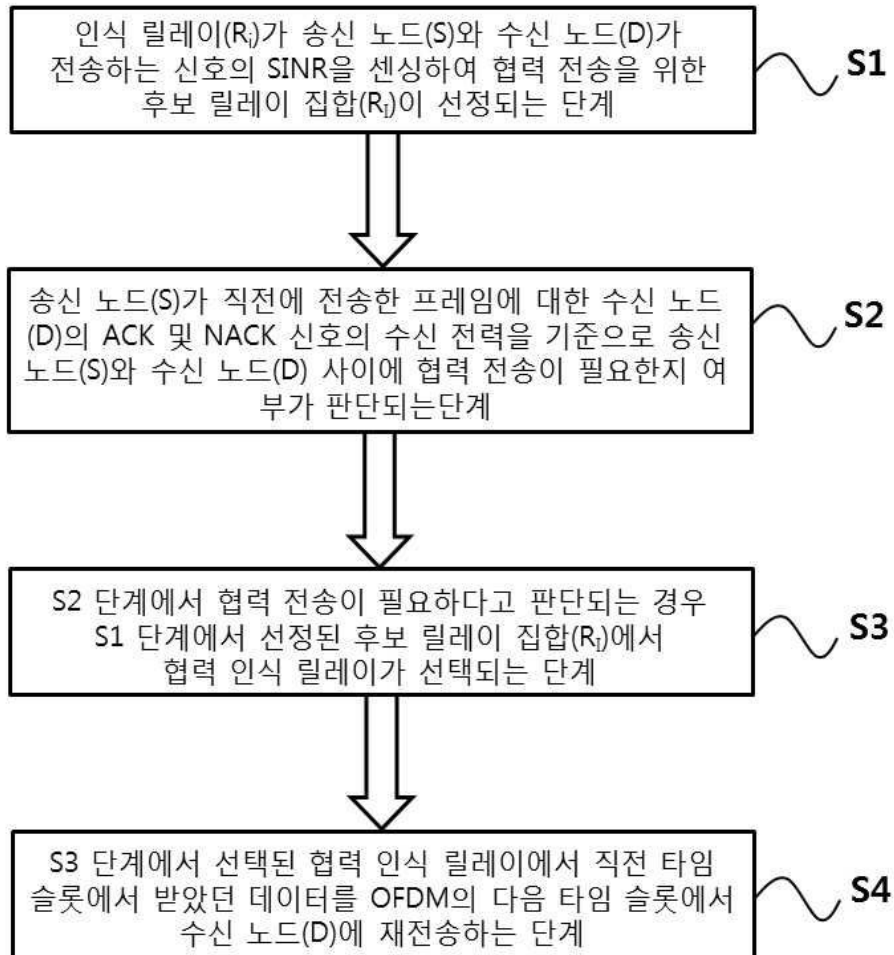


(a)

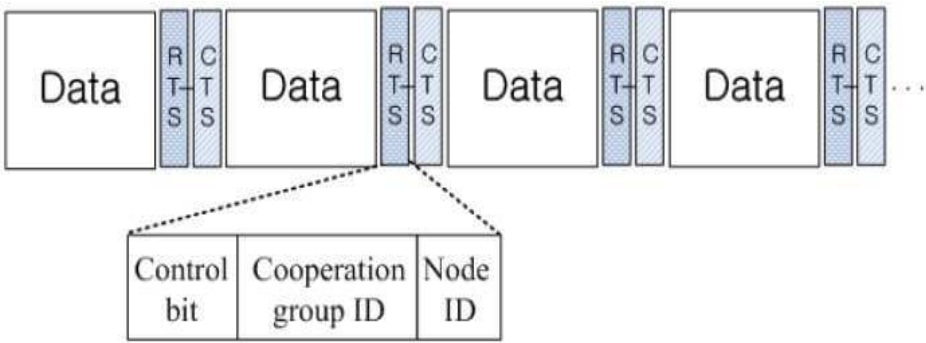


(b)

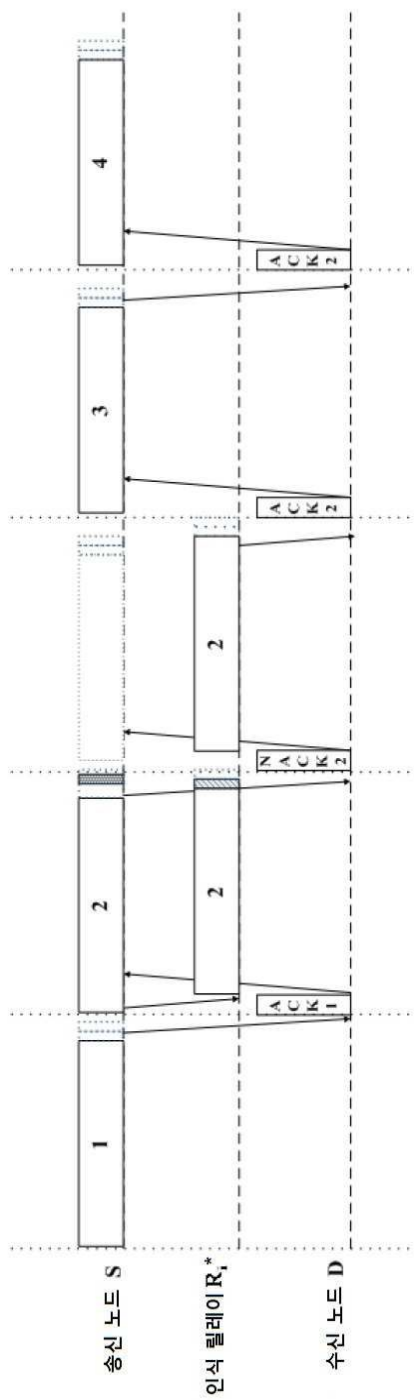
도면2



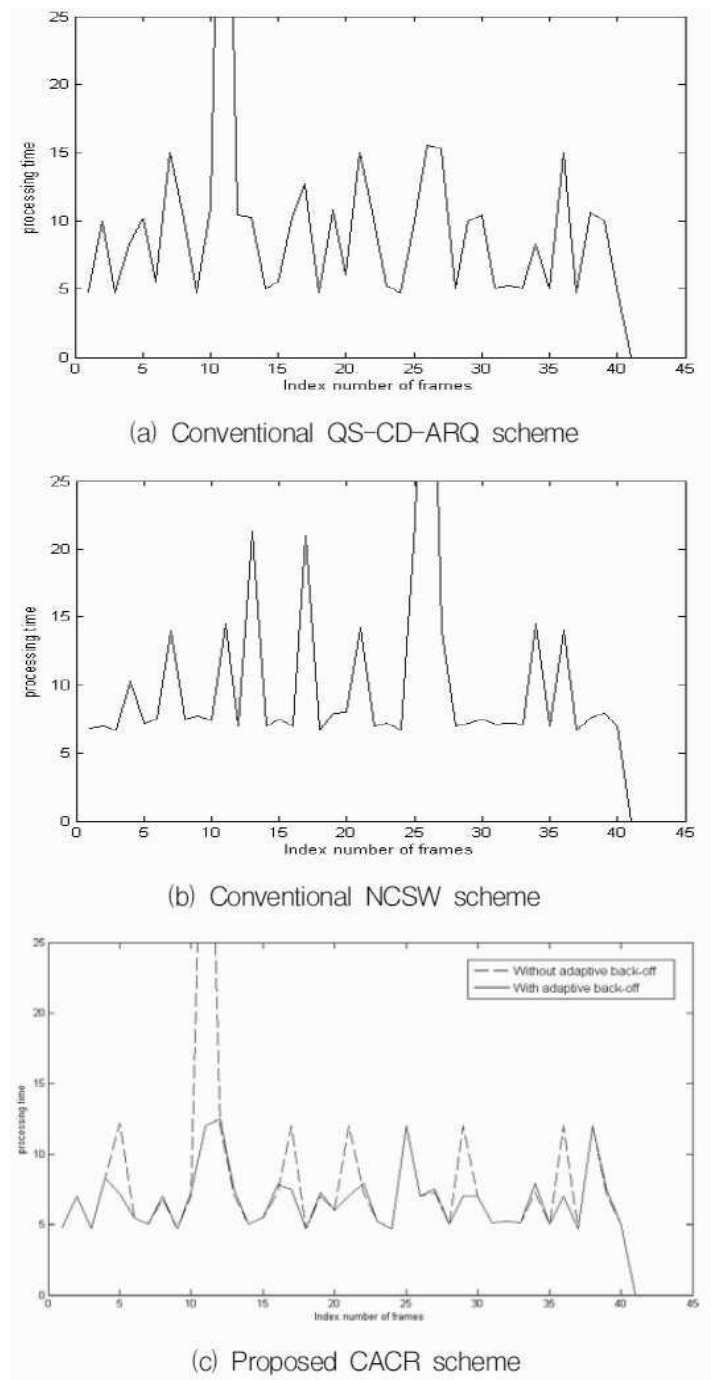
도면3



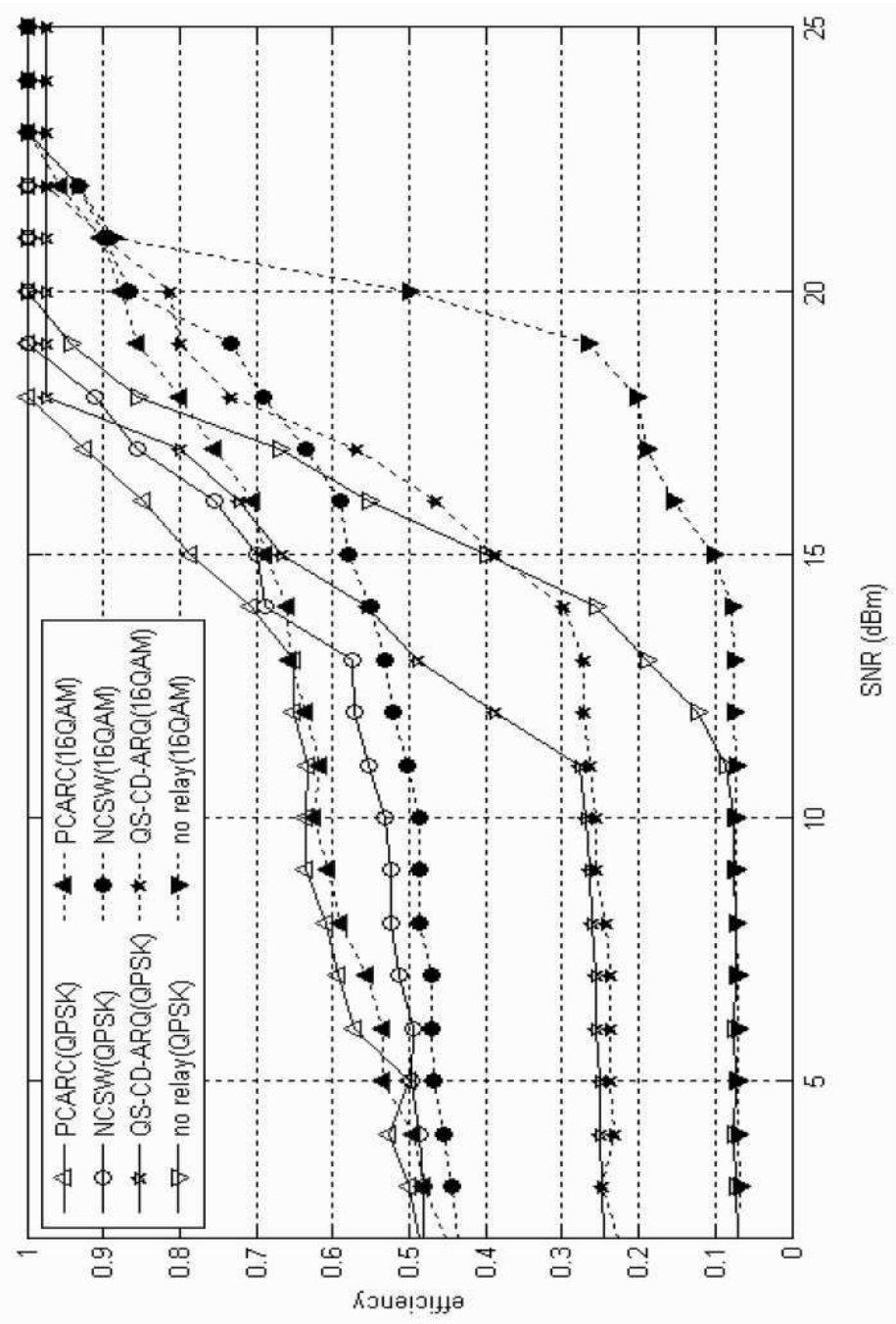
도면4



도면5



도면6



도면7

