

멀티 홉 네트워크에서 멀티 플로우들 간 네트워크 코딩 기회를 극대화하는 기법

타미르*, 정민호*, 오하영**, 안상현*¹

*서울시립대학교 컴퓨터과학부

**송실대학교 정보통신전자공학부

tamiraa_mgl@naver.com, maestrol3@naver.com, hyoh@ssu.ac.kr, ahn@uos.ac.kr

A Mechanism to Maximize the Network Coding Opportunities among Multiple Flows in Multi-hop Wireless Networks

Tamiraa*, Minho Jeong*, Hayoung Oh**, Sanghyun Ahn*

*School of Computer Science, University of Seoul

**School of Electronic Engineering, Soongsil University

요약

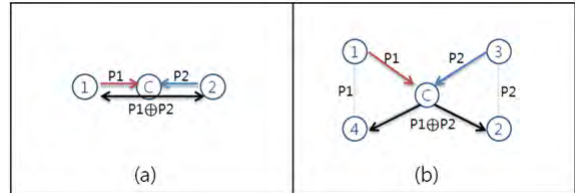
네트워크 코딩 가능한 멀티 홉 무선 망에서 코딩 의식 라우팅 (Coding-Aware routing) 기법은 코딩 가능성을 확보하고 코딩 기회를 높여 처리율 향상이 가능하다. 코딩 기회(coding opportunities)를 정확하게 식별할 수 있는 방법이 주요 핵심이다. 본 논문에서는 멀티 홉 무선 네트워크에서 두 개 이상의 플로우가 여러 개의 코딩 가능 노드를 통과하는 경우, 일반적인 코딩 조건(coding condition)을 제안한다. 특히, 네트워크 코딩 가능한 여러 시나리오를 분석하고, 목적지에서 디코딩을 보장하는 코딩 조건을 제안한다.

1. 서론

네트워크 코딩은 무선 네트워크의 성능을 향상시키기 위한 기술이다. 그림 1(a)는 무선 채널 환경에서 기본적인 네트워크 코딩 구조를 보여준다. 그림 1(a)에서 노드C는 두 플로우의 중계 노드이고, 노드C에서 P1, P2 각각의 패킷은 코딩 패킷($P1 \oplus P2$)이 되어 노드1과 노드2에 브로드캐스트된다. 목적지 노드가 코딩 패킷을 수신하면 기존에 가지고 있던 패킷을 이용해 디코딩함으로써 원하는 패킷을 얻을 수 있다. 그림 1(b)는 확장된 환경에서의 네트워크 코딩 구조를 보여준다. 유일한 차이점으로 그림 1(a)에서는 노드1과 노드2가 발신지이고, 그림 1(b)에서의 발신지 노드는 노드1, 노드3이다. 그림 1(b)에서 노드1이 전송한 패킷은 노드4가, 노드2가 전송한 패킷은 노드3이 오버히어링(overhearing)함으로써 노드C로부터 브로드캐스트된 코딩 패킷에 대하여 디코딩 가능하다. 따라서 전체 전송 횟수는 4번에서 3번으로 감소한다.

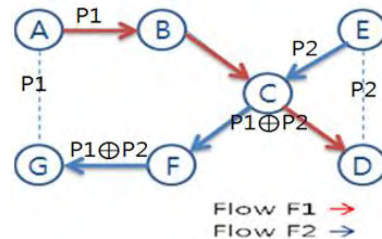
코딩 의식 라우팅은 실제 네트워크 프로토콜에 네트워크 코딩을 통합하는 효과적인 방법이다. 코딩 기회(coding opportunities)를 수동적으로 기다리는 기존 방법과 달리 라우팅 경로 탐색 단계에서 코딩 기회를 탐색한다. 효율적인 코딩 의식 라우팅의 주요 핵심은 특정 노드를 지나가는 플로우의 코딩 가능 여부를 확

인하는 방법이다.



(그림 1) 2-홉 무선 네트워크에서 기본적인 네트워크 코딩 구조

그림 2는 K-홉 무선 네트워크에서 코딩 기회를 찾는 방법을 보여준다. 노드A가 전송하는 P1 패킷을 노드G는 오버히어링 가능하고, 노드E가 전송하는 P2 패킷을 노드D가 오버히어링 가능하기 때문에 노드G와 노드D는 코딩 패킷($P1 \oplus P2$)에서 자신이 원하는 패킷을 얻을 수 있다.



¹ 교신저자

(그림 2) K-홉 무선 네트워크에서 1개의 코딩 노드
 본 논문에서는 멀티 홉 무선 네트워크에서 두 개 이상의 플로우가 여러 코딩 가능 노드를 통과하는 경우, 코딩 기회를 최대화할 수 있는 일반적인 코딩 조건(coding condition)을 제안한다. 멀티 홉 무선 네트워크에서 코딩 기회를 높이기 위해서는 여러 사항을 고려한 일반적인 코딩 조건이 필요하다.

2. 제안하는 기법

[1]에서 J. Le 등은 네트워크 코딩이 가능한 DSR(Dynamic Source Routing) 기반 라우팅 프로토콜을 처음으로 제안했지만 여러 플로우들이 네트워크 코딩이 가능한 여러 노드들을 경유하는 경우 어떤 노드에서 네트워크 코딩을 하는 것이 가장 좋은지, 그리고 2개 이상의 노드들에서 연속적으로 코딩하는 것이 좋은지 고려하지 않았다. [2]와 [3]의 경우도 라우팅 경로 설정 과정에서 인위적으로 네트워크 코딩이 가능한 경로를 설정하여 코딩 이득을 극대화하고 분석했다. 그러나 기존 연구들은 멀티 홉 무선 네트워크에서 두 개 이상의 플로우가 여러 개의 코딩 가능 노드들을 갖는 경우를 고려하지 않았다. 따라서, 본 논문에서는 두 개 이상의 플로우가 여러 노드들에서 네트워크 코딩이 가능한 일반적인 환경에서의 네트워크 코딩을 제안한다.

다음은 기본적인 네트워크 코딩 조건(primary coding condition)이다 [2].

1. There exists $d1 \in D(c,F)$, such that $d1 \in U(c,Fx)$ or $d1 \in N(s2)$, $s2 \in U(c,Fx)$
2. There exists $d2 \in D(c,Fx)$, such that $d2 \in U(c,F)$ or $d2 \in N(s1)$, $s1 \in U(c,F)$

여기서, $N(a)$ 는 노드 a 의 one-hop neighbor 노드의 집합이다. F 는 하나의 플로우를 나타낸다. $a \in F$ 는 노드 a 가 플로우 F 에 포함되어 있다는 것을 나타낸다. $U(a,F)$ 및 $D(a,F)$ 는 각각 플로우 F 상의 노드 a 의 이전 노드 집합, 플로우 F 상의 노드 a 의 다음 노드 집합을 나타낸다. 하지만 Primary coding condition은 두 개 이상의 플로우가 여러 코딩 가능 노드를 통과하는 경우 불가능하다.

본 논문에서는 아래와 같이 네트워크 코딩 조건을 일반화하여 멀티 홉 무선 네트워크에서 멀티 플로우들 간 네트워크 코딩 기회를 극대화했다.

1. There exists $Dn \in D(Rn,Fn)$ such that $dn \in N(sn+1)$, $sn+1 \in U(Rn,Fn+1)$ or $dn \in U(Rn,Fn+1)$
2. There exists $dn \in D(Rn,Fn)$ such that $dn \in N(sn-1) \& N(sn+1)$, $sn-1 \in U(Rn-1,Fn-1)$ and $sn+1 \in U(Rn,Fn+1)$
3. There exists $dn \in D(Rn-1,Fn)$ such that $dn \in N(Rn-2)$ or $D(Rn-2,Fn-2)$

3. 결론

네트워크 코딩은 패킷의 개수를 줄여 시스템 성능을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 멀티 홉 무선 네트워크에서 네트워크 코딩 조건을 일반화하여 처음으로 멀티 플로우들 간 네트워크 코딩 기회를 극대화했다.

ACKNOWLEDGMENT

본 과제(결과물)는 서울시 지원으로 수행한 「서울시 창조전문인력 양성사업(HM120006)」의 결과입니다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 ICT 연구센터육성 지원사업/IT 융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2014-H0301-14-1015).

이 논문은 2014 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 한국연구재단에서 부여한 과제번호 : NRF-2014R1A1A1003562)“.

REFERENCES

- [1] J. Le, et al, “DCAR: Distributed coding-aware routing in wireless networks,” in Proc. IEEE ICDCS, 2008, pp. 462-469
- [2] Y. Yan, et al “Practical coding-aware mechanism for opportunistic routing in wireless mesh networks ,” in Proc. IEEE ICC, 2008, pp. 2871-2876.
- [3] B. Ni, et al, “Routing with opportunistically coded exchanges in wireless mesh networks,” in Proc. IEEE WiMesh, 2006, pp. 157-159.