

# UTIS에서 효율적인 등록을 위해 동적으로 그룹 크기를 조절하는 제한적 경쟁 알고리즘

오경식<sup>0</sup> 안중석  
동국대학교 컴퓨터공학과  
(eoris81<sup>0</sup>, jahn)<sup>0</sup>@dgu.edu

## A Dynamic Limited Contention-based Algorithm for Fast Registration in UTIS

Kyung-Sik Oh<sup>0</sup> Jong-Suk Ahn  
Department of Computer Engineering, Dongguk University

### 요약

본 논문에서는 차세대 지능형 교통시스템인 UTIS(Urban Traffic Information System)의 빠른 접속 요구 조건을 만족하기 위한 DLC(Dynamic Limited Contention) 알고리즘을 제안한다. UTIS 네트워크는 고속으로 이동하는 차량에 설치된 모바일 노드와 도로 변에 설치된 노변 기지국으로 구성되며, 이 네트워크를 통해서 IP 데이터그램의 전송 서비스, 방송 데이터를 실시간으로 전송하는 실시간 전송 서비스 그리고 차량의 위치를 계속적으로 알려 주는 위치 탐색 서비스를 지원한다. 이러한 전송 서비스를 지원하기 위해서 UTIS는 물리 계층과 MAC 계층으로 구성된다. 그러나 UTIS에서는 차량의 고속 이동으로 인해서 셀(cell)간의 핸드오프가 빈번히 발생하고 또한 위치 추적과 방송 서비스와 같은 실시간 전송 서비스를 지원해야 하기 때문에 기존의 802.11 MAC을 사용할 수 없다. 즉 UTIS에서의 빠른 등록 요구 조건을 충족시키기 위해 기존의 802.11에서 사용하는 경쟁(contention) 방식은 비효율적이다. 본 논문에서는 셀 내에 도착하는 노드 수에 따라 경쟁을 하는 그룹의 크기를 동적으로 조절하는 DLC 알고리즘을 제안한다. 기존의 UTIS에서는 그룹 크기를 정적으로 결정하고 모바일 노드는 자신의 주소에 이 정적 그룹 크기로 modulo하여 자신의 속한 그룹을 초기에 계산한다. 기지국이 접속해야 하는 그룹을 폴링 메시지로 지칭할 때 그 그룹에 속한 모바일 노드들만이 제한적으로 경쟁하게 된다. 이러한 정적인 그룹 크기는 셀 내의 노드의 숫자와 그룹 크기의 분포를 고려하지 않는 방식으로 비효율적이다. 본 DLC 알고리즘에서는 전 폴링 주기 동안에 경쟁하는 노드의 빈도수를 계속적으로 추적하여 등록 시점에 경쟁하는 그룹의 개수를 동적으로 조절하게 된다. 이러한 방식은 UTIS와 같이 접속 시간이 제한적이고 접속하려는 노드 수가 빠르게 변화하는 환경 하에서 기존의 802.11 MAC 프로토콜과 정적인 그룹 크기 방식에 비해 효율적이다.

### 1. 서론

UTIS는 차세대 지능형 교통 시스템을 지원하기 위한 기술 규격으로 고속으로 주행 중인 차량과 도로변에 설치된 기지국간의 통신을 지원한다. 노변 기지국에서 수집된 개별 차량의 정보는 중앙의 서버로 전달되고, 이는 가공 처리되어 정보의 수신을 원하는 차량에게 다시 전달되는 실시간 양방향 통신을 제공한다. 또한 차량 단말기를 인터넷으로 접속하여 IP 데이터그램의 전송도 가능하게 한다.

이러한 네트워크 환경에서는 차량이 이동 시 여러 노변 기지국을 통과하게 되므로 셀 사이의 핸드오프가 빈번히 발생하게 되는데, 차량에게 끊김 없는(seamless) 서비스를 제공하기 위해서는 이러한 핸드오프의 고속 처리가 필요하다. 또한 UTIS에서는 일반적인 이동 전화 네트워크에 비해 셀 안으로 진입하는 모바일 노드의 수가 빠르게 변하기 때문에, 차량을 해당 셀의 노변 기지국에 등록하기 위한 접속 처리를 빠르게 수행해야 한다.

그러나 이러한 요구 조건을 만족시키기 위해서 기존 무선 랜의 표준 MAC 프로토콜인 802.11로 동작시킬 경우 모바일 노드들을 네트워크에 참여시키기 위한 기본적인 접속 절차가 경쟁 기반으로 동작 하므로 셀에 새로운 노드가 많이 진입하는 경우에는 등록 패킷의 충돌(collison)로 인해 빠른 등록을 할 수 없다[1].

또한 UTIS가 제공하는 서비스로는 주로 리얼 타임 형식의 방송 서비스가 주를 이루며 낮은 비율로 각 모바일 노드들의 개별 데이터 업로드 등을 지원한다. 이러한 서비스 관점에서 데이터 전송을 시도하는 모바일 노드들의 수 보다 데이터 수신을 위해 대기하는 모바일 노드들의 수가 많기에 경쟁 기반보다는 비경쟁 기반으로 동작하는 것이 더 효율적이다. 따라서 UTIS에서는 기본적으로 비경쟁 방식인 폴링을 이용한 매체 접근 방법을 제시하지만 폴링을 그룹별로 송신하여 그룹 내에서는 제한된 경쟁을 통한 프로토콜을 기반으로 한다[2][3]. 하지만 기존 UTIS에서는 정적인 그룹 크기의 사용으로 셀 내로 진입하려는 노드 수의 변화에 효율적으로 동작할 수 없다. 교통 시스템의 특성 상 항상 셀 내에 일정 수의 노드가 존재하는 것이 아니기 때문에 정적인 그룹 크기의 사용은 비효율적이다. 따라서 본 논문에서는 UTIS의 기존 MAC 프로토콜을 기반으로 네트워크 환경에 따라 동적으로 그룹 크기를 변화시켜 동작할 수 있는 DLC 알고리즘을 제안한다.

### 2. 본론

#### 2.1 802.11 MAC 프로토콜의 접속 과정

802.11 MAC 프로토콜에서 접속은 크게 3단계로 구성된다. 스캐닝, 인증, 결합으로 각 단계는 경쟁을 통한 관리 프

레이프의 전송을 통해 이루어진다.

스캐닝은 각 노드들이 적절한 AP(Access Point)를 찾기 위한 작업이다. 인증은 네트워크 보안을 위해 노드가 네트워크에 결합할 수 있도록 허용하는 것을 확인하는 작업이다. 결합은 인증까지 마친 노드가 네트워크로의 접근을 획득할 수 있도록 AP에 등록하는 것을 의미한다. 또한 외부 네트워크에서 노드로 향하는 프레임들을 적절한 AP로 전달하는 것을 가능하게 한다. 따라서 인프라스트럭처 네트워크에서는 노드가 데이터를 전송하기 전에 필히 결합 과정까지 마쳐야만 한다.

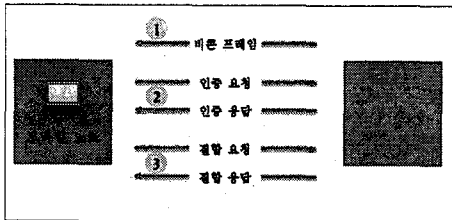


그림 1. 802.11에서의 접속 과정

802.11에서는 경쟁하는 노드들이 많을수록 접속 처리 시간이 지연된다. 따라서 802.11로는 1절에서 설명한 UTIS의 요구 조건을 만족시키기에는 비효율적이다.

## 2.2 UTIS에서의 접속 과정

UTIS에서 AP는 접속 주기와 개별 데이터 통신을 위한 주기로 나누어져 동작한다. 셀 안으로 진입하는 노드들은 접속 주기 동안 AP에 자신을 등록하고, 개별 데이터 통신은 단순히 등록된 리스트를 기반으로 AP가 폴을 송신하여 동작한다.

접속은 CF-poll, CF-req, CF-rsp의 세 개의 패킷 교환으로 이루어진다. AP는 접속 주기 동안 주기적으로 개개의 폴 식별자 마다 CF-poll을 브로드캐스팅 한다. 노드들은 다음 세 단계로 접속을 시도한다.

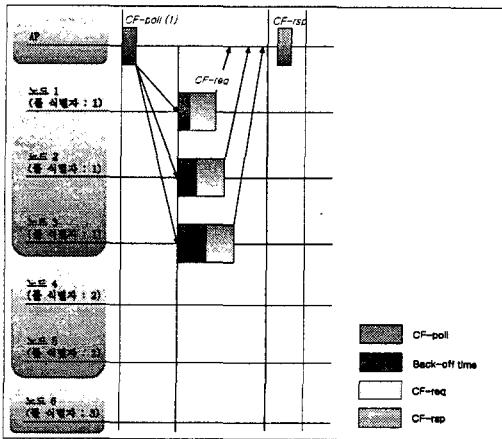


그림 2. UTIS 접속 과정

- ① AP로부터 CF-poll을 수신 받아 "접속 범위 필드"로 자신의 주소를 modulo하여 자신의 폴 식별자를 계산한다.
- ② CF-poll내의 폴 식별자와 계산한 자신의 폴 식별자와 비교하여 동일하면 랜덤 백 오프 후에 CF-req를 송신한다.
- ③ 같지 않다면 CF-poll은 무시하고 대기한다.

[그림 2]에서 폴 식별자 1에 대한 CF-poll을 수신 받은 모든 노드들은 ①에 의해 자신의 폴 식별자를 계산한다. 1번부터 3번 노드까지의 폴 식별자는 1, 나머지는 각각 2, 3으로 계산되었다. 현재 CF-poll은 폴 식별자 1에 대한 그룹에 대해 접속 기회를 제공하므로 ②에 의해 1번에서 3번 노드끼리 제한된 경쟁을 한다. 백 오프 시간이 1번 노드가 가장 적기에 가장 먼저 CF-req를 송신하고, 이에 AP는 CF-rsp를 보냄으로써 접속을 완료한다. 이후에는 다시 폴 식별자 1에 대해 접속을 제공하던지 아니면 다음 차례인 폴 식별자 2에 대한 접속 기회를 제공한다. 접속 주기 동안 모든 폴 식별자에 대해 위의 작업을 반복한다. 개별 데이터 통신은 위의 접속 시에 각 노드 별로 폴(poll)을 할당하여 해당 노드에게 데이터 전송 시에 단순히 폴에 대한 호출을 하여 동작한다.

UTIS에서의 모든 동작은 노드의 능동적인 요청에 의해 시작되지 않고 AP의 메시지에 따라 수동적으로 동작한다. UTIS에서는 그룹 별로 CF-poll을 송신하여 셀에 진입하려는 노드가 많을 경우에 경쟁의 정도를 분산 시킬 수 있다.

## 2.3 Dynamic Limited Contention Adjustment MAC Protocol for UTIS

기존 UTIS의 방식은 각 그룹 별로 경쟁을 분산시켜 기존 802.11보다 빠른 접속을 할 수 있다. 하지만 셀 내에 진입하려는 모바일 노드의 수의 변화를 반영하지는 못한다. UTIS 같은 환경 하에서는 고속의 접속 처리와 더불어 교통 상황에 따라 급격히 변화하는 노드의 수를 반영할 수 있는 프로토콜이 필요하다. 지금부터는 동적으로 그룹의 수를 조절할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

UTIS에서 동적으로 그룹의 수를 조정하기 위해서는 일단 각 그룹별로 경쟁의 정도를 파악해야 하는 작업이 선행되어야 한다. 이를 위해 하나의 폴 식별자에 대해 접속 기회를 제공하는 기간 동안 가장 처음 CF-poll에 대해서는 가장 먼저 CF-req를 보낸 노드에게 바로 CF-rsp를 보내지 말고 그룹 내의 다른 노드들로부터 CF-req를 수신하기 위한 일정 기간을 둔다. 이를 통해 접속 주기가 끝날 때는 각 폴 식별자 마다 접속을 위해 경쟁하는 노드의 개수를 추정할 수 있다. [그림 3]은 이를 설명한다.

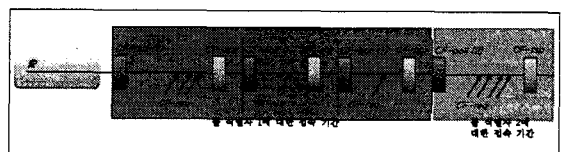


그림 3. 경쟁 정도를 파악하기 위한 접속 기간 설정

처음 CF-poll 이후에는 기존 UTIS의 MAC에서와 같이 가장 먼저 수신된 CF-req에 대해 바로 CF-rsp를 보낸다. 다음 번 차례의 폴 식별자에 대해 CF-poll을 송신할 때는 위의 작업을 반복한다. 즉, 폴 식별자에 대한 접속 기간 중에 가장 처음의 CF-poll에 대해서만 그룹 내의 모든 노드들로부터 CF-req를 받기 위한 충분한 시간을 둔다. 물론 충돌로 인해 CF-req를 보내지 못하는 노드도 있겠지만 전체적으로 봤을 경우 미비하기에 무시하기로 한다.

접속 주기 동안 수집된 각 폴 식별자에 대한 경쟁의 정도는 다음 접속 주기에 사용할 CF-poll의 접속 범위 필드 값을 설정하는데 이용한다. AP는 수집한 경쟁 정도가 이전 접속 동안의 경쟁 정도 보다 크다고 판단하면 접속 범위 필드 값을 2배하여 그룹 크기를 증가시킨다. 경쟁 정도가 적다면 반대로 동작한다.

제안하는 DLC 알고리즘은 AP를 기반으로 동작하며 모바일 노드는 기존 UTIS의 원리로 동작한다. 다음은 AP가 DLC 알고리즘을 이용하여 동작하는 pseudo code이다.

```

Algorithm DCL(in Access Point)

01: Do Loop
02:   For Each(Poll ID in Connection Range Field)
03:     Send CF-Poll(Poll ID) :
04:     broadcast CF-Poll to mobile nodes;
05:     Receive CF-req :
06:     if(CF-Poll is first for Poll ID) then
07:       expand time slot for CF-req from nodes within group;
08:       receive CF-req from mobile nodes;
09:       contention_Count[Poll ID] = count CF-req;
10:     else
11:       receive first CF-req from mobile node;
12:     end if
13:     Send CF-Poll :
14:     transmit CF-rsp for CF-req received first;
15:   End-For
16:
17: Adjust Connection Range field :
18: // using contention_Count[] array
19: If(contention rate is high) Then
20:   Connection Range field = Connection Range field * 2;
21: Else
22:   Connection Range field = Connection Range field / 2;
23: End If
24:
25: Until(turn off Access Point)

End Algorithm
    
```

그림 4. DLC 알고리즘의 pseudo code

위의 그림은 AP의 접속 주기에 대해서만 설명하고 있다. 02~15 라인까지는 AP가 각 폴 식별자마다 CF-Poll을 송신하고 노드들로부터 CF-req를 받고 CF-rsp를 보내는 부분을 기술한다. 06 라인에서 폴 식별자에 대한 첫 번째 CF-poll일 경우에는 그룹 내의 모든 노드들로부터 CF-req를 받을 수 있기에 충분한 시간만큼 확장하여 해당하는 그룹 내의 경쟁의 정도를 측정한다. 17 라인부터는 계산해낸 경쟁의 정도를 이용하여 전의 접속 주기와 비교하여 접속

범위 필드 값을 조정하여 동적으로 그룹의 크기를 조절하는 부분이다. [그림 3]에서 폴 식별자 1에 대한 경쟁의 정도는 3, 폴 식별자 2에 대한 경쟁의 정도는 4라고 추정할 수 있으며 이 값들의 합계로 전체 접속 주기의 경쟁 정도를 측정할 수 있다. 계산해낸 값을 이전의 접속 주기 때의 값과 비교하여 접속 범위 필드 값을 재설정한다. 100개의 노드가 존재하고 한 접속 범위 필드 값이 10이라면 총 10개의 폴 식별자에 대한 그룹으로 나누어진다. 각 그룹 별로 노드의 개수는 10이 되고, 폴 식별자 1에 속한 하나의 노드가 접속을 할 확률은 1/10이 된다. 한 번의 접속 주기 동안 경쟁이 심하다고 판단되어 접속 범위 필드 값이 2배가 되었을 경우 그룹의 개수는 20개가 되고 한 그룹에 해당하는 노드의 수는 5가 되어 접속 확률은 1/5이 된다. 접속을 완료한 노드의 수는 계산에서 제외되어야 하지만 결과를 간단화하기 위해 무시하였다. 이상과 같은 과정으로 셀 내로 진입하려는 노드들의 개수의 변화에 따라 동적으로 그룹의 크기를 조절할 수 있다.

### 3. 결론

차세대 지능형 교통 시스템인 UTIS는 고속으로 이동하는 차량과 노변 기지국 사이의 안정적이고 빠른 통신을 요구한다. 셀 내에 진입하는 노드들의 수가 빠르게 변하고 등록을 요구하는 이러한 환경 아래서는 기존의 802.11로는 비효율적이다. UTIS의 서비스 특성 상 등록 작업과 모든 통신이 폴링 기반으로 동작한다. 하지만 폴링을 그룹 별로 송신하여 그룹 내에서는 경쟁을 통한 매체 접근 방법을 제시하는 limited contention 프로토콜을 기반으로 한다. 기존의 UTIS의 MAC 프로토콜에서는 정적인 그룹 크기 필드의 사용으로 셀 내로 진입하는 노드의 수가 급변할 경우 유연하게 동작할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 기존 접속 주기에서 경쟁 정도를 파악하여 그룹 크기를 동적으로 변화시키는 DLC 알고리즘을 제안하였다. 향후 과제로 UTIS의 환경에 기반을 두어 802.11과 정적인 그룹 크기를 이용하는 UTIS MAC, 그리고 본 논문에서 제안한 동적으로 그룹 크기를 조정하는 DLC 알고리즘을 적용한 MAC을 수학적인 수식에 의해 증명과 직접적인 실험이 필요하다.

### 참고문헌

- [1] IEEE standard for Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications, ISO/IEC 8802-11:1999(E), Aug. 1999
- [2] 도로 교통안전 관리공단, 무선 교통정보 수집 전달 장치(UTIS) 기술규격(안), <http://www.rtsa.or.kr/infor/news01.jsp>
- [3] Tanenbaum, A.S, Computer Networks, 4th Edition, Prentice Hall, N.J., 2002
- [4] Matthew S. Gast, 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide, O'Reilly, 2004
- [5] Oran Sharon and Eitan Altman, "An Efficient Polling MAC for Wireless LANs," IEEE/ACM Trans. On Networking, vol. 9, no. 4, August 2001.