

# 이동 애드혹 네트워크에서 에너지 효율을 고려한 크로스 레이어 라우팅 프로토콜<sup>1)</sup>

\*유기훈, \*유대훈, \*최웅철, \*\*이승형, \*\*정광수  
\*광운대학교 컴퓨터과학과 \*\*광운대학교 전자정보공학부  
(khyu, yo2dh)@cs.kw.ac.kr (wchio, rhee, kchung)@kw.ac.kr

## An Energy Efficient Cross-Layer Routing Protocol in Mobile Ad Hoc Network

\*Yu Ki Hoon, \*DaeHun Yoo, \*WoongChul Choi, \*\*SeungHyong Rhee \*\*KwangSue Chung  
\*Department of Computer Science, KwangWoon University  
\*\*Department of Electronics Engineering, KwangWoon University

### 요 약

제한된 전지를 사용하는 노드들로 이루어진 이동 애드혹 네트워크 환경에서 멀티 홉 간의 에너지 효율적인 경로 설정은 매우 중요한 이슈이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 이동 애드혹 네트워크 환경에서 자주 사용되는 라우팅 프로토콜 중 하나인 AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector) 라우팅 프로토콜을 기반으로, 네트워크 계층과 MAC계층의 자원을 크로스 레이어 기법을 활용하여 에너지 효율적인 크로스 레이어 라우팅 프로토콜을 제안한다. 네트워크 계층에서의 이웃노드에 관한 상태 정보를 크로스 레이어 기법을 활용하여 MAC 계층의 back-off time을 적절히 조절함으로써 프레임의 충돌을 줄이고, 패킷의 경로를 설정하는데 있어서 신뢰성과 효율성을 부여하기 위한 방법으로 MAC계층의 자원을 활용하여 얻은 Collision-Level을 사용한다. 또한 Collision Level은 패킷 경로 선택에 사용되는 지연시간을 적응성 있게 줄이는 자원으로 사용된다.

### 1. 서 론

최근 무선 네트워크 기술에 대한 연구가 활발해짐에 따라 이에 속하는 무선 이동 애드혹 네트워크 기술 역시 다양한 분야에서 응용 및 연구되고 있다. 애드혹 네트워크는 고정된 하부구조(infrastructure)가 없기 때문에 이동성을 가지고 있는 노드들 간의 데이터 전달을 위해 각 노드들이 라우터 기능을 수행할 수 있어야 한다. 또한, 모든 노드들이 제한된 용량의 전지를 사용하고 이동성을 가지고 있어, 네트워크의 위상이 동적으로 변화하는 특징을 가지고 있다. 이러한 제약 조건에도 불구하고 애드혹 네트워크는 재난 구조, 전쟁터 및 전시장 등과 같은 특수 목적뿐 아니라 하부구조가 없는 일반적인 장소에서 효과적으로 사용된다[1].

애드혹 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 크게 테이블 기반(Table-driven) 방식, 요구 기반(On-demand) 그리고 혼합형(Hybrid)방식의 세 가지로 분류된다. 테이블

기반 방식은 유선환경의 인터넷에서 사용한 Bellman-Ford 방식을 애드혹 네트워크에 적용한 것으로 모든 이동 노드들이 자신을 중심으로 네트워크 내에 모든 이동 노드들의 라우팅 정보를 라우팅 테이블에 유지하는 작업을 수행한다. 또한 모든 노드들이 주기적으로 라우팅 정보를 교환하여 경로를 유지한다. 테이블 기반 방식의 대표적인 프로토콜로는 DSDV(Destination Sequenced Distance Vector)[2], OLSR(Optimized Link State Routing)[3]등이 있다. 요구 기반 방식은 테이블 기반 방식의 단점을 해결하기 위하여 제안된 알고리즘으로 모든 노드들에 라우팅 정보를 유지하지 않고, 데이터 전송이 필요시에만 경로를 획득하는 절차를 수행한다. 요구 기반 방식의 대표적인 프로토콜로는 DSR(Dynamic Source Routing)[4], AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector)[5]등이 있다. 마지막 세 번째로 혼합형은 두가지의 장점을 혼합한 방식으로 ZRP(Zone Routing Protocol)[6]이 대표적이다.

본 논문에서는 무선 애드혹 네트워크에서의 라우팅 프로토콜 중 요구 기반 방식의 AODV 프로토콜을 기반으로 한다. 기존 프로토콜에 크로스 레이어 기법을 활용하여 MAC계층과 네트워크 계층의 자원을 사용함으로써

1) 이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(R01-2005-000-10934-0)

에너지 소모에 효율적인 라우팅 프로토콜을 제안한다. 이후 논문의 구성은 2절에서 관련 연구로써 AODV 라우팅 프로토콜과 관련기술을 간단히 소개하고, 3절에서 문제의 이후, 4절에서 제안된 라우팅 프로토콜을 설명한다. 그리고 5절에서 결론은 맺는다.

2. 관련 연구

요구 기반 방식인 AODV 라우팅 프로토콜은 크게 경로를 탐색하는 절차와 경로를 유지하는 절차로 구분된다. 경로의 탐색과 유지하는데 있어서 필요한 메시지 타입은 RREQ(Route Request), RREP(Route Reply), RERR(Route Error), RREP-ACK(Route Reply Acknowledgement)의 4가지 타입이다.

송신 노드가 목적지 노드로의 데이터 전송이 필요하게 되면, 송신 노드에서 주변 노드에 RREQ 메시지를 플러딩(Flooding)하여 경로를 탐색한다. RREQ를 수신한 노드는 먼저 메시지가 중복되었는지를 검사하여 중복 메시지를 제거한다. 만약 자신이 목적지 노드이거나 또는 목적지까지의 라우팅 경로를 알고 있다면 RREP 메시지를 사용하여 송신 노드에게 유니 캐스트 방식으로 응답한다. 만약 RREQ 메시지를 받은 노드가 목적지 노드도 아니고 목적지 노드까지의 경로도 알지 못한다면, 수신한 RREQ 메시지의 홉의 수를 증가시켜 소스노드까지의 역 경로(reverse route)를 라우팅 테이블에 저장한 후, 받은 RREQ 메시지를 이웃노드에게 플러딩 한다. RREP-ACK은 RREQ 송신 노드가 RREP를 수신한 후 이에 대한 응답으로 사용되는 메시지이다. RERR은 목적지 노드까지 가는 경로가 단절되었을 때, 경로 단절을 송신 노드에게 통보하기 위해 사용되는 메시지이다. RERR을 받은 송신 노드는 목적지 노드까지의 새로운 경로를 생성하기 위해 새로운 경로 탐색 과정을 시작하게 된다. 이와 같은 경로 탐색 과정을 [그림 1]에 나타내었다.

위와 같이 탐색된 경로는 데이터 전송 중에는 유지되어야 한다. 경로 단절이 발생했을 경우, AODV는 지역 경로 복구를 통해 경로를 복구 하거나 또는 RERR 메시지를 이용하여 송신 노드에게 통보하여 새로운 경로 탐색 과정을

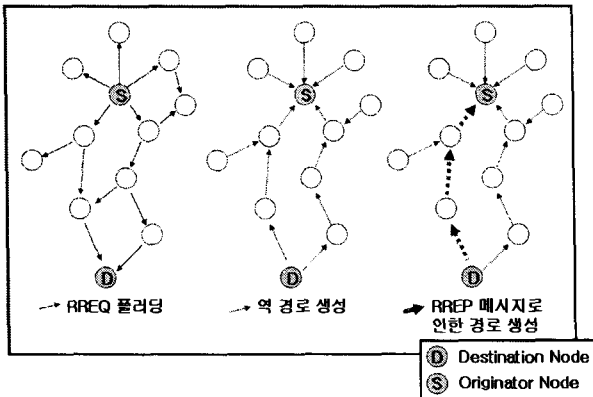
시작한다. 지역 경로 복구 방법은 단절 상위 노드에서 목적지 노드까지의 TTL값이 MAX\_REPAIR\_TTL보다 작은 범위에 있을 경우 가능하다.

AODV의 경우 경로 설정 시에 홉 수와 SNR(Signal to Noise Ratio)만을 매트릭으로 사용하여 에너지에 효율적이지 못하다. 따라서 경로가 여러 개 있을 경우 다수의 RREQ 메시지를 수신하는 특성을 활용하여 보다 효율적인 경로를 선택하는 프로토콜이 연구 되었다. 예로써, LPR 같은 경우 DSR 프로토콜을 기반으로 하여 만들어진 프로토콜로써, 경로 선정 시에 노드의 남은 에너지의 양과 에너지 소비 비율을 사용하여 예측된 생존 시간 값을 계산하고 이것을 매트릭으로 적용하였다. PEER은 노드 간의 패킷 전송에 따른 에너지 소비량을 매트릭으로 사용한다. 본 논문에서는 제안하는 Collision-Level을 매트릭으로 사용하여 경로에 신뢰성을 부여한다.

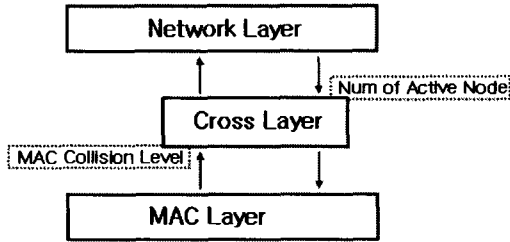
이 외에도 무선 애드혹 네트워크의 접속 방식에 따른 충돌을 줄이기 위해 NBA(Neighbourhood Backoff Algorithm)를 사용하는 방법도 연구 되었다[7]. 이는 주변 노드의 개수에 따라서 back-off-time을 수정하여 충돌을 줄이는 알고리즘이다. 본 논문에서는 주변 노드를 크로스 레이어 기법을 사용하여 얻은 네트워크 계층의 자원을 이용하여 back-off-time을 적응성 있게 수정하고 무작위 접근(random access)에 따른 충돌을 줄일 수 있는 방안을 제시한다.

3. 문제 정의

무선망에서 동일한 채널을 사용하고 있는 노드들 사이의 충돌은 불가피하다. 이는 여러 개의 노드들이 자신과 경쟁하고 있는 다른 노드들의 전송 상태를 알 수 없어, 동시에 전송하는 상황이 발생하기 때문이다. IEEE 802.11 표준에서는 이러한 노드들 사이의 충돌의 확률을 줄이기 위해서 임의의 back-off를 이용하고 있다. 즉, 프레임을 전송하기 전에 임의의 back-off 시간을 정하고 그 시간을 대기한 후, 채널이 idle한지 확인하고 프레임을 전송한다. 임의의 back-off 시간은 충돌이 일어났을 경우에 대기하는 시간이 확률적으로 2배씩 증가하게 된다. 이 방법은 노드들 간의 채널 점유율이 높지 않을 때는 충돌 확률이 작지만, 노드의 개수가 늘어나고, 전송해야 할 데이터들이 많아질수록 충돌 확률은 더욱 증가하게 된다. 이러한 이유로 주변 노드의 개수가 많다면 충돌의 확률이 증가하게 되고, 주변 노드의 개수가 적다면 충돌의 확률이 감소하게 된다. 따라서 주변 노드의 개수에 따라서 back-off 시간을 조절하는 연구가 진행되어 있다. 하지만 주변에 노드가 밀집되어 있더라도, 전송하는 노드가 많지 않다면 이 역시 충돌의 확률이 많지 않으며, 노드의 수가 적당하더라도 모든 노드가 프레임을 전송 중이라면 충돌의 확률은 높아진다. 따라서 본 논문에서는 문제 해결을 위해 [그림2]와 같이 크로스 레이어 기법을 사용한다. 네트워크 계층에서 주변의 노드 중, 라우팅 테이블을 가지고 있는 노드의 개수를 활용하여 MAC계층의 back-off의 대기 시간을 효율적으로 조절하고 충돌의 확률을 감소시킨다.



[그림 1] AODV 프로토콜에서의 경로 생성 과정



Num of Active Node: 주변의 노드들 중 라우팅 테이블을 가지고 있는 노드 수  
MAC Collision Level: MAC 계층의 충돌 백분율을 등급별로 표현

[그림 2] 제안된 프로토콜에서의 크로스 레이어 기법

AODV 라우팅 프로토콜은 경로의 상태를 인지 할 수 없기 때문에 노드의 이동성, 전지의 소진 등으로 인한 경로 단절 현상이 발생될 확률이 높다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 LPR, PEER와 같은 경로 선택 메커니즘이 연구되어 왔다. 하지만 이러한 메커니즘들은 목적지 노드가 RREQ 패킷을 수신한 후 다른 경로와 비교하기 위해 일정 시간 동안 대기하기 때문에 데이터 패킷 전송이 장시간 지연되는 문제점을 가지고 있다. 요구 기반 방식 라우팅 프로토콜은 데이터 패킷을 전송하기 전에 경로를 탐색하기 때문에 원래 패킷 지연이 존재하며, 또한 탐색된 경로가 하나 밖에 없다면 일정 시간 동안 기다리는 시간은 무의미한 지연이 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 목적지 노드에서 경로를 선택할 때의 지연시간을 적응성 있게 할 수 있는 방식을 제안한다. 또한 경로 선택의 기준이 되는 매트릭 값으로 Collision Level을 제안하고, 이를 사용한다. Collision Level은 [그림2]에서와 같이 크로스 레이어 기법을 사용하여 MAC계층의 자원을 토대로 한 MAC Collision Level과 Num of Active Node(N)에 의해 만들어진다.

4. 제안하는 라우팅 프로토콜

본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜은 AODV 라우팅 프로토콜을 기반으로 한다. 제안된 프로토콜은 프레임 전송에서의 충돌을 줄이기 위해서 MAC계층의 802.11 표준 back-off 알고리즘을 개선하였고, 경로 설정에 신뢰성을 부여하기 위해서 Collision Level을 만들어 경로 선택 시에 매트릭으로 사용한다. 그리고 경로 선택 시에 소모되는 불필요한 대기 시간을 줄이기 위한 방법도 제시한다. 프레임의 충돌을 줄이고, 경로 설정에 있어서 지연을 줄이고, 신뢰성을 부여한다. 이는 곧 전체적인 네트워크의 성능 향상과 생존 시간 연장의 효과를 가져 온다.

4.1 개선된 back-off 알고리즘

3절에서도 언급했다시피 IEEE 802.11 표준에서 노드들 사이의 충돌의 확률을 줄이기 위해서 사용하고 있는 back-off 알고리즘은 데이터를 전송하고 있는 주변 노드

| Type | Hop Count | Dst Address | Dst Sequence Number | Lifetime | Existence of Routing Table |
|------|-----------|-------------|---------------------|----------|----------------------------|
|------|-----------|-------------|---------------------|----------|----------------------------|

[그림 3] 수정된 Hello 메시지

| ID      | T           | N                  |
|---------|-------------|--------------------|
| Node ID | Update Time | Num of Active Node |

[그림 4] 수정된 NRVL

들을 고려하지 경로를 알아 설정, 선택, 유지하는데 있어서 매우 비효율적이다. 이에 개선된 back-off 알고리즘은 아래와 같다.

Step1 : [그림3]에서 볼 수 있듯이 기존의 Hello 메시지를 활용하여 자신의 주변노드들의 라우팅 테이블의 유무를 확인한다. 그리고 이 주변노드의 정보를 기존의 NRVL(Neighbor Resource Value List)을 수정하여 유지한다. 이 수정된 테이블은 [그림4]과 같이 구성된다. 그리고 주변 노드들 중 라우팅 테이블을 유지하고 있는 노드의 수를 계산하여 MAC계층에 넘겨준다. 주변의 노드들 중 라우팅 테이블을 유지하고 있는 노드 수는 곧, 데이터를 전송 중이거나 최근에 전송 했던 송신 노드 혹은 중간 노드으로써 충돌의 확률이 크다고 할 수 있다. 그리고 이러한 노드의 수를 N이라 한다.

Step2 : N의 수는 MAC계층에서 back-off 알고리즘을 개선하는데 사용된다. 기존의 CW(Contention Window)에 따라 달라지는 확률적인 back-off 방식에 back-off<sub>max</sub>와 back-off<sub>min</sub>의 개념을 추가 하였다. 그리고 이를 구하는 수식은 아래와 같다.

Back-off<sub>min</sub> : back-off의 최소값

Back-off<sub>max</sub> : back-off의 최대값

$$2^{n-1} < \alpha * N < 2^n \tag{1}$$

여기서 n은 back-off<sub>max</sub>와 back-off<sub>min</sub>를 결정하는 값이며, 주변 네트워크의 상태를 나타내는  $\alpha$ 는 0보다 큰 파라미터 변수이다.  $\alpha$ 와 N의 값에 따라서 n의 값은 결정되며, 결정된 n의 값은 기존 [0,CW]의 back-off 시간의 상한과 하한을 결정한다. n 값이 5이상이면 주변 노드의 전송이 많다고 판단하여 back-off<sub>min</sub>을 2<sup>n</sup>로 설정하게 되며, n 값이 5 미만이면 주변 노드의 전송이 적다고 판단하여 back-off<sub>max</sub>를 2<sup>n</sup>로 설정하여, 불필요한 노드의 충돌을 줄인다.

Step3 : 수정된 Hello 메시지를 사용하여 지속적으로

NRVL을 체크한다. 정수형 N값만을 사용하기 때문에 큰 노드 없이 전체적인 네트워크의 충돌을 줄일 수 있다.

4.2 Collision Level

제안된 라우팅 프로토콜에서는 경로 설정 시, 홉 수와 SNR(Signal to Noise Ratio)만을 매트릭으로 사용하지 않는다. [그림2]와 같이 크로스 레이어 기법을 사용하여 MAC 계층의 자원을 이용해 만든 Collision Level을 경로 설정의 매트릭으로 사용한다. Collision Level은 MAC계층의 MAC Collision Level과 네트워크 계층의 N값에 의해 결정된다. MAC Collision Level은 MAC계층의 데이터 전송의 실패 인지 자원으로 이루어진다. back-off time이 상승하게 되면 데이터 전송이 실패한 것으로 간주되며, 이를 토대로 수식(2)와 같이 데이터 전송의 성공률을 계산한다.

데이터 전송의 성공률

$$100 * \left( 1 - \frac{\text{Back-off time이 증가된 횟수}}{\text{데이터의 전송 횟수}} \right)$$

MAC Collision Level

$$= | \text{데이터 전송의 성공률} / 10 | \quad (2)$$

이렇게 데이터의 전송 성공률을 0 - 10까지의 수로 정량화하여 MAC Collision Level을 계산하고, 이에 추가적으로 한 가지 방법을 더 제안한다. [그림5]와 같이 최근 5개의 back-off time값을 저장하고 있으면서 순차적으로 증가하는지, 감소하는지를 체크한다. (a)와 같이 back-off time이 순차적으로 증가했다면 이는 충돌의 가능성이 매우 높다. 따라서 이러한 경우 MAC Collision Level을 10으로 조정한다. 그리고 (b)와 같이 순차적으로 감소한다면, 충돌의 가능성이 매우 낮다는 것이므로, MAC Collision Level을 0으로 조정한다. (c)와 같이 무작위의 값을 갖는다면 무시한다. 이는 이전의 값을 가지고 충돌의 정도를 예측할 수 있는 방법을 제공한다. 이렇게 구한 MAC Collision Level은 네트워크 계층의 N-Value과 함께하여 수식 (3)과 같이 Collision Level을 계산해 낸다.

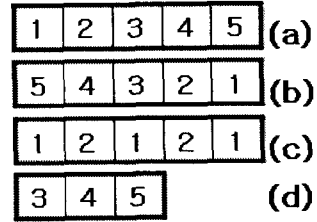
Collision Level

$$= (1 - \alpha)(N\text{-Level}) + \alpha(\text{MAC Collision Level}) \quad (3)$$

N-Value은 네트워크 환경에 따른 주어진  $\alpha$  값과의 곱을 통해 0과 10 사이의 값으로 정량화 된다.  $\alpha$  는 적응성 있게 제공되는 파라미터 값이다.

4.3 적응성 있는 대기시간

송신 노드에서 목적지 노드로의 전송이 필요할 때, RREQ를 플러딩하고, 4.4절에서와 같은 경로 탐색과 선정이 일어난다. 본 연구는 경로 선정 시에 일어나는 불필요한 대기 시간을 줄이기 위한 적응성 있는 초기 대기 시간 수



[그림 5] 최근 5개의 back-off time 값

정 방법을 제안한다. 목적지 노드는 주변의 노드 수 NNN(Number of Neighbor Node)에 따라서 대기 시간을 수정한다. 대기시간을 수정하는 방법은 아래와 같다. 초기의 대기시간은 임의의 값의 파라미터( $\alpha$ )로 주어진다.

Step1 :  $NNN \leq 2$  라면 목적지 노드에 도착하는 1,2번 RREQ 패킷을 기반으로 값을 수정하기 때문에, 초기 대기 시간 값의 수정은 이루어 지지 않는다.

Step2 :  $NNN \geq 3$  이고, IR(Interval of RREQ)을 목적지 노드에 도착한 1번째 RREQ와 2번째 RREQ의 시간 차라고 하면, 초기 대기시간은  $(NNN - 2) * IR$ 의 값으로 수정된다. 이는 불필요하게 길어질 수 있는 초기 대기시간을 경로 설정 가능성이 있는 주변 노드의 수에 기초하여 지연시간을 단축 하는데 도움을 준다.

위와 같이 주변 노드의 수를 가지고 대기 시간을 적응성 있게 조절함으로써 불필요한 패킷 지연시간을 단축시킬 수 있다. 또한 본 논문에서는 Collision Level을 사용하여 한층 더 효과적으로 대기 시간에 적응성을 부여한다. 아래 수식(4)에서 이를 설명한다. 여기서  $\beta$  값이 0이라면, 대기시간과 무관하게 충돌 가능성이 없다고 판단되어 그 경로를 선정한다. 수식(4)에서 도출된  $\alpha$  값은 대기시간을 의미하며, Collision Level과 Hop Count에 의해서 적응성을 계속 해서 유지 시킨다. 이는 불필요한 패킷 지연시간을 대폭 줄일 수 있다.

SCL(Sum of Collision Level)  
: 경로의 Collision Level의 합

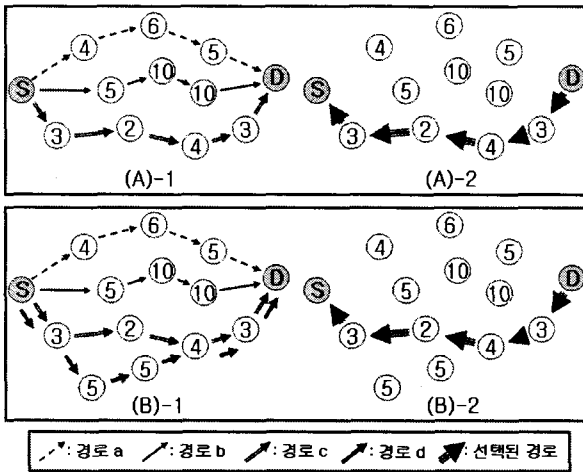
$$\beta = \text{SCL} / \text{Hop Count}, (0 \leq \beta \leq 10)$$

$\alpha$  = 대기 시간

$$\alpha = (\beta / 10) * \alpha \quad (4)$$

4.4 경로 탐색과 선정

송신 노드에서 목적지 노드로 전송이 필요 할 때, 라우팅 테이블을 검사하고, 목적지 노드의 정보가 없다면 AODV와 같이 RREQ를 플러딩하여 경로를 탐색한다. RREQ를 수신한 노드는 패킷을 송신한 노드의 정보와 함께 라우팅 테이블에 저장한다. 그리고 수신 노드가 목적지 노드가 아니라면, RREQ의 메시지 안에 정의된 Collision Level의 필드



[그림 6] 경로 탐색과 선정

에 값을 더하여 브로드 캐스트 한다. 만약 수신한 노드가 중복된 RREQ 메시지를 수신하였고, SeqNum을 비교하여 번호가 같거나 낮으면 폐기한다. RREQ가 목적지 노드까지 가는 이러한 과정은 [그림6]의 (A)-1와 (B)-2에서 설명하고 있다.

[그림6]의 (A)-1을 살펴보면 3가지 경로가 대기 시간 이내에 도착했다고 가정하면, 목적지 노드는 3가지 경로 중에서 가장 효율적인 경로를 선정하게 된다. 제안한 라우팅 프로토콜에서는 경로 선택의 매트릭으로 Collision Level과 Hop수를 생각한다. 경로 a의 SCL은 15, b의 SCL은 25, C의 SCL은 12이다. 각 SCL을 Hop Count로 나누어 Hop Count와 기초하여 평균값을 계산한다. 이렇게 도출된 값은(a = 5, b = 8.3, c = 3)과 10 사이의 수를 갖게 된다. 0에 가까울수록 충돌 가능성은 적고, 10에 가까울수록 충돌 가능성은 높다. 이렇게 비교된 값에 의해 제안한 아이디어에서는 [그림6]의 (A)-2와 같이 경로 c를 선택한다.

다음으로 [그림6]의 (B)-1, (B)-2를 살펴보면 이 예는 경로 d의 RREQ가 대기시간 이내에 도착하지 못한 경우이다. 이러한 경우 불필요한 대기시간이라 판단되어 경로 d의 RREQ는 무시되고, 가장 충돌 가능성이 적은 경로c가 선택 된다.

### 5. 결론

본 논문에서는 이동 애드혹 네트워크 환경에서 에너지 효율적인 크로스 레이어 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 제안된 라우팅 프로토콜은 요구 기반 방식의 대표적인 라우팅 프로토콜의 AODV 라우팅 프로토콜을 기반으로 개발되었다. AODV 라우팅 프로토콜은 홉의 수를 매트릭으로 하여 경로를 설정한다. 하지만 경로의 상태를 확인하지 않기 때문에 노드의 이동성, 노드의 에너지 소진 등에서 문제점이 발생한다. 이는 결국 에너지에 효율적이지 못하고, 전체 네트워크에 영향을 미치게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서 제안

된 라우팅 프로토콜에서는 크로스 레이어 기법을 활용하여 MAC계층과 네트워크 계층의 자원을 활용한다. MAC 계층의 back-off 알고리즘을 활용하여 MAC Collision Level을 제안하였고, 이를 네트워크 계층의 Active Node와 함께 활용해서 경로 설정 시에 매트릭으로 사용할 수 있는 Collision Level을 제안하여, 충돌 가능성을 예측할 수 있도록 하였다. 또한 네트워크 계층의 자원인 N을 이용해서 back-off 값을 적응성 있게 수정하여 불필요한 back-off시간을 줄일 수 있는 방안을 제시했다. 또한 경로를 설정할 때, 경로 선택을 위한 불필요한 대기시간을 적응성 있게 수정할 수 있는 방안도 제시하였다.

본 논문에서는 에너지 효율성을 높이기 위해 크로스 레이어 기법을 사용하여, 다양한 연구 방안을 제시하였다. 향후에는 시뮬레이션을 통해서 제시한 연구 방안을 기존의 AODV 라우팅 프로토콜에 비교하여 효율적이라는 것을 증명하기 위한 연구를 진행 할 것이다. 또한 제안한 연구 방안을 보완 및 수정하여 이동 애드혹 네트워크의 에너지 효율 향상에 대한 방안을 제시할 수 있도록 할 것이다.

### 6. 참고 문헌

- [1] C -K Toh "Ad Hoc Mobile Wireless Networks Protocols and Systems", Prentice Hall PTR, 2002, pp.13-25.
- [2] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers", Computer Communication, October 1994, pp.234-244.
- [3] T. Clausen, P. Jacquet, A. Laouiti, P. Minet, P. Muhlethaler, A. Qayyum and Laurent Viennot, "Optimized Link State Routing Protocol", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-olsr-07.txt, December 2002.
- [4] D. B. Johnson, D. A. Maltz, Yih-Chun Hu and J. G. Jetcheva. "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)", Internet Draft, draft-ietf-manet-dsr-07.txt, IETF MANET Working Group, February 2002.
- [5] C. E. Perkins, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-aodv-12.txt, November 2002.
- [6] Z. J. Haas and M. R. Perlman, "The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-zone-03.txt, March 2000.
- [7] M. Taifour, F. Nait-Abdesselam and D. Simplot-Ryl, "Neighbourhood Backoff Algorithm for Optimizing Bandwidth in Single Hop Wireless Ad-Hoc Networks", International Conference on Wireless Networks, Communications and Mobile Computing, 2005