

Ad hoc 네트워크에서 AODV 라우팅 프로토콜을 이용한 영상 전송 시스템 구현

Implementation of Image Transmission System in Ad-Hoc Network Using AODV Routing Protocol

이 성 훈* 이 형 근**
(Sung-Hun Lee) (Hyung-Keun Lee)

요 약

Ad-hoc 네트워크는 중앙의 특별한 관리 체계 없이 기존의 유선 네트워크 또는 기지국을 사용하지 않는 이동 호스트들만으로 구성된 네트워크를 말한다. 최근 Ad-hoc 멀티홉 통신시스템과 같은 확장된 개념의 Ad-hoc 망으로 범위가 넓어지고 있어 QoS에 대한 요구 수준이 증대되고 있다. Ad-hoc 네트워크는 잦은 망 구성의 변화, 라우터의 수, 제한된 사용 자원 등 기존 유선 네트워크와는 다른 특성들을 갖게 된다. 기존의 유선 네트워크에서 사용하던 라우팅 프로토콜들을 무선 ad-hoc 네트워크에 그대로 적용시킨다면 많은 문제점들이 발생하게 된다. AODV 라우팅 프로토콜은 Ad-hoc 네트워크 이동 노드에서 사용할 수 있도록 제안된 라우팅 프로토콜이다. Ad-hoc 네트워크에서 변화하는 네트워크의 토폴로지에서 항상 최적의 경로를 설정하는 AODV 라우팅 프로토콜은 신뢰성 높은 데이터를 제공해 준다. 본 논문에서는 NDIS(Network Driver Interface Specification) 기반의 AODV 라우팅 프로토콜을 이용하여 영상 전송이 성능 저하 없이 동작할 수 있는 시스템을 구현하고 확인하였다.

Abstract

Ad-hoc network is a collection of wireless mobile hosts forming a temporary network without the aid of any centralized administration or reliable support services such as wired network and base stations. Recently, Ad-hoc networks are evolving to support multimedia contents according to expansion of ad hoc multi-hop communication system. Wireless ad-hoc network is different from the conventional wired network by frequent changes in network topology, number of routers and resources, there are a number of problems in applying conventional routing protocol to ad-hoc network. The AODV routing protocol is proposed for mobile node in ad-hoc networks. AODV protocol that provides to guarantee QoS for data transmission in ad hoc networks that link break frequently occurs. In this paper, AODV routing protocol based NDIS(Network Driver Interface Specification) is implemented. We design high performance image transmission that can operate with software(AODV) for ad-hoc networks without degradation. and verify operation of AODV routing protocol on the test bed.

Key words: Ad hoc Network, AODV, routing, image transmission, NDIS

* 주저자 : 광운대학교 컴퓨터공학과 박사과정

** 공저자 : 광운대학교 컴퓨터공학과 교수

† 논문접수일 : 2008년 10월 24일

‡ 논문심사일 : 2008년 12월 8일

† 게재확정일 : 2008년 12월 9일

I. 서론

Ad hoc 무선 네트워크는 기지국이나 고정된 유선 네트워크의 기반 구조를 가지고 있지 않는 망이다. Ad hoc 네트워크는 전쟁터와 긴급구조 재난 등과 같은 긴박한 상황이 지속적인 네트워크 연결이 필요 없는 환경에서 적용이 가능하다. 그러나 Ad hoc 네트워크는 노드의 예측 가능하지 않는 잦은 이동성과 링크 상태 그리고 남아있는 배터리의 양 등의 조건에 따라 네트워크의 토폴로지가 역동적으로 변하는 상황이 발생한다. 따라서 Ad hoc 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 노드간 통신을 유지하기 위하여 토폴로지 변화에 적응적으로 대처할 수 있어야 한다. 노드의 이동성 때문에 경로의 단절이 자주 발생하게 되었을 때 다른 경로를 찾아내기 위한 Ad hoc 라우팅 기술이 필요하다.

Ad hoc 라우팅 프로토콜로써 On-demand 방식인 AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector) 라우팅 프로토콜이 많이 이용되고 있다. 특정 목적지에 대한 경로 설정이 요구되는 경우 즉, AODV 프로토콜은 데이터 전송이 시작되기 바로 전에 경로 설정 절차를 수행하는 방식이다. 이러한 방식에서는 각 이동 노드가 ad-hoc 네트워크 내의 모든 경로 정보를 항상 유지하도록 요구하지 않기 때문에 네트워크 트래픽을 감소시키며 상대적으로 적은 메모리 공간을 필요로 한다. 그러나 경로 설정 과정에서 경로 설정 지연 시간이 발생하며, 데이터 전송 중 발생하는 경로 실패로 인해 경로 재설정 작업이 요구될 수 있다 [1-3].

본 논문에서는 Ad hoc 네트워크를 구성하여 멀티홉으로 영상 이미지 전송을 하였을 때 노드의 고장 또는 링크의 결함으로 생기는 경로 단절시 신속한 복구가 가능케 하는 AODV 라우팅 프로토콜을 구현하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 관련 연구를 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 AODV 라우팅 프로토콜 설계의 설명과 동작 실험 방법과 구현에 대하여 설명하고 영상 전송과 성능 분석을 살펴본다. 마지막으로 4장에서는 결론을 내린다.

II. 관련 연구

1. 라우팅 프로토콜의 종류

Ad-Hoc 무선 네트워크는 고정된 유선 네트워크를 가지지 않고 이동 노드들로만 구성된 네트워크이다. 그러므로 유선 네트워크를 구성하기 힘들거나 네트워크를 구성한 후 단기간에 사용되는 경우에 아주 적합하다. Ad-Hoc 무선 네트워크에서는 각각의 이동 노드에 대한 이동 제약이 없고, 유선 네트워크나 기지국과 같은 기반 구조를 필요로 하지 않기 때문에 병원, 전시장, 생산 현장과 같은 여러 환경에서 적용이 가능하다. 그러나 Ad-Hoc 무선 네트워크는 유선 네트워크와 같은 기반구조를 가지지 않고 무선이라는 특성 때문에 노드의 이동이 자유롭다는 장점 이외에 유선 네트워크의 대역폭보다 훨씬 낮은 2Mbps로 제한되어 있고, 이동 노드의 이동으로 인해 토폴로지가 자주 변화하기 때문에 패킷의 손실이 자주 발생한다는 단점이 있다 [4].

일반적 Ad hoc 네트워크를 고려한 기존의 라우팅 프로토콜은 크게 Proactive 프로토콜과 Reactive 프로토콜 두 가지로 구분된다. Proactive 프로토콜은 지속적인 평가를 통해 모든 경로를 항상 설정해 두고 있어, 필요할 때 바로 사용할 수 있도록 하는 방식이다. Reactive 프로토콜은 필요할 때마다 그때 경로 설정 과정을 수행하는 방식이다. 따라서 경로가 필요할 때 일종의 경로 탐색 절차가 먼저 수행되어야 한다. Proactive 방식의 장점은 경로가 필요할 때 지연 없이 바로 경로를 결정할 수 있다는 것이다. Reactive 방식에서는 데이터가 발생하였을 때 경로에 대한 정보가 없기 때문에 경로를 새로 설정하기 위해 필요한 지연 시간이 길어지고 네트워크 전체에 걸친 플로딩 절차에 의해 매우 많은 양의 제어 트래픽이 발생하게 된다. 이와 같은 지연 시간과 과도한 제어 트래픽으로 인하여 Reactive 프로토콜 자체는 실시간 통신에 적합하지 않다. 그러나 Proactive 방식도 최신의 라우팅 관련 정보를 갱신하기 위해 많은 네트워크 용량을 사용해야 하므로 Ad hoc 네트워크 환경에 적합하지는 않다. Ad hoc

네트워크에서 각 노드들은 빨리 움직이고 네트워크의 변화가 경로 요청 절차보다도 더 빈번하게 발생할 수 있기 때문에 이들 라우팅 관련 정보의 대부분은 불필요하게 될 수 있다. Ad hoc 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 Table-Driven 프로토콜과 On-Demand 프로토콜로 분류될 수가 있다.

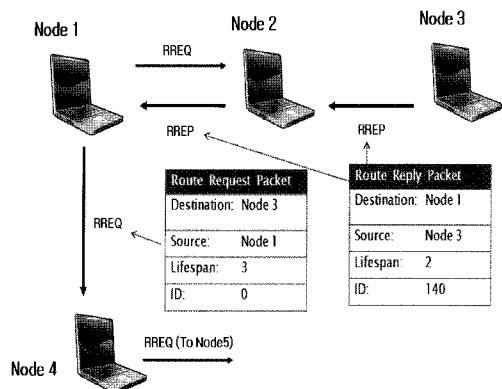
Table-Driven 프로토콜은 각각의 이동 노드가 무선 네트워크 내의 모든 경로의 정보를 유지하고 있기 때문에 경로 요구 시 최적의 경로를 설정 할 수 있다. 그러나 최신의 정보를 유지하기 위해, 제어 패킷을 통해 주기적으로 정보를 갱신해야 하므로 실제 전달하는 데이터 외에 많은 망 트래픽을 유발하는 단점을 가진다. 대표적인 Table-Driven 라우팅 프로토콜에는 DSDV, WRP, GSR, FSR 등이 있다. On-Demand 라우팅 프로토콜은 출발지 목적지에 대한 경로를 요구하였을 때만 경로 설정 단계가 수행된다. 경로 설정 단계가 완료되어 새로운 경로가 발견되면 경로 유지 단계가 수행된다. 경로 유지는 목적지 노드에게 더 이상의 요구 패킷이 없거나, 목적지 노드까지의 경로를 사용할 수 없을 때까지 계속 수행된다. 이런 프로토콜의 단점은 경로 설정 과정에서 지연이 발생한다는 점이다. 대표적인 On-Demand 라우팅 프로토콜에는 CBRP, DSR, AODV, TORA 등이 있다 [5-7].

2. AODV(Ad-Hoc On-Demand Distance Vector) 라우팅 알고리즘

AODV 라우팅 프로토콜은 거리 벡터 라우팅 알고리즘을 기반으로 하고 있으며, Table-driven 방식인 DSDV 프로토콜처럼 라우팅 테이블을 관리하여 모든 경로에 대해 완전히 알고 있어야 하는 것과는 달리, 필요할 때마다 경로를 생성하도록 하여 필요한 정보 교환의 최소화 할 수 있기 때문에 DSDV보다 향상된 방식으로 볼 수 있다. AODV 라우팅 프로토콜은 선택된 경로 상에 있지 않은 노드들이 라우팅 정보를 유지하거나 라우팅 테이블 교환에 참여하지 않아도 되므로 필요할 때만 정보를 교환하는 순수한 요구형 경로 획득 방식으로 분류할 수

있다. AODV 라우팅 프로토콜에서 사용되는 라우팅 패킷에는 RREQ (Route Request), RREP (Route Reply), RRER (Route Error), RREP-ACK (RREP-Acknowledgement)가 있으며, 이들은 라우팅 경로를 설정하고 유지하는데 사용된다.[2]

AODV 라우팅은 출발지 노드가 데이터 전송을 시작하면 RREQ를 전송하여 목적지 노드까지의 경로를 탐색 한다. 목적지 노드까지의 경로가 설정되면 RREP를 전송하여 경로를 설정 한다. 데이터를 전송하는 도중 전송 경로에 문제가 생기면 RRER을 전송하여, 전송 경로에 Error가 생겼음을 알려 준다. RRER을 전송 시 다시 RREQ를 전송하여 경로를 재설정 한다. 경로 관리는 출발지 노드가 이동하면 목적지 노드까지의 새로운 경로를 찾기 위해 경로 발견 프로토콜을 새로 시작할 수가 있다. 경로상의 노드가 이동하면, 경로사이의 노드들은 이를 인지하고 링크 손상 통보 메시지(Link failure notification message)를 전달하여 일부 해당 경로를 삭제하게 된다. 또 상위 노드들이 이 링크 손상 메시지를 수신하면 다시 그 위의 상위 노드들에게 이 메시지를 전달하며 출발지 노드에 전달될 때까지 이와 같은 과정을 반복한다. 경로가 여전히 필요하다면 출발지 노드는 해당 목적지까지의 새로운 경로를 찾기 위한 경로 발견 절차를 새로 시작한다. <그림 1>은 경로 발견 과정에 대한 설명이다. 출발지 노드인 노드



<그림 1> AODV에서 프로토콜에서의 경로 발견 과정

<Fig. 1> Route discovery in AODV protocol

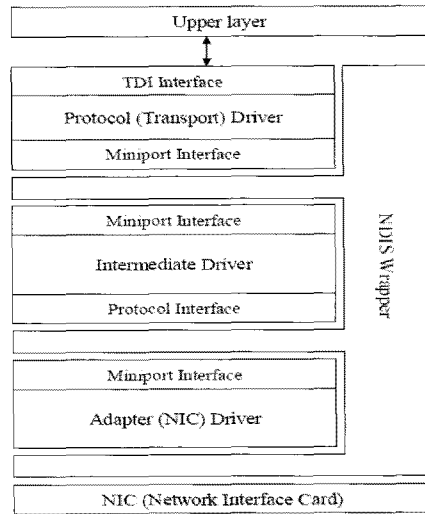
1은 목적지 노드인 노드3에게 데이터를 전송하려고 한다. 노드1은 RREQ 패킷을 주변 노드인 노드2와 4에게 전달한다. RREQ 패킷에는 목적지 주소, 소스 주소, lifespan 그리고 RREQ 시퀀스 번호의 정보가 담겨있다. 노드2는 노드3에게 RREQ 패킷을 전달하고 이에 대한 응답으로 RREP 패킷을 받게 된다. 한편 노드4는 노드3에 대한 경로가 없기 때문에 RREQ 를 노드5에게 브로드캐스팅 전달한다.

III. AODV 라우팅 프로토콜의 설계 및 구현

1. NDIS(Network Driver Interface Specification) 모델과 주변 드라이버간 관계

마이크로소프트와 3M에 의해 개발된 API로, 랜 매니저와 바인즈를 위한 랜 카드 드라이버이다. NDIS(Network Driver Interface Specification)는 각기 다른 운영체제를 사용하거나 다른 네트워크 카드를 사용하는 환경을 하나로 묶어 주는 체계로, 단일 호스트 내에서 다중 프로토콜 스택을 사용할 수 있게 해 준다. NDIS에서 프레임이라고 불리는 규격화된 단위를 구성하거나 추출함으로써 데이터를 송수신하는 프로그램이고 대개 프로토콜 스택이라는 불리는 이 프로그램은 OSI 참조 모델의 3번째와 4번째 계층에 대응되도록 계층화된다. 대개 장치 드라이버라고 불리며 네트워크 인터페이스 카드 또는 어댑터 하드웨어와 직접 교신하며 통신회선 상에서 전자신호 형태로 데이터를 송신하는 프로그램이고 네트워크 인터페이스 카드의 OSI 참조 모델의 두 번째 계층의 일부인 MAC 계층과 교신한다. 즉, NDIS는 TCP/IP 등의 프로토콜과 네트워크 장치용 드라이버가 서로 간에 어떻게 통신해야 하는가를 정의해 놓은 윈도우 규격이다. <그림 2>는 NDIS의 구조에 대한 설명이다 [8,9].

<그림 3>의 GreateFile은 컨트롤 할 디바이스를 제어할 Handle 값을 만든다.



<그림 2> NDIS 드라이버 구조
<Fig. 2> RNDIS driver architecture

```
HANDLE CreateFile(
LPCTSTR lpFileName, // 파일의 이름에 대한 포인터
DWORD dwDesiredAccess, // 접근(read-write) 모드
DWORD dwShareMode, // 공유 모드
LPSECURITY_ATTRIBUTES lpSecurityAttributes, // 보안 속성에 대한포인터
DWORD dwCreationDisposition, // 생성하는 방식
DWORD dwFlagsAndAttributes, // 파일 속성
HANDLE hTemplateFile // 복사하기 위한 속성을 가진 파일의 핸들 );
```

<그림 3> CreateFile의 처리 과정
<Fig. 3> Handling procedure for CreateFile

<그림 4>의 DeviceIoControl은 인자로 넘어온 장치를 컨트롤 하는 함수이다.

```
!DeviceIoControl(hI2C, // handle
IOCTL_IIC_SET_CLOCK, &IICclock,
sizeof(UINT32), NULL, 0,&bytes, NULL)
```

<그림 4> DeviceIoControl의 처리 과정
<Fig. 4> Handling procedure for DeviceIoControl

NdisRequest은 NIC의 상태나 능력을 쿼리하거나 NIC의 상태를 설정하기 위해 아래 계층 드라이버에 요구를 포워드 하는 함수이다.

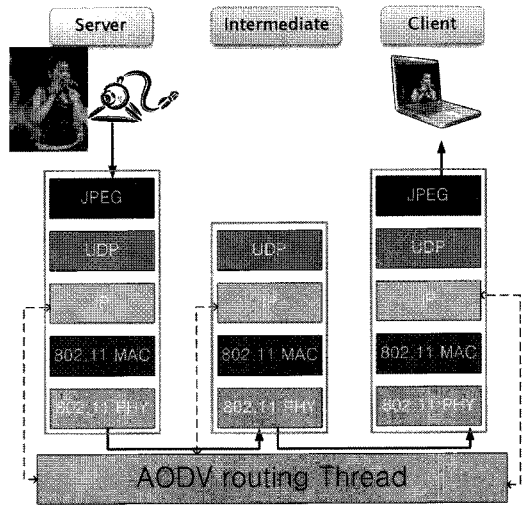
```
VOID NdisRequest(
OUT PNDIS_STATUS Status,
IN NDIS_HANDLE NdisBindingHandle,
IN PNDIS_REQUEST NdisRequest);
```

<그림 5> NdisRequest의 처리 과정
<Fig. 5> Handling procedure for NdisRequest

NdisCloseAdapter은 프로토콜이 NdisOpenAdapter 함수를 호출했을 때 확립된 바인딩과 할당 된 리소스를 해제하는 함수이다.

```
VOID NdisCloseAdapter(
OUT PNDIS_STATUS Status,
IN NDIS_HANDLE NdisBindingHandle);
```

<그림 6> NdisCloseAdapter의 처리 과정
<Fig. 6> Handling procedure for disCloseAdapter



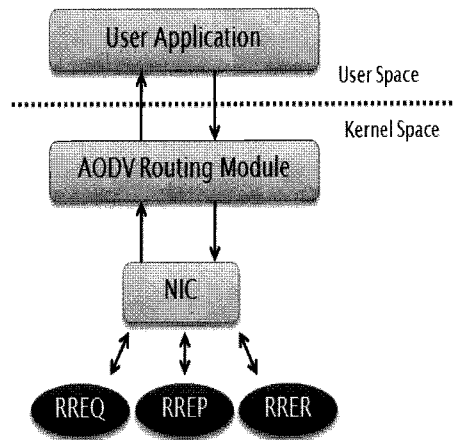
<그림 7> AODV 프로토콜 통한 영상 전송
<Fig. 7> Image transmission over AODV protocol

2. AODV 라우팅 프로토콜 설계

서버에서 카메라를 통해 영상을 촬영하고 전송 속도 향상을 위해 어플리케이션단에서 JPEG 기술을 사용하여 영상을 압축한다. 만들어진 데이터는 전송을 위해 UDP 전송단으로 내려 보내고, IP 전송단에서는 AODV 기술을 사용하여 중간노드들의 위치와 최종 Client 위치를 고려한 뒤, 가장 빠른 경로를 탐색, 설정한다. 802.11g에서는 설정된 경로를 따라 데이터는 최종 목적지까지 전송한다. 최종 목적지에서는 받은 데이터를 압축해제 과정을 거쳐 영상을 출력한다.

<그림 7>은 AODV 라우팅 프로토콜을 구현한 시스템의 블록도를 표현하였다. 사진 촬영 후 JPEG 압축부분에서 AODV 경로 탐색모듈 부분으로 넘겨 주고 IEEE 802.11g PHY과 MAC을 통해 전송하고 목적지 노드의 영상 전송부분에서 압축해제를 하고 영상 출력한다.

<그림 8>은 AODV 프로토콜이 구현된 시스템의 블록도이다. 커널 레벨에서 프로토콜과 무선 네트워크 메시지의 디버깅을 위하여 AODV Routing Module를 구현하여 사용하였다. Ad-hoc 라우팅 프로토콜은 AODV Routing Module를 사용하였으며

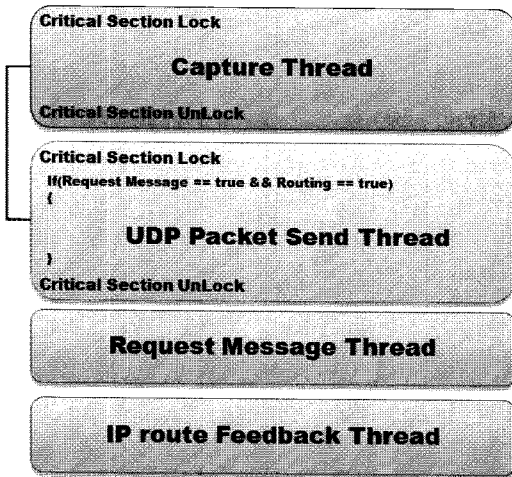


<그림 8> AODV 프로토콜 통한 영상 전송
<Fig. 8> Image transmission over AODV protocol

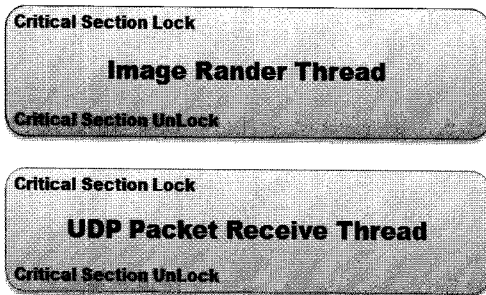
커널영역에서 동작하도록 구현되어져 있고 NIC (Network Interface Card), 즉 랜카드를 통해 패킷을 전송하도록 하였다.

<그림 9>는 클라이언트 노드에서는 데이터 처리 과정을 설명한다. 분할된 영상 데이터를 조합하고 압축을 풀어서 화면에 출력하고 영상 데이터를 전송받아 우선순위 큐에 저장 우선순위 기준은 Sequence Number이다.

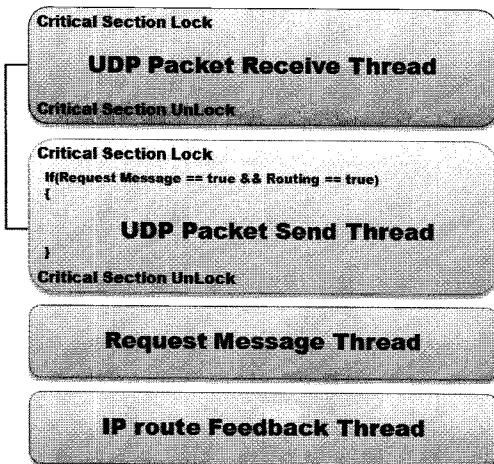
<그림 10>은 서버 노드에서는 캡처 된 영상을



<그림 9> 클라이언트 처리과정
<Fig. 9> Handling procedure for Client



<그림 10> 클라이언트 처리과정
<Fig. 10> Handling procedure for Client



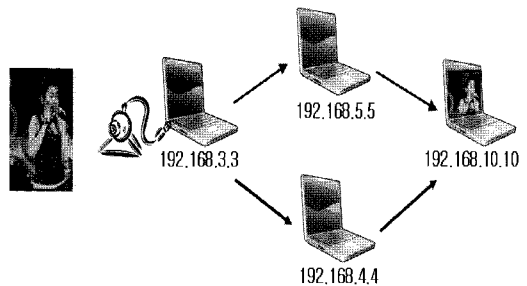
<그림 11> 중간 노드 처리과정
<Fig. 11> Handling procedure for intermediate node

압축·분할해서 버퍼에 저장 버퍼의 영상 데이터를 Next Hop으로 전송하고 수신측이 데이터를 요청하는 메시지 처리 라우팅 여부를 통해 패킷 전달의 유무와 Next Hop의 IP 정보 습득한다.

<그림 11>의 중간 노드에서는 영상 데이터를 전송받아 버퍼에 저장 버퍼의 영상 데이터를 Next Hop으로 전송하고 수신측이 데이터를 요청하는 메시지 처리 라우팅 여부를 통해 패킷 전달의 유무를 결정하고 Next Hop의 IP 정보 습득한다.

3. AODV 라우팅 프로토콜 테스트 결과

1) 실험 환경



<그림 12> AODV 이용한 동적인 망 구성 시나리오
<Fig. 12> Scenario of dynamic network configuration over AODV

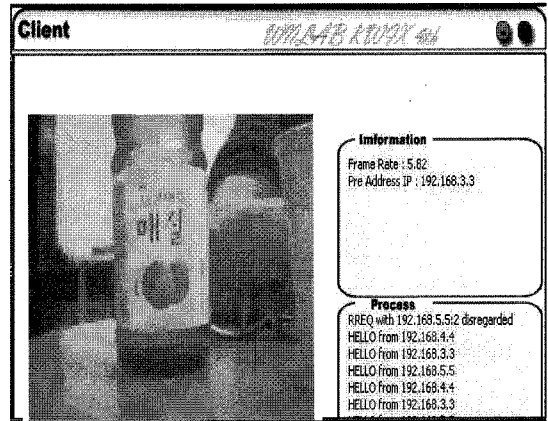
<그림 12>는 Ad hoc 네트워크를 구성하여 AODV 라우팅을 통해 영상을 전송하는 시나리오의 설명이다. 카메라에서 찍은 영상 이미지를 출발지 노드 (192.168.3.3)에서 목적지 노드(192.168.10.10)로 전송한다. 경로는 구현한 AODV 라우팅 프로토콜로 실행하여 최적의 경로 설정한다. 중간 노드로 192.168.5.5의 IP주소를 갖는 노드를 선택하여 전송을 한다. 영상 이미지를 전송 중에 중간 노드의 고장이나 경로의 결함이 발생하였을 때 주변에 통신이 가능한 노드(192.160.4.4)를 찾아 다시 영상을 전송하는 실험 환경을 구성하였다. 영상의 크기는 176×144 화소를 지원한다. <표 1>은 시나리오에서 사용된 노트북의 사양사항과 개발 환경이다.

<표 1> 실험 환경
<Table 1> Experiment environment

CPU	Intel Petium 1.60GHz
Memory	1024MByte
LANcard	1.842571 packets/secIntel(R) PRO/Wireless 2200BG Network Connection
OS	Window XP
Software tools	Visual Studio.NET 2003

<표 2> 전송속도 비교
<Table 2> A performance comparison of transmission rate

흡수	1	전송속도
UDP with JPEG	56	4K X 16Frame = 56KByte/s
UDP data	1000	108MB / 101초 = 약 1MByte/s



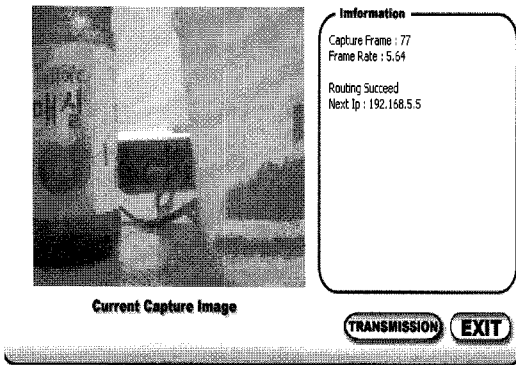
<그림 14> 클라이언트와 AODV 실행 모니터
<Fig. 14> Monitoring of Client processing and operation of AODV

2) 실험 결과

<그림 12>의 환경에서 UDP 전송과 영상의 JPEG 압축과 약 100MB의 동영상 데이터를 전송하여 그 속도를 비교해 보았다. 본 논문에서는 JPEG 기술은 소프트웨어로 어플리케이션 단에서 실행되어 컴퓨터에서 많은 리소스를 잡아 속도가 현저히 느려짐을 확인하였다. 차후 JPEG 기술을 하드웨어적으로 구현 한다면 더욱 뛰어난 전송 속도를 지원할 수 있을 것이라 생각된다.

<그림 13, 14, 15>의 화면을 보면, 초당 5~6 프레임 전송함을 볼 수 있다. 또한 중간 노드들은 AODV 라우팅을 통해 전송됨도 확인할 수 있다. Hop 수와 Life Time 또한 확인해 볼 수 있었다. Life Time은 한번 설정된 경로의 노드들에게 다시 한 번 Packet을 전송해 노드가 켜져 있는지 재검색하는 시간을 뜻한다. Life Time은 사용자가 충분히 수정 가능하다.

<그림 16>은 라우팅을 거치지 않은 직접적인 UDP 전송 속도는 한 프레임에 약 38,016KB 하는



<그림 13> 서버의 AODV 실행 동작 모니터
<Fig. 13> Monitoring of server processing and operation of AODV



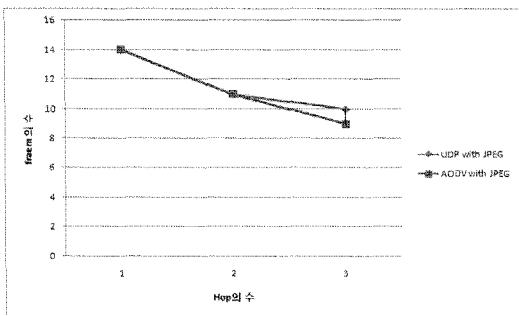
데이터를 일초에 약 10프레임정도 보냄을 확인하였다. 중간노드를 넣었을 경우에도 그 반경이 짧다면 일대일 통신과 비슷한 속도를 냄을 확인하였고, 거리에 따라 전송 데이터의 양이 급속히 줄어들을 실험을 통해 확인하였다. 가장 적은 량의 프레임 받을 경우(즉, 전송 가능범위 내에서 가장 멀리 떨어져 있을 경우), 약 4~5프레임을 전송 받았다. JPEG 압축후 AODV 기술에 따라 각 단말기들은 이용 가능한 라우팅 경로를 찾는데 성공하였고, 최종 목적지에서 무사히 영상이 전송되고 AODV 라우팅을 사용할 경우, 약간의 속도 저하는 확인하였다.

V. 결 론

본 논문은 NDIS 기반의 AODV 라우팅 프로토콜을 이용하여 Ad hoc 네트워크를 구성하고 영상 전송을 구현하고 실험하였다. 영상 전송 시에 노드간의 단절이 발생하였을 경우 경로를 다시 복구하여 다시 데이터를 전송하는 것을 확인하였다. 본 연구에서는 UDP만을 사용할 때에는 초당 10frame의 전송률이 보장 되었지만, AODV 라우팅 프로토콜을 사용한 컴퓨터 성능 저하 등으로 인해 초당 3-5frame으로 속도가 저하됨을 볼 수 있었다.

AODV 라우팅을 사용할 경우, 약간의 성능 저하는 확인하였지만 추후에 JPEG 보다 성능이 좋은 MPEG 혹은 H.264를 활용을 방법과 AODV 사용 시 발생하는 경로 재설정 시간을 줄일 수 있는 방안을 모색하는 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

<그림 15> 중간노드 AODV 실행 모니터
<Fig. 15> Monitoring of intermediate processing and operation of AODV



<그림 16> UDP와 AODV의 전송 속도 비교
<Fig. 16> A performance comparison of transmission rate of UDP and AODV

참고문헌

- [1] K. Kuladinithi and C. Görg, "Tutorial on Mobile Ad hoc Networks," 1st Regional Conference on ICT and E-paradigms, Colombo, Sri Lanka, June 2004
- [2] C. E. Perkins, E. M. Royer, and S. R. Das, "Ad hoc On-demand Distance Vector(AODV) Routing," IETF MANET Internet-draft, Feb. 2003.
- [3] C. K. Toh, *Ad hoc Mobile Wireless Networks (Protocol and Systems)*, Prentice Hall, 2002.

- [4] M. Ostregren, "TCP performance in ad hoc networks," Technical Report T2000:14, Swedish Institute of Computer Science ISSN 1100-3154. Nov. 2000.
- [5] J. Broch, D. A. Maltz, D. B. Johnson, Y. C. Hu, and J. Jetcheva, "A performance comparison of multi-hop wireless ad-hoc network routing protocols," *Proc. Fourth Annual ACM/IEEE Int. Conf. Mobile Computing and Networking*, pp. 85-97, Oct. 1998.
- [6] E. Royer and C. K. Toh "A review of current routing protocols for ad hoc mobile wireless networks," *IEEE Personal Communications*, vol. 7, no. 4, pp. 46-55, April 1999.
- [7] T. Camp, J. Boleng, and V. Davies, "A survey of mobility models for ad hoc network research," *Wireless Communications & Mobile Computing (WCMC), Special issue on Mobile Ad Hoc Networking : Research, Trends and Applications*, pp. 483-502, Sept. 2002.
- [8] NDIS Reference, www.NDIS.com
- [9] Network Driver Interface Specification (NDIS) in Windows CE, Microsoft TechNote.

저자소개



이 성 훈 (Lee, Sung-Hun)

2004년 3월~현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 박사과정 (무선네트워크전공)

2002년 3월~2004년 2월 : 광운대학교 전파공학과 석사

1995년 3월~2002년 2월 : 강남대학교 전자공학과 학사



이 형 근 (Lee, Hyung-Keun)

2003년 9월~현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 교수 (무선네트워크전공)

1987년 1월~1993년 9월 : 삼성전자 선임연구원

1997년 1월~2002년12월 : Syracuse University 컴퓨터공학과 박사

1995년 1월~1996년12월 : Syracuse University 컴퓨터공학과 석사

1983년 3월~1987년 2월 : 연세대학교 전자공학과 학사