

무선 멀티미디어 통신을 위한 하이브리드 흐름 제어

안세영^o 우시남 안순신 *송병철 *박용국
 고려대학교 전자컴퓨터 공학과, *전자부품 연구원 유비쿼터스컴퓨팅 연구센터
 {asy1604^o, nicequy, sunshin}@dsys.korea.ac.kr, *{songbc, ykpark}@keti.re.kr

Hybrid flow control in wireless real-time multimedia communication

Seayoung Ahn^o Sinam Woo Sunshin An *Byoungchul Song *Yongkuk Park
 Dept. of Electronic Engineering, Korea University
 Ubiquitous Computing Research Center, Korea Electronics Technology Institute

요 약

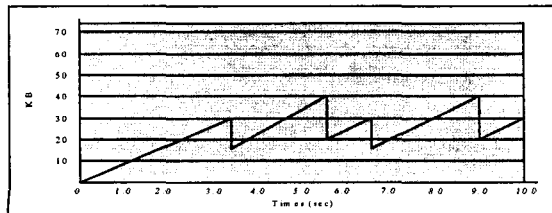
무선 인터넷이 기하급수적으로 증가함에 따라 최근 네트워킹과 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 증대되어 가고 있다. RTP는 인터넷 위에서 멀티미디어 통신을 지원하고 확장성과 유선환경에서의 적응력을 높였다. 그러나 RTP는 무선환경 안에서 양단간 QoS를 지원하지 못하는 제한을 갖는다. 본 논문은 하이브리드 플로우 컨트롤을 이용한 실시간 멀티미디어 통신 아키텍처를 제안한다. 하이브리드 플로우 컨트롤은 네트워크 상태나 사용자의 특성을 이용한 멀티캐스트 그룹 관리를 통해서 그룹 기반의 하이브리드 흐름제어를 한다. 즉 본 논문은 무선환경안에서 하이브리드 플로우 컨트롤을 제안해 사용자들에게 QoS를 보장하고자 한다.

1. 서 론

최근 무선 인터넷이 발전함에 따라서 많은 사람들이 오디오 또는 비디오 회의, 인터넷 라디오, 온라인 세미나 또는 VOD, 홈이나 특정 장소에서의 방송 등 실시간 멀티미디어 어플리케이션의 이용 요구가 증대되었다. 홈 네트워크는 데이터 공유 기술과 멀티미디어 무선 통신 기술과 함께 발전해왔다. 그 어플리케이션들은 전송 데이터의 규칙적인 전송간격과 지연과 대역폭 보장이 필요하다. 문제점은 개인적인 사용자의 환경이나 요구되어진 미디어 처리, 다른 장비나 집안에 다른 사용자 환경 망에 제공 되어지는 일반적인 멀티미디어 통신 서비스에서 일치된 양단간의 QoS를 보장하는 것이 어렵다. 본 논문에서 망 상태와 장비 특성이 고려된 실시간 멀티미디어 서비스에서 QoS를 지원하는 하이브리드 플로우 컨트롤 메커니즘과 시스템 아키텍처를 연구한다. 하이브리드 플로우 컨트롤 메커니즘은 망 상태 정보와 사용자 특성에 따라 메트릭스를 이용하는 수정된 AIMD이 기본이 된다. 그리고 우리는 홈 환경의 사용자들에 특별한 특성에 따라 그룹을 나누어 그 그룹에 근간을 둔 그룹 기반의 하이브리드 컨트롤을 제안하여 효율적인 멀티 미디어 통신을 실현하고자 한다.

2. 관련 연구

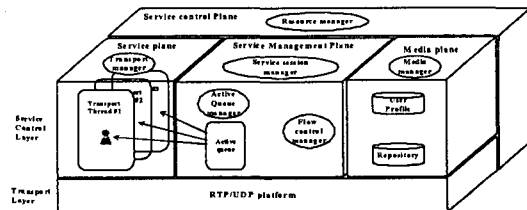
RTP 프로토콜은 멀티 캐스트와 유니캐스트 망 서비스위에서 실시간 데이터 전송을 위한 어플리케이션에 적합한 양단간의 전송을 담당한다. RTP는 주소의 자원 예약과 실시간 서비스를 위한 QoS를 보장하지 않는다[1][2]. 데이터 전송은 대규모 멀티캐스트 망에서 적용되는 방법으로 데이터 전달의 모니터링을 할수 있다. 그러나 RTP/RTCP는 무선 환경에서의 어떠한 이점도 가지고 있지 않다[3]. 첫째, RTP는 유동서 있는 플로우 컨트롤과 섹션 대역폭 관리 기능을 가지고있지 않다. 또 에러 컨트롤과 플로우 컨트롤을 가지고 있지 않고 대역폭을 감시하는 기능이 없다. 두번째, RTCP는 대역폭 컨트롤을 할수 없다. 초과된 제어 메시지는 망내에 대역폭을 낭비하고 처리능력을 저하시킨다. 셋째, RTP는 무선 환경의 특성을 고려하지 않았다[4][5].



<그림 1> AIMD 그래프

인터넷은 TCP를 이용하며 혼잡제어를 위해 AIMD를 이용한다. 기본적인 아이디어는 TCP 혼잡제어 뒤에 송신측이 손실 이벤트가 발생했을 때 송신비율을 줄이는 것이다. AIMD는 일반적으로 전송비율을 증가시키고 감소할 상황이 되면 전송율을 배로 감소시킨다. 즉 손실 이벤트가 발생하면 총을 윈도우 크기 값을 현재 값의 절반으로 줄인다. 그러나 만약 AIMD가 작은 값으로 증가한다면 결과적으로는 일시적인 주기에서 낮은 흐름 이용률을 갖는다. 만약 AIMD의 값이 크다면 평탄한 감소를 갖고 큰 진동을 갖게 된다. 그림 1은 이를 보여준다. 멀티캐스트는 하나의 송신자가 많은 수신자에게 보내는 데이터를 복사하여 전달하는 것이고 이는 여러가지 방법으로 구현될수 있다[5]. One-to-all 유니캐스트는 송신자가 각각의 수신자들에게 유니캐스트 전송으로 분리하여 보내는 것이다. 어플리케이션 계층의 멀티 캐스트는 유니캐스트 전송을 이용하여 보내지만 수신자는 데이터를 복제를 할것인지 전달할것이지를 포함한다. 송신측은 수신측들의 수보다 작게 복사를 해서 보내고 수신측은 자신을 다른 수신측에게 전달하기 위해 복사를 한다. 명백히 멀티 캐스트는 네트워크 계층에서 지원한다. UDP는 네트워크 계층의 라우터에게 복사되어 수신측에 도착할 때 다중화 링크에 의해 전달된다. IP계층은 멀티 캐스트서비스를 제공하기위해 동작한다. 멀티 캐스트 구현중 IP 계층에서의 구현은 많은 이점을 갖는다. 쉽게 구현할수 있고 사용자들이 소프트웨어의 업그레이드를 요구하지 않으며 효율적인 구조를 갖는다.

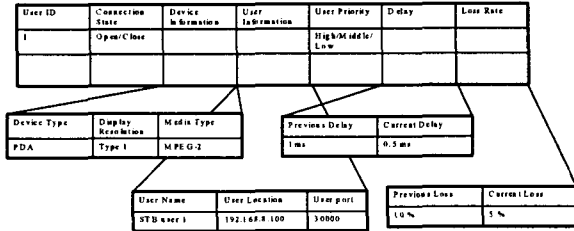
3. Real-time Multimedia communication 구조
 멀티미디어 통신 서비스가 무선환경에서 사용자의 QoS를 유지할수 없을 때 장비의 상태에 따라 자원의 이용 상태나 미디어 데이터의 특성에 따라서 서비스를 재조직해야 한다. 무선망안에서 QoS를 사용자에게 제공할 목적으로 실시간 멀티미디어 통신의 아키텍처를 제안한다.



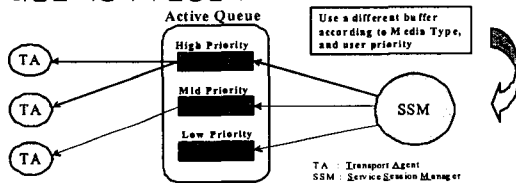
<그림 2> 실시간 멀티미디어 통신 시스템 구조

그림 2는 시스템은 Service control plane, Service management plane, Media plane, Service plane으로 구성된다. 서비스 제어 부분(Service control plane)은 시스템 리소스 및 다른 부분을 제어하고 관리한다. 미디어 부분(Media plane)은 네트워크 상태, 사용자 프로파일, 그리고 장치 프로파일을 저장한다. 멀티미디어 데

이타는 미디어 관리를 통해서 트랜스 코드 및 트랜스 레이터가 된다. 서비스 부분(Service plane)은 쓰레드 메커니즘을 이용해 사용자들에게 서비스 전송을 제공한다. 쓰레드는 쓰레드 풀을 기반으로 전송관리를 한다. 서비스 관리 부분(Service management plane)은 사용자 섹션을 유지하고 사용자 QoS를 제공한다. 이는 플로우 컨트롤 메니저를 통해서 서비스 플로우를 제어 한다. 또 미디어 전송의 효율성을 위하여 능동적인 큐 관리를 갖는다. 그리고 미디어 데이터 저장소를 갖고, URL을 이용하여 사용자에게 제공한다.



<그림 3> 사용자 및 망 정보의 데이터 구조
그림3은 사용자 프로파일이나 장치 프로파일 데이터 베이스안에 정보의 구조를 보여준다. 사용자 정보의 지연과 데이터 손실에 관한 정보는 송신단에 RTP 레포트를 통하여 얻고 섹션을 통하여 사용자의 프로파일과 장비 프로파일을 얻는다. 가정은 SIP를 통하여 섹션을 맺는다. 그림 4는 사용자에게 보다 좋은 서비스를 제공하고 효율적으로 멀티미디어 데이터를 처리하기 위해 이용되는 능동 큐를 보여준다. 능동큐는 관리자는 선점형 스케줄 정책을 따른다. 우선순위는 사용자 프로파일에 있는 사용자 우선순위와 미디어 타입을 이용하여 결정한다.

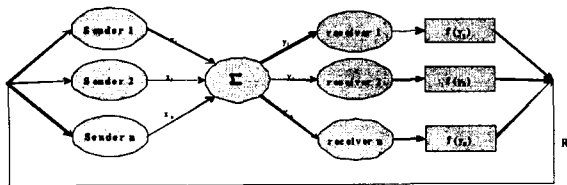


<그림 4> Active Queue 관리 구조

RTP는 실시간 데이터를 전송하는데 이용하고 RTCP는 멀티미디어 데이터를 전송하기 위하여 네트워크 상태를 레포팅하고 모니터링하기 위해 사용한다.

4. Hybrid Flow Control (HFC)

무선 통신 환경은 전원을 여러가지로 처리할수 있는 다양한 장비로 구성되어 있다. 다양한 장비의 특성과 멀티미디어 데이터를 전송한다는 것은 네트워크 대역폭 측면에서 효율성이 낮아 진다는 것을 의미한다. 하이브리드 플로우 컨트롤의 기술은 동적인 파라미터와 정적인 파라미터 두 파라미터 모두를 사용한다. 이는 기본적으로 사용자의 요구사항들과 네트워크 상태에 따라 전송률을 송신측에서 조절할수 있는 적응형 송신을 한다. 이는 기본적으로 AIMD 알고리즘이다. 그러나 무선환경에 AIMD가 적용되었을 때 플로우율이 큰 진동을 갖는 문제를 갖고 이는 낮은 처리율과 많은 지연을 의미한다. 이 때문에 멀티미디어 서비스 지원과 사용자의 서비스 질을 보장하는 것이 어렵다. 이 장에서 우리는 AIMD의 값을 줄이고 증가시키는 플로우 컨트롤 메커니즘을 연구한다. 그림 5은 모든 노드들이 동일한 상태이고 여러 개의 송신단과 여러 개의 수신단을 갖는다는 가정의 플로우 컨트롤 시스템 모델이다.



<그림 5> Hybrid flow control model

$$X(t) = \sum x_i(t)$$

$$Y(t) = \sum (y_i(t) + e_i(t))$$

$$R(t) = \begin{cases} 1 & \text{if } F(y_i(t)) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Flow Control Relation:

$$x_i(t+1) = \begin{cases} (\alpha a_i + (1-\alpha) b_i) x_i(t) & \text{if } (R(t)=1) \\ (\beta a_0 + (1-\beta) b_0) x_i(t) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

Control Function:

$$a_i = W_{\min, i}(P_{\text{static}}, P_{\text{dynamic}}) \quad b_i = W_{\max, i}(P_{\text{static}}, P_{\text{dynamic}})$$

$$a_0 = W_{\min, 0}(P_{\text{static}}, P_{\text{dynamic}}) \quad b_0 = W_{\max, 0}(P_{\text{static}}, P_{\text{dynamic}})$$

$$\alpha = U_i(P_{\text{static}}, P_{\text{dynamic}}) \quad \beta = U_0(P_{\text{static}}, P_{\text{dynamic}})$$

Boundary Condition:

$$1 \leq a_i < b_i < 2$$

$$0.5 \leq a_0 < b_0 < 1$$

방정식의 정의는 다음과 같다. X(t)는 소스로부터 총 트래픽을 보낸다. Y(t)는 목적지로부터 총 트래픽을 받는다. e(t)는 에러 요소이다. 무선 망의 인터페이스와 장비의 특성이 고려되었을 때 R(t)는 수신단들로부터 피드백이다. 만약 R(t)가 1이면 네트워크의 상태가 좋다는 것을 의미하고 플로우 레이트가 증가한다. 이와 반대라면 플로우 레이트를 감소시킨다. a나 b 값은 증가율과 감소율의 경계를 의미하며 이는 제어 함수 W를 이용하여 계산된다. 그림 6을 보면 제어함수 F는 수신단의 네트워크 상태를 레포팅하기 위해 이용된다. 이것은 RTP패킷을 이용해 RTP의 타임스탬프와 시퀀스 번호를 이용한다. 그리고 이것은 지연과 손실에 있어 경계값과 비교하여 송신측에게 이 상태(성공 또는 에러)를 알린다. 따라서 만약 네트워크 상태가 좋지 않다면 에러값을 돌려 받는다. 또 반대라면 성공값을 되돌려 받는다. 지연 경계값과 손실 경계값은 사용자의 필요에 따라서 손실 이벤트나 지연 이벤트를 통해서 유동적으로 결정된다. 그림 7은 흐름률의 경계를 결정하는 알고리즘이고 이는 정적파라미터와 동적 파라미터에 의존한다.

```
//R Receiver's cost method check the data loss and delay
//and then send the report to sender

struct rtp_packet{
    RTPHeader header;
    char * payload;
} rtp_data;

Func P (rtp_data){
    START;
    LOOP {
        if (Delay condition){ // delay_error
            Update the last timestamp from rtp_data;
            make RR packet;
            send ERROR; //R(t)=0
        }
        else if (Loss condition){ // data_loss_error
            Update the last sequence number from rtp_data;
            make RR packet;
            send ERROR; //R(t)=0
        }
        else { //no problem
            make RR packet;
            send Success; //R(t)=1
        }
    }
    END;
}
```

<그림 6> receiver's report 알고리즘

상태 파라미터는 해상도, 대역폭, 미디어 타입, 장비 타입을 갖고 세가지 우선순위로 나뉜다. 동적 파라미터는 지연과 데이터 손실을 정의한다. 제어 함수 W는 RTCP 패킷의 상태의 조건안에서 최대 흐름값과 최소 흐름값을 결정한다. 또한 제어함수 U는 동적 파라미터와 상태 파라미터에 의존하여 계수값을 결정한다. α는 흐름률 증가에 이용되는 계수이고 β는 흐름률 감소에 이용되는 계수이다. 그리고 각각의 값은 그림 8 처럼 RTCP 상태의 조건에 따라서 결정된다. 때문에 흐름률에 결정을 위해 사용자의 정보 만큼이나 네트워크의 상태 역시 이용되고 AIMD 보다 더 작은 하이브리드 흐름률의 편향을 갖는다. 그래서 RTCP 상태의 조건에 따라서 결정된다. 때문에 흐름률에 결정을 위해 사용자의 정보 만큼이나 네트워크의 상태 역시 이용되고 AIMD 보다 더 작은 하이브리드 흐름률의 편향을 갖는다. 그래서 하이브리드 흐름 제어는 사용자의 서비스 질을 쉽게 보장할수 있다. 사용자가 실시간 멀티미디어 서비스를 받을 때 흐름률의 빠르게 감소하는 것은 정적인 정보와 사용자 서비스 질의 보장을 위해 피할수 있다.

```

//determine the parameter of the flow control
struct rtcp_packet{
    int delay;
    int data_loss;
    int status; //SUCCESS, ERROR
} rtcp_data;
enum priority{low=1, middle=2, high=3};
struct static_parameter{
    int resolution; //high, middle, low
    int bandwidth; //high, middle, low
    int media_type; //high, middle, low
    int device_type;
} static_info;
struct dynamic_parameter{
    int delay;
    int data_loss;
} dynamic_info;
int min_inc, max_inc; //1<=min_inc<max_inc<2
int min_dec, max_dec; //0.5<=min_dec<max_dec<1

Func W (static_info, dynamic_info, rtcp_data){
    START;
    if(rtcp_data.status==SUCCESS){
        determine min_inc and max_inc
        from static_info and dynamic_info;
    }
    else if(rtcp_data.status==ERROR){
        determine min_dec and max_dec
        from static_info and dynamic_info;
    }
}
END;
    
```

<그림 7> flow rate 경계 알고리즘

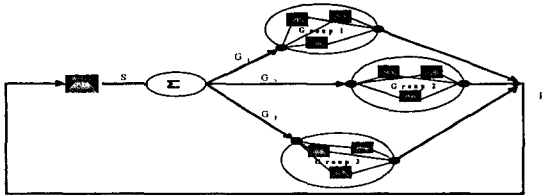
```

//determine the flow rates
int inc_ratio;
int dec_ratio;

FUNC W (static_info, dynamic_info, rtcp_data){
    START;
    if(rtcp_data.status == SUCCESS){
        calculate inc_ratio from static_info
        and dynamic_info;
    }
    else if(rtcp_data.status == ERROR){
        calculate dec_ratio from static_info
        and dynamic_info;
    }
}
END;
    
```

<그림 8> flow rate 계수 알고리즘

5. Group-based Hybrid Flow Control (GHFC)

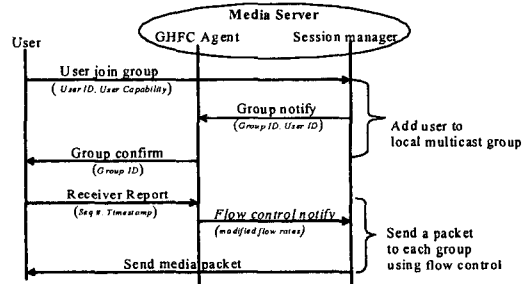


<그림 9> group-based hybrid flow control model
 무선 홈 환경은 많은 장비로 구성되어 그중 전력 처리, 대역폭, 사용자의 서비스들이 유사한 특성을 갖게 되는 장비도 있다. 그 장비의 특성을 때문에 수신단 망을 플로우 컨트롤 하는 것은 효율적이지 못하다. 플로우 컨트롤을 위해 그룹을 만들어 관리 하고자 한다. 보통 홈 환경에서 하나의 미디어 소스를 갖게된다는 점에서 착안한 것이다. 그림 9은 HFC와 유사한 GHFC의 시스템 모델을 보여준다. 가상 멀티캐스트 그룹은 각 수신단이 같은 미디어 타입, 같은 데이터 그리고 같은 장비의 특성을 갖고 소스 노드 가 중앙에 있게 된다. 따라서 같은 그룹에서 몇 개의 노드들은 같은 영적 파라미터를 포함한다. 소스 노드가 이용하는 주된 멀티캐스트 알고리즘으로 멀티캐스트하는 것을 가정한다. 소스 노드 영적 정보를 이용해 어떤 수신단 노드들을 멀티캐스트 그룹 만든다. 만약 어떤 영적 정보가 변한다면 그룹 역시 변하게 된다. 따라서 그룹 기반 흐름 제어를 위한 방정식은 다음과 같다.
 $S = \sum G_i(t)$

$$G_i(t+1) = (\alpha a_i + (1-\alpha)b_i)G_i(t) \text{ if } R(t)=1 \quad (2)$$

$$(\beta a_i + (1-\beta)b_i)G_i(t) \text{ otherwise}$$

위 방정식 (2)는 방정식 (1)과 유사하고, 같은 특성을 갖는다. 그러나 $G(t)$ 는 멀티캐스트 그룹의 트래픽 능력을 의미하는 함수이다. GHFC에서 플로우 컨트롤은 멀티캐스팅 그룹관리를 통하여 그룹을 유일하게 만든다. 비록 네트워크 계층에 각 멀티미디어 서버는 유일한 주소로 일반적인 멀티캐스트는 전체적인 멀티 캐스트 주소를 서버에게 할당하는 것으로 결정되지만 그룹관리와 그룹주소는 섹션 계층에서 성취할 수 있다. 섹션 계층에서 그룹주소를 지역적으로 할당하고 송신측 노드가 관리될 때 각 노드에서 송신측 노드의 정보에 관해서 정적으로 설정된다. 새로운 그룹의 멀티캐스트 능력 만큼이나 멀티캐스팅의 그룹의 멤버의 업데이트는 멀티캐스트 섹션 유지에 필요하다. 그림 10 처럼 멀티캐스트 그룹의 처리 및 생성을 보여준다. 사용자는 섹션 관리를 위해 멀티 캐스트 그룹에 연결한다. 섹션은 사용자 데이터안에 사용자 정보의 저장과 사용자 능력을 기반으로 어떤 송신측 노드들을 그룹관리한다. 플로우 컨트롤을 위해 흐름제어 관리는 그룹 상태를 확인하고 사용자를 확인하고 그것을 그룹에 전송한다. 그리고 사용자 상태는 플로우 컨트롤 관리에 보고 되고 이는 섹션 매니저에 흐름을 수정을 한다. 이런식으로 미디어 전송을 제어한다. 이 논문에서 흐름들은 미디어 매니저 안에서 미디어 전환을 제어 한다. 전송 매니저에서 전송률을 전환한다. 비록 GHFC는 그룹 등록 처리를 이용하기 때문에 보이지 않는 결정을 가지고 있지만 가상 멀티 캐스팅을 통하여 트래픽의 흐름을 조절하여 그룹 QoS에 따라 멀티 미디어 서비스를 제공한다. 따라서 GHFC는 홈 네트워크 장비의 특성에 따라 흐름제어 효율적으로 관리하고 사용자에게 보다 좋은 서비스를 제공하고 소스 노드의 성능이 향상되었다.



<그림 10> multicast group join flow

6. 결론 및 향후 계획

무선 네트워크 안에서 멀티미디어 서비스를 제공을 위해 많은 연구가 진행되었다. 무선 네트워크 특성을 고려하여야 하고 무선 기술이 멀티미디어 통신을 지원하는데 아직 몇가지 문제점들이 있다. 높은 지연율, 낮은 처리율, 낮은 QoS등이 그것이다. 이 논문은 사용자 서비스 질의 만족할 수 있는 하이브리드 플로우를 제안했다. HFC는 사용자 특성 만큼이나 네트워크 상태에 기본이 있다. 그리고 트래픽 흐름 제어를 위해 AIMD 메커니즘을 수정하여 구현하였다. 또한 무선 홈 환경에서 많은 홈 기기들의 장비는 유사한 처리 능력과, 디스플레이 그리고 대역폭을 갖는다. 이런 특성을 이용하여 소스노드는 멀티캐스트그룹의 단위안에서 흐름률을 제어하는 단 시스템의 멀티캐스트의 형태가 되는 GHFC를 본 논문에서 제안하였다. 하이브리드 플로우 컨트롤은 무선 홈 환경에서 홈 방송, 온라인 게임, 비디오/오디오 서비스, 회의 서비스등에 적용가능하며 이기종 무선망에서도 확장가능하다. 향후 계획은 멀티 캐스트 그룹주소의 관리 연구와 멀티캐스팅 그룹으로부터 섹션 프로토콜의 기반인 SIP연구를 이어가고 하이브리드 플로우 컨트롤을 이용한 무선 멀티 시스템을 구현하는 것이다. 또 이기종 무선 망 안에서 멀티캐스팅 적용 방안에 대해서 연구할 계획이다.

7. 참고 문헌

[1] RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications (RFC 1889)
 [2] RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control (RFC 1890)
 [3] Zhang Zhanjun, Han Chengde, A RTP-based Architecture of Multimedia Communications for Wireless networks, info-tech and info-net, 20001, proceedings, ICII 2001-Beijing, 2001 International conference, IEEE, 2001, p345-350 vol.5
 [4] Alan B. Johnston, Understanding the session Initiation Protocol, 2000.
 [5] Dharma Prakash Agrawal, Qing-An Zeng, Introduction to wireless and Mobile Systems, Brooks/cole, 2003