

이동 인터넷 전화를 위한 동적 애플리케이션 개발 표준 설계

김동진¹⁾ 신인숙 설순욱 김명철
한국정보통신대학원대학교
{sunnitop^o, darkprincess, suseol, mckim}@icu.ac.kr

Design Criteria of Dynamic Applications for Voice over Mobile IP

Dongjin Kim^o Insook Shin Soonuk Seol Myungchul Kim
Information and Communications University

요 약

본 논문은 인터넷 전화 (Internet Telephony)의 대표적 프로토콜인 SIP의 이동성과 효율적인 네트워크 대역 이용에 관한 연구이다. 이동성을 제공하기 위해 모바일 IP를 사용하기에는 삼각 라우팅, 캡슐화 오버헤드와 같은 단점이 있다고 알려진 것에 비해 이러한 모바일 IP 기반 SIP 애플리케이션의 가능성과 적합성을 보인 기존의 연구 [1]에서 더 나아가 무선통신에서 발생하는 핸드오프 동안에도 패킷 손실을 최소화할 수 있는 패킷 당 오디오 프레임 수의 상관관계를 설계하고, 무선통신 중단 간 물리적 거리 변화에 따라 동적으로 패킷 당 프레임 수를 조절하여 적용할 수 있는 적응적 애플리케이션 개발을 위한 표준을 제시한다.

1. 서 론

현대인의 일상생활에 필수적인 통신 수단은 백여 년 전 전화 발명 이래로 다양한 분야와 기술로써 눈부신 발전을 이뤘다. 초기 음성 위주의 서비스에서 비롯된 통신 서비스는 인터넷의 급진적인 성장과 대중적 활성화를 통해 음성 이외에 다양한 멀티미디어 서비스를 이동환경에서도 고도로 발달된 통신 수단을 이용하여 제공할 수 있게 되었다. 이러한 이동통신과 인터넷에 이르는 유, 무선통신 네트워크 환경의 변화와 음성과 영상 전송 기술을 포함하는 다양한 멀티미디어 서비스의 급성장은 21세기 새로운 패러다임 창조를 이끌고 있다.

현재 개발되고 있는 인터넷 서비스들 중에서 유망한 서비스의 하나로 인터넷 전화 (Internet Telephony)를 꼽을 수 있다. 인터넷 전화의 기본 원리는 사람의 목소리를 디지털 신호로 변환해 전 세계적 네트워크인 인터넷을 통해 상대방에게 송신하고, 이를 수신한 곳에서는 디지털 신호로 받은 음성정보를 다시 아날로그 신호 형태로 바꾸어 서로 간에 통화가 가능하게 하는 것이다. 인터넷 전화를 이용하여 상대방과 통화하기 위해서는 아날로그 음성을 디지털 신호로 바꾼 후 이를 인터넷 망을 통하여 전송해야 하는데, 이때 디지털 신호 형태로 음성을 송수신하기 위해 사용되는 프로토콜을 통칭해서 VoIP (Voice over Internet Protocol)이라고 한다[2].

최근에는 인터넷 전화가 곧 VoIP로 통용되고 있는데 VoIP에 이동성, 표준 번호, 다자간 회의, 음성메일, 자동 호 분배와 같은 진보된 서비스를 제공하기 위해서는 표준화된 프로토콜이 필요하다. 이러한 것으로 ITU-T의 H.323과 IETF의 세션 초기화 프로토콜 (Session Initiation Protocol, SIP)이 있다[3]. 그러나 IP 네트워크 상에서 음성을 지원하기 위한 이들 프로토콜은 이동성 지원에 제약이 있으며 인터넷에서의 이동성을 지원하고자 할 때 몇 가지 사항을 고려해야 한다. 무엇보다도 먼저, 모바일 노드가 위치에 관계없이 음성 패킷을 지속적으로 수신할 수 있는지와 이러한 이동성 지원이 애플리케이션에 투명한지를 고려해야 한다. 또한 노드의 이동성 지원 및 위치 관리를 위한 프로토콜의 적용으로 인해 생기는 비효율적인 라

우팅 경로 등과 같은 오버헤드가 최적화되어야 하고, 핸드오프나 기타의 원인으로 인한 지연 등을 충분히 고려해야 한다.

모바일 IP는 상위 계층에 대하여 투명한 핸드오프를 지원하기 위한 간단한 방법이지만 모바일 노드로 향하는 패킷을 가로채어 그 자신이 처리하는 홈 에이전트 (Home Agent, HA)로 인해 삼각 라우팅 (Triangular routing)이라는 비효율적인 라우팅 경로와 패킷 캡슐화 오버헤드에 의한 지연의 결점이 있다. 어예 모바일 IP는 지연에 민감한 응용에는 부적합한 것으로 알려져 있다. 모바일 IP를 기반으로 원활한 이동성 지원을 위한 기존 연구에 대한 흐름은 [1]에 체계적으로 정리가 되어 있다.

본 논문의 목적은 이러한 모바일 IP 기반의 SIP 환경을 구축하여 다양한 실험을 통해 모바일 IP 기반 SIP의 가능성과 적합성을 고찰한 [1]을 바탕으로 하여, 새로운 접근을 통한 보다 현실적인 결론을 제시하고자 한다. 먼저 무선망의 낮은 대역폭을 극복하기 위해 오디오 애플리케이션이 실제적인 핸드오프 타입에 맞추어 패킷 손실을 최소화 하며 하나의 패킷에 복수개의 프레임들을 실어 전송할 수 있도록 설계하고, 통신 중단 간 물리적 거리 변화에 따른 바람직한 패킷 당 프레임의 기준 제시를 통해 모바일 노드가 이동중에 지연을 자각하여 손실을 최소화하는 패킷 당 프레임 수를 동적으로 적용할 수 있는 적응적인 애플리케이션 개발을 위한 가이드를 제공하고자 한다. 이 논문의 후반부는 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 기존의 연구 [1]에 대해 알아보고 3장에서는 본 논문의 연구 내용, 4장에서는 본 연구에 대한 결론을 제시한다.

2. 관련 지식

[1]은 먼저 인터넷 전화에 이동성을 지원하는 하나의 방안으로 모바일 IP를 기반으로 한 SIP의 가능성을 보였다. 일반 IP에 대하여 모바일 IP만이 갖는 지연은 동일한 라우팅 경로일 경우 대부분 캡슐화 (encapsulation and decapsulation) 과정에서 일어나는 1ms 정도로 실시간 음성 통신에서는 무시할 만한 수준이며, 패킷 도달 간격 또한 일반 IP와 비교하여 큰 차

이가 없음을 실제 실험을 통해 보였다.

또한 무선망의 낮은 대역폭과 높은 에러율을 염두에 두었을 때 네트워크에 가해지는 부하를 줄이는 것이 모바일 IP가 확장성을 갖도록 하는 중요한 요인이 될 수 있으며, 이를 위해 실험에 쓰인 GSM 코덱의 SIP 애플리케이션 Linphone[4]의 경우 패킷 당 프레임 수를 3개로 조정하는 것이 바람직함을 보였다. 이것은 평균 90ms의 패킷 전송시간을 갖는 통신에서 인간이 감지할 수 없는 수준의 서비스를 제공하면서도 46%의 네트워크 부하를 줄일 수 있고 전체 전송해야 하는 패킷의 수를 3분의 1로 줄일 수 있는 값이라는 것이다.

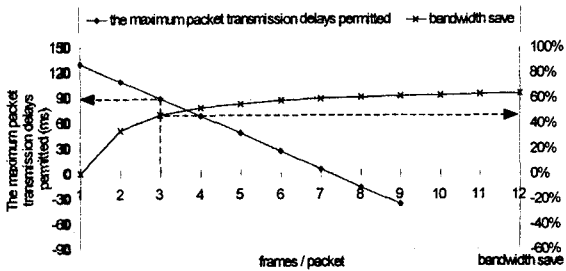


그림 1. [1]에서 제시한 적절한 패킷 당 프레임 수

그러나 이 연구는 학교망 내에서의 안정된 환경 하에서 이뤄진 실험으로 모바일 노드가 이동중에 핸드오프가 일어나는 상황에서 패킷 손실을 최소화하는 설계와 이동중인 통신 종단간의 물리적 거리 변화에 따른 애플리케이션의 패킷 당 프레임 수의 동적인 조절은 고려되지 않았다. 이에 본 논문에서는 앞서 언급한 조건을 고려하여 네트워크의 부하를 줄여 효율적인 모바일 IP 망 관리에 적합한 패킷 당 오디오 프레임 수와 통신 종단 간 물리적 거리 변화에 따른 지연에 동적으로 반응하기 위한 프레임 수를 제시하여 적응적 애플리케이션의 개발을 위한 표준을 제안한다.

3. 본 론

이런 장에서는 SIP 인터넷 전화 통화 시에 나타나는 네트워크 부하, 지연 그리고 핸드오프 중에 일어날 수 있는 패킷 손실을 고려하여 최적의 패킷 당 프레임 수를 찾는 것에 초점을 맞춘다. SIP 애플리케이션인 Linphone은 패킷 당 33bytes 크기로 한 프레임을 전송한다. [1]에서는 SIP 애플리케이션을 수정하여 한 패킷에 하나가 아닌 여러 프레임을 보냄으로써 기존의 SIP 애플리케이션의 전송방법이 적절한지 아닌지를 알아보았다. 오랜 지연시간을 감안하고 한 패킷 당 여러 개의 프레임을 보내는 것과 낮은 지연시간으로 한 패킷 당 적은 수의 프레임을 보내는 것에는 분명 논의의 여지가 있다. 또한 패킷 손실을 고려하지 않은 채 음성 데이터 트래픽을 전송하는 것은 좋은 접근방법이 아니다. 이에 핸드오프를 고려할 경우 실제 핸드오프가 발생하여도 패킷 손실을 최소로 할 수 있는 적절한 패킷 당 프레임 수를 알아본다.

본 실험에 쓰인 SIP 애플리케이션인 Linphone은 GSM 코덱에 따라 하나의 패킷에 33bytes 크기의 프레임 하나를 실어 전송한다. 이 SIP 애플리케이션을 수정하여 하나의 패킷에 복수 개의 프레임들을 실어 전송할 수 있도록 하여 각각의 경우에 대한 전송지연 시간과 패킷을 만들기까지의 대기시간을 비교하여 인간 청력의 지연 자각 능력에 상응하는 패킷 당 프레임 수를 알아보았다. 모바일 IP로 총 3분간의 음성통화의 데이터에서 단방향 음성 데이터의 전체 크기는 297Kbytes이며 이때 모든 패킷은 HA에서 FA로까지의 캡슐화로 인해 각각 20bytes의 헤더가 더해진다. 이에 하나의 패킷을 통해 많은 프

레이를 보내어 전체 데이터의 양을 줄여 네트워크 부하를 줄이는 대신 상대적으로 긴 대기시간을 감수하는 것과 하나의 패킷으로 프레임들을 적게 보내어 전체 데이터의 양의 증가로 네트워크 대역폭을 많이 소비하지만 빠른 대기시간을 추구하는 것에 대해서는 충분한 논의의 여지가 있으며, 이에 따른 패킷 헤더의 첨부에 의한 전체 데이터양의 증감을 이유로 모바일 IP의 경우 패킷 당 얼마의 프레임 수로 전송할지를 결정하는 것은 더욱 중요하다.

앞서 언급한 대로 모바일 IP에서 패킷 당 프레임 수를 적절히 조절해야 하는 이유는 모바일 IP 네트워크는 한정된 대역폭 내에서 이동 노드의 수를 증가시킴에 따라 확장성의 문제를 겪을 것이기 때문이다. 그래서 모바일 IP 네트워크에서는 대역폭을 절약하는 것이 요구된다. 특히 무선망의 경우는 낮은 대역폭과 높은 에러율을 지니기 때문에 이러한 것이 더욱더 절실하다. 그러나 네트워크의 대역폭을 절약하기 위하여 무조건 한 패킷 당 많은 프레임들을 보내게 되면 인간은 하나의 패킷을 만들기를 위한 인코딩 지연, 무선망의 핸드오프로 일정 수의 패킷을 손실로 인한 통신장애를 느낄 것이다.

통신 종단 간 지연은 송신지에서 수신지까지의 경로를 따라 전송처리, 라우터에서의 큐잉지연, 전파지연, 그리고 종단시스템의 처리지연을 합한 것이다. 인터넷 전화와 같은 양방향 통신을 하는 오디오 애플리케이션의 경우 종단 간 지연은 150ms 보다 작다. 이 경우의 지연은 인간의 청력으로는 감지할 수 없는 정도의 크기이다. 사람들은 보통 150ms에서 400ms 사이의 지연은 감지하지 못하지만 이는 일반적 인터넷 전화에서 권장할 만한 사항은 아니며, 400ms 이상의 지연에 대해서 인간은 양방향 음성통신에서 심각한 통신장애를 느낄 수 있다[4]. 그림 2는 패킷 당 프레임 수의 변화에 따른 패킷 도달 시간의 관계를 도시한 그래프이다. 아래 그림은 종단 간 허용하는 지연을 150ms 수준으로 할 때, 패킷 당 프레임의 수가 7개까지 가능함을 보이고 있다.

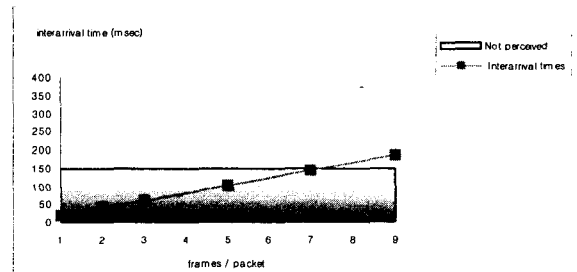


그림 2. 패킷 당 프레임 수 변화에 따른 패킷 도달 시간

여기에서 그림 2의 결과를 바탕으로 하여 핸드오프 중에 발생할 수 있는 패킷 손실을 고려한 최적의 패킷 당 프레임 수를 구할 수 있다. 이를 위해 프레임에 대한 전체 인코딩 지연을 핸드오프 지연보다 더 길게 설정한다. 즉, 한 패킷이 전송되고 난 후, 다음 패킷이 전송되기 전에 핸드오프가 발생하는 상황을 고려한 것이다. 예로 핸드오프 지연이 112ms이면 프레임에 대한 전체 인코딩 지연을 120ms로 설정하는 경우를 들 수 있다. 이 경우 핸드오프로 인한 패킷 손실은 발생하지 않는다. 즉, 핸드오프 지연 시간보다 더 긴 인코딩 지연 시간으로써 오디오 데이터를 전송한다면, 핸드오프로 인한 패킷 손실이 없는 최상의 성능을 얻을 수도 있다. 이는 그림 3을 통해 명확히 확인할 수 있다.

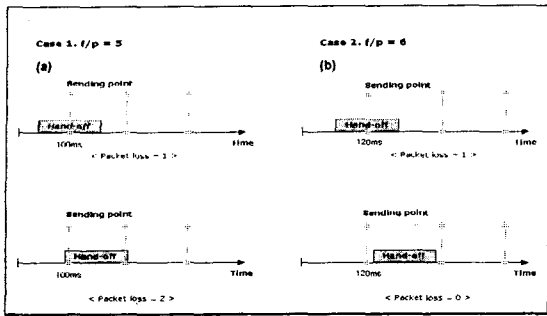


그림 3. 핸드오프 발생을 고려한 설계

[5]에서 모바일 IP의 핸드오프로 인한 지연은 약 112ms이므로 본 실험에 쓰인 애플리케이션의 프레임에 대한 전체 인코딩 지연은 120ms가 적당하다. GSM 코덱에서는 프레임 당 인코딩 지연이 20ms 걸리므로 핸드오프가 발생하는 상황에서도 패킷 당 최대 6프레임을 전송할 수 있다. 위 그림 왼쪽 (a)에서 패킷 당 프레임 수를 5로 하여 전송을 한다면 핸드오프 지연이 패킷의 인코딩 지연보다 길기 때문에 패킷 손실이 2가 되는 경우가 발생한다. 그러나 그림 오른쪽 (b)에서는 핸드오프 지연이 패킷의 인코딩 지연보다 짧기 때문에 유연한 조건하에서 패킷 손실이 없는 경우도 발생한다. 패킷 당 최대 6프레임을 전송하는 것은 모든 경우에 적용되는 것은 아니지만, 대학이나 회사 규모의 작은 네트워크 상에서는 충분히 적용할 수 있으며 이러한 규모의 네트워크 내에서 프레임에 대한 전체 인코딩 지연을 120ms로 하여, 패킷 당 최대 6프레임을 전송한다면 무선 네트워크 상에서 부하를 줄여 낮은 대역폭에 의한 확장성의 단점을 극복할 수 있다.

다음으로 현실세계의 물리적 거리에 따른 지연이라는 요인을 고려하여 각각의 적절한 패킷 당 프레임 수를 생각해 볼 수 있다. DOS 프롬프트에서 tracert, ping 명령어를 이용하여 지연에 따른 패킷 당 프레임 수를 측정하면 tracert 명령어에 의한 결과는 현실세계의 물리적 거리를 홉 (hop) 수와 지연 시간으로 보여준다[6]. 이러한 지연에 따른 각각의 적절한 패킷 당 프레임 수의 관계는 다음과 같이 도시된다.

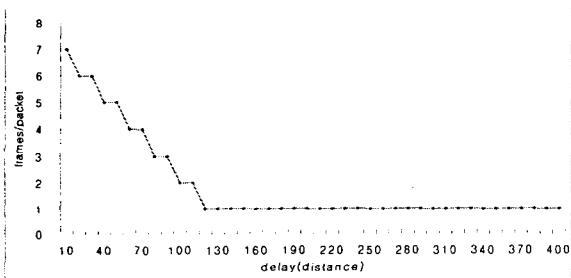


그림 4. 각각의 지연에 따른 패킷 당 프레임 수

그림 4는 통신 수단의 중단 간 물리적 거리에 의한 지연이 짧은 경우, 패킷 당 최대 7프레임까지 전송할 수 있는 것에 반해 상대적으로 오랜 지연 시간을 갖는 중단 간 통신에서는 패킷 당 1프레임만을 전송하는 것이 적절함을 보이고 있다. 이러한 기준을 근거로 무선통신을 이용한 인터넷 전화 (Liphone)를 사용할 때 모바일 노드가 이동중이라면, 물리적 거리 변화에 동적으로 이러한 기준에 따라 그 상황에 적절한 패킷 당 프레임 수를 적용하면 더욱더 효율적인 네트워크 대역의 활용을 이룰 수 있다. 간단히 말해 지연변화에 따라 한 패킷에 동적으로 정해지는 복수의 프레임을 축적하여 전송할 수 있다면, 대역폭 사용 측면에서 볼 때 더 효율적인 성능을 얻을 수 있다는

것이다. 무선망 통신에서 모바일 노드가 이동중일 때, 하나의 패킷 당 일정 고정 수의 프레임을 전송하는 것 보다 거리에 따른 지연을 고려하여 패킷 당 프레임 수를 동적으로 차별 전송함으로써 더 좋은 효율을 얻을 수 있다.

4. 결 론

무선망은 낮은 대역폭과 높은 에러율을 지니고 있기 때문에 무선망 상에서의 부하를 줄이는 것은 네트워크 확장성 문제를 위해서는 매우 중요한 요인이다. 본 논문에서는 GSM 코덱을 사용하는 모바일 IP 기반의 SIP 애플리케이션의 경우, 대학이나 회사 규모의 네트워크에서 부하를 줄이기 위해 패킷 당 6프레임을 전송하는 것이 최적임을 보였다. 이것은 평균 30ms의 패킷 전송시간을 가지는 네트워크에서 사용자가 지연이라는 통신장애를 느끼지 않도록 오디오 서비스를 제공할 수 있는 값이다. 이는 또한 핸드오프가 있을 때 유연한 조건하에서 패킷 손실이 없을 수 있는 패킷 당 전송 가능한 최대 프레임 값이다.

또한 본 논문에서는 홉 수에 의해 명시되는 각기 다른 물리적 거리에 따른 적절한 패킷 당 프레임 수를 제시하였다. 현실 세계의 물리적 거리에 따른 지연을 고려하여 패킷 당 적당한 프레임 수를 축적하여 전송한다면 대역폭 활용 면에서 더욱 더 효율적인 것이다. 이를 바탕으로 무선망을 이용한 인터넷 전화 서비스에서 모바일 노드가 이동중이라 하더라도 구해진 기준 패킷 당 프레임 수에 따른 전송을 통해 보다 효율적인 네트워크 대역의 사용을 이룰 수 있다. 더 나아가 이를 이용하여 자동 지연 감지 구조 (Delay-aware scheme)를 가지는 애플리케이션의 설계에 절대적으로 쓰일 수 있을 것이다. 자동 지연 감지 구조를 가지는 오디오 애플리케이션은 각기 다른 환경에서 얼마의 패킷 당 프레임 수가 적당한지를 동적으로 결정하여 적용시킬 수 있는 애플리케이션의 한 종류로, 인터넷 전화를 이용한 우리의 다음 연구 과제로 남겨둔다.

5. 참고 문헌

- [1] 설순욱, 김동진, 안연하, 김명철, 김영진, 무선 멀티미디어 서비스를 위한 Mobile IP 기반 SIP, 한국정보과학회 추계 학술대회, 2001.
- [2] 신상재, 무한 가능성의 VoIP, Network Times, 2001.
- [3] 유현경, 성정식, 강태규, 김도영, 차세대 VoIP 서비스를 위한 IETF SIP의 기술동향 분석, www.broadlink.co.kr.
- [4] <http://simon.morlat.free.fr/english/linphone.html>.
- [5] James F. Kurose and Keith W. Ross, "Computer Networking A Top-Down Approach Featuring the Internet", Addison Wesley Longman, 2001.
- [6] Caceres, R.; Iftode, L., "Improving the performance of reliable transport protocols in mobile computing environments", Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, Volum: 13 Issue: 5, June 1995,Page(s): 850 857
- [7] Aiguo Fei,Guangyu Pei, Roy Liu, and Lixia Zhang, Measurements on Delay and Hop-count of the Internet, Depart of Computer Science, University of California, 1998.