한국지능시스템학회 논문지 2008, Vol. 18, No. 1, pp. 78-85

에이전트 기반 화상회의 시스템에서 협조 프로토콜의 확장 및 평가

Extension and Evaluation of Cooperation Protocol for Agent-based Videoconference System

이성독 · 정상배
Sung-Doke Lee and Sang-Bae Jeong

한국정보통신대학교 공학부

요 약

본 논문에서는 에이전트 기반 화상회의 시스템에 있어서 QoS의 자율적 조정 기능을 실현하기 위한 협조 프로토콜의 확장을 제안하고, 실장 및 실험을 통하여 그 유효성을 확인한다. 에이전트 기반 화상회의 시스템의 자율적 조정이란, 화상회의 중에 발생하는 이용자의 요구 및 시스템의 자원 상황의 변화에 대하여 시스템 내 기능 및 성능을 조정하는 것에 의해서 대처하는 구조이다. 기존 협조 프로토콜은 에이전트 간의 긴밀한 협조 동작을 실행하기 위해서 그 기능이 부족하고 시스템 내 자원의 효과적 활용이 충분하지 않았다. 따라서 기존의 협조 프로토콜에 대하여 협조 상태를 도입하고, 퍼포먼스의 확장, 타협 레벨의 도입을 시도하여 실장 및 실험 평가를 수행하였다. 그 결과 에이전트 간에서 더욱 더 고도한 협조 동작이 가능하게 되어 기존보다 시스템의 유연성이 향상되었음을 확인하였다.

키워드 : 에이전트 기반 화상회의 시스템, QoS 조정, 협조 프로토콜

Abstract

In this paper, we propose the extension of cooperation protocol which realizes the autonomous control of QoS and show its effectiveness with implementation and experiments of our agent-based videoconference system. The autonomous QoS control in the agent-based videoconference system means the framework of adjusting its functions/abilities by itself to cope with the changes of user requirements and system resource situations. But, the original cooperation protocol used by the agent-based videoconference system is not enough to perform cooperation closely to use the limited resources effectively. In our proposal, the cooperation protocol is extended in the following points: (1) introducing a cooperation states, (2) extension of performatives, (3) introducing compromise levels. We embedded the proposed protocol to the agent-based videoconference system and experimented the behavior of the system. According to the experiments on this prototype system, we confirmed that the flexibility of the system is improved.

Key Words : Agent-based Videoconference System, QoS Control, Cooperation Protocol

1. 서 론

전문지식을 가지지 않은 일반 이용자가 가정 또는 사무실에서 소형 컴퓨터 및 인터넷/LAN 등의 충분한 계산기·네트워크의 자원을 이용할 수 없는 환경에서 기존의 데스크 탑 화상회의 시스템을 이용하는 경우, 그 기동 및 파라미터의 조정 등이 쉽지 않았다. 기존의 화상회의 시스템[1-3]에 이용자 요구 및 네트워크 환경의 다양성에 맞춰 기능 및 성능을 자율적으로 변경 가능한 플렉시블 시스템의 개념[4]을 기반으로 하여 에이전트 기반 화상회의 시스템의 연구가 진행되고 있다[5-8]. 에이전트 기반 화상회의 시스템은 일반 데스크 탑 컴퓨터로 화상회의 시스템을 이용할 때 발생하는 다양한 이용자 부담을 감소 할 목적으로 설계 된 화상회의 이용 지원 환경이다. 즉, 기능의 "유연성"(flexibility)을 기존의 화상회의 시스템에 도입하여 이용자 요구나 네트워크 환경 등의 변화에 대응하고, 그 기능이나 성능이 자율적으로 변화하는 지원 환경을 말한다. 여기에서 유연성이란 시스템의 내부 또는 외부에서 발생하는 변동에 대한 대응 능력 및 이용자가 사용하기 편리한 서비스 제공 능력을 말한다. 에이전트 기반 화상회의 시스템은 화상회의 중에 발생하는 이용자 요구 및 시스템 내부 또는 외부 네트워크 자원 상황 변동에 따라서 시스템을 구성하는 에이전트가 갖고 있는 전략 지식을 기초로 그 변동에 대처하기 위한 각종 QoS(quality of service) 파라미터의 조정을 수행한다. 기존의 에이전트 기반 화상회의 시스템[5]에서는 에이전트 사이에 이용자 요구 및 자원 상황의 정보를 교환하기 위하여 협조 프로토콜을 도입하였다. 그러나 정보교환 및 동작요구를 위하여 매우 단순한 기구만 제공되고 있기 때문에 이들의 프로토콜에서는 에이전

접수일자 : 2007년 11월 20일
완료일자 : 2007년 12월 13일

트 간 협조에 의하여 모든 자원을 유효하게 활용하고, 적절한 QoS를 제공할 수 없는 한계가 있었다. 본 논문에서는 이런 문제를 해결하기 위하여 기존 협조 프로토콜에 최적 QoS를 지향한 기능을 확장하고, 실장 및 실험 평가를 통하여 그 유효성을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같은 순서로 구성되어 있다. 제2장에서는 기존의 화상회의 시스템 및 에이전트 기반 플렉시블 화상회의 시스템에 관하여 기술한다. 제3장에서는 에이전트 기반 화상회의 시스템의 개념, 기능 그리고 기존의 협조 프로토콜을 기술한다. 제4장에서는 기존 협조 프로토콜의 문제점을 명확히 하고 그 확장 프로토콜을 제안한다. 그리고 에이전트 간 동작 예를 기술한다. 제5장에서는 제안한 확장 협조 프로토콜을 에이전트 기반 플렉시블 화상회의 시스템에 적용하고, 실험을 통하여 유효성을 기술한다. 제6장은 결론이다.

2. 관련연구

기존 화상회의 시스템(videoconference system: VCS)의 어플리케이션 레벨에서 QoS제어에 관한 연구는 IVS[1] 및 프레임워크 기반 접근 방법[2] 등이 있다. IVS는 인터넷을 통한 화상회의를 목적으로 개발되었는데 네트워크 조건 변화에 대한 정보를 가지고 화상 코더에서 파라미터들의 제어로 데이터 전송률을 조정한다. 프레임워크 기반 접근 방법은 " 네트워크 인식" 어플리케이션 구축을 위해서, 관찰된 네트워크 서비스 속성에서 어떻게 동적 변화를 찾을 수 있는지, 네트워크 중심 속성에서 어떻게 어플리케이션 중심 속성으로 변화시킬 수 있는지를 서술하고 있다. 이런 시도들은 환경 변화에 대한 적응도의 부족, 시스템의 부하 균등 능력에 한계가 있었다. 화상회의 중에 발생하는 변화의 종류는 다양(CPU변동, 네트워크 상황 변화, 사용자 요구 변화 등등)하고, 그 대응 방법도 다양하게 요구된다. 즉, 문제가 발생했을 때 그 해결의 어려움, 필요성, 긴급도, 그리고 이에 요구되는 정확도 등을 고려한 유연한 대응이 필요하다. 따라서 이와 같은 문제점의 해결을 위한 한 방법으로서 에이전트 기반 플렉시블 화상회의 시스템이 설계되었다.

에이전트 기반 플렉시블 화상회의 시스템(Agent-based Flexible Videoconference System: FVCS)[5-8]은 주로 에이전트 지식 기반 컴퓨팅 프레임워크(Agent-based Distributed Information Processing System: ADIPS, Distributed Agent System Based on Hybrid Architecture: DASH)[9-11]을 이용하여 구성되었다. FVCS에서는 작업의 위임이나 충돌 또는 지연 해결 등을 포함한 상위레벨 연산처리의 유연성이 요구되기 때문에 지능 정보 취급 능력과 처리 간의 복잡한 정보 교환이 필요하다. 따라서 이런 이유에 적합한 방법으로서 기존의 VCS에 ADIPS 또는 DASH를 적용하고 있다. 이런 FVCS의 공통적인 특징은 에이전트 내 지식 부분이 룰 베이스 형식으로 구성되어 있다.

3. 에이전트 기반 화상회의 시스템 및 협조 프로토콜

3.1 에이전트 기반 화상회의 시스템의 개념 및 기능

에이전트 기반 화상회의 시스템은 이용 가능한 계산 자원이 충분하지 않고, 또한 사전에 자원을 예약할 수 없는 네트워크 환경에서 이용되는 일반 화상회의 시스템에 대하여 논문 [4]의 유연성 개념을 적용하였다. 따라서 필요한 지식의 습득 또는 설정 작업 등에 의해 발생하는 이용자의 부담을 감소할 수 있게 된다.

위의 목적을 달성하기 위하여 에이전트 기반 화상회의 시스템에서는 "유연성"을 제공하는 이하의 3개의 기능을 도입하고, 그 유효성을 확인하고 있다. (G1) 요구에 따른 화상회의 환경의 자율적 구성 기능, (G2) 화상회의 세션 중에 QoS의 자율적 조정 기능, (G3) 화상회의 세션 중에 기능 변경·추가를 위한 자율적 재구성 기능.

3.2 협조 프로토콜

3.1절의 3개 목표기능 가운데, (G2)의 기능을 실현하기위한 에이전트 간의 프로토콜을 협조 프로토콜이라 부른다. 협조 프로토콜은 (G1)의 기능에 의해서 자율적으로 화상회의 환경이 구성된 뒤, 생성된 인스턴스 에이전트가 실행하는 협조동작을 규정하고 있다. 이 프로토콜에 의하여 에이전트 그룹이 이용자 요구의 변화 또는 시스템 환경의 변화에 대하여 협조적으로 대응한다. 표 1은 논문 [5]에서 제안된 협조 프로토콜에 이용되는 메시지의 종별, 즉 퍼포머티브를 표시한다. 여기에서 S는 송신자(Sender), R은 수신자(Recipient)를 의미한다.

표 1 기존의 협조 프로토콜의 메시지 종별
Table 1. Performatives for original cooperation protocol

Performative	의 미
RequestAction	S 는 R 에게 동작 요구를 실행
Acceptance	S 는 R 로부터 동작 요구를 수락
Refusal	S 는 R 로부터 동작 요구를 거절
Request	S 는 R 에게 정보 요구를 실행
Information	S 는 R 로부터의 정보 요구에 대하여 정보를 되돌림
Report	S 는 R 에게 정보를 제공

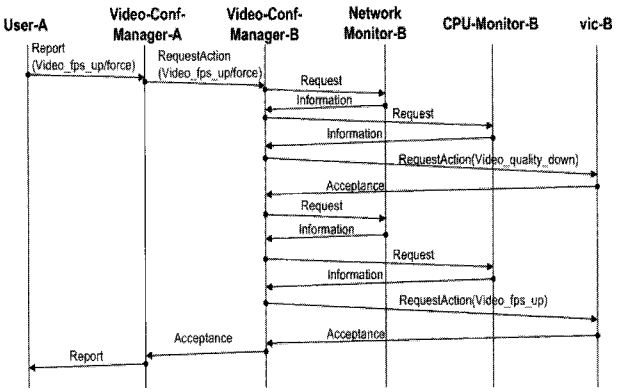


그림 1 협조 프로토콜의 시퀀스 차트
Fig. 1. Message sequence of cooperation protocol

이들의 통신 퍼포머티브를 이용한 에이전트 간 협조 동작의 예를 그림 1에 표시한다. 이 예에서는 User-A로부터 비디오 영상의 매끄러움(Smoothness)을 개선하고 싶다는 요구에 대한 에이전트 간 협조 동작을 표시하고 있다. 이와 같이

협조 프로토콜을 이용하는 것에 의해서 이용자 요구와 자원 상황을 고려한 QoS 제어가 수행되고 있다.

4. 확장 협조 프로토콜

4.1 기존 협조 프로토콜의 문제점

기존의 협조 프로토콜에는 다음과 같은 2개의 문제점 (P1), (P2)를 가지고 있다[5].

(P1) 이용자 요구/자원상황 보고의 경합: 기존의 협조 프로토콜에서는 그 단순성에 의해서 RequestAction을 발행하고, 협조 동작을 시작한 에이전트에게 메시지가 보내진 경우, 이들 메시지를 처리 할 수 없었다. 결국, 협조 동작 중에 CPU 감시 에이전트 (CPU-Monitor) 또는 이용자 에이전트 (User-A 또는 User-B)로부터 협조를 위한 동작에 유효한 정보가 보내진 경우, 그것들을 고려한 처리를 수행하기가 어렵다.

(P2) 협조 능력의 낮음: 기존 협조 프로토콜에서는 QoS 조정을 위한 파라미터의 제어를 워크스테이션 WS-A, WS-B측의 어느 계산기의 에이전트 조직 내 만으로 수행하였다. 이것은 화상회의 관리 에이전트 Video-Conf-Manager-{A, B} 사이에서 충분한 협조를 수행하기 위하여 프로토콜이 정비되지 않았음을 알 수 있다.

4.2 협조 프로토콜의 확장

4.1 절에서 서술한 문제점을 해결하기 위하여 기존의 협조 프로토콜에 (1) 협조 상태의 도입, (2) 퍼포머티브의 확장, (3) 타협 레벨의 도입을 실시한다.

(1) 협조 상태의 도입 : 협조 동작을 수행하고 있는 에이전트가 공통으로 갖는 상태로써 협조 상태 COOP을 도입한다.

COOP ::= {coop-id, status, goal, start-time, deadline, requester}

여기에서, coop-id는 협조 상태의 식별자, status는 현재 협조의 상황, goal은 협조를 수행하는 목적, start-time은 협조 개시 시간, deadline은 협조에 의하여 문제 해결을 수행하는 시간, requester는 협조 개시를 요구한 에이전트 명을 각각 표시한다. 이 협조 상태는 협조 동작을 시작 할 때, 에이전트 간의 협조를 위한 메시지 교환에 의해서 발생하고, goal에 기술된 목적이 달성한 경우 또는 무엇인가의 이유로 협조 동작을 중지할 필요가 있는 경우 해제된다. 협조 상태의 도입에 의해서 다음과 같은 장점이 있다. 문제점 (P1)에 있어서 에이전트가 협조 중에 있으며, 그 협조의 목적이 명시되기 때문에 협조 동작 중에 발생하는 이용자 요구나 자원상황 보고의 발생에 대하여 적절한 처리를 하는 것이 가능하다. 또한 에이전트는 협조 중에 각각의 행동을 현재의 협조 상태를 고려하면서 결정하는 것이 가능하게 되어, 문제점 (P2)을 해결하기 위한 에이전트 동작 기술의 상세화가 가능하다.

(2) 퍼포머티브의 확장 : 표 1에 표시되어 있는 기존의 협조 프로토콜에서 RequestAction 계의 퍼포머티브를 확장하고, 표 2 및 표 3에 표시하는 퍼포머티브를 새롭게 정의한다. 표 2의 퍼포머티브는 협조 상태 중에 있는 에이전트 간에서 교환되는 메시지이며, 표 3의 퍼포머티브는 협조상태의 설정/변경 등의 메타레벨 협조용이다. 이들의 추가에 의해서 (P2)의 해결이 가능하게 된다.

표 2 확장 협조 프로토콜의 메시지 종별 (1)
Table 2. Performatives for extended cooperation protocol (1)

Performative	의 미
Re-RequestAction	S 는 R 에게 동작 요구를 재시도
Refusal-But	S 는 R의 동작 요구를 조건을 포함하여 거절
C-RequestAction	S 는 R 에게 동작 역 요구
C-Re-RequestAction	S 는 R에게 동작 역 요구를 재시도
C-Acceptance	S 는 R로부터의 동작 역 요구를 수락
C-Refusal	S 는 R로부터의 동작 역 요구를 거절
C-Refusal-But	S 는 R로부터의 동작 역 요구를 조건을 포함하여 거절

표 3 확장 협조 프로토콜의 메시지 종별 (2)
Table 3. Performatives for extended cooperation protocol (2)

Performative	의 미
Make-Coop	S 는 R 에게 협조 시작을 요구
Acceptance-Make-Coop	S 는 R의 협조 시작 요구를 수락
Refusal-Make-Coop	S 는 R의 협조 시작 요구를 거절
Close-Coop	S 는 R에게 협조 종료를 요구
Change-Coop	S 는 R에게 협조 상태 변경을 요구
Acceptance-Change-Coop	S 는 R의 협조 상태 변경을 수락
Refusal-Change-Coop	S 는 R의 협조 상태 변경을 거절

(3) 타협 레벨의 도입 : 각 에이전트의 협조 동작을 제어하기 위하여 4단계의 타협 레벨을 도입한다. 타협 레벨은 각각의 에이전트가 협조동작에서 어느 정도 타협하여 요구에 대응할 것인가를 정의하는 것이며, 협조상태에 있는 에이전트는 반드시 어떤 타협 레벨에서 협조 상태를 수행하는 것으로 한다. 협조가 진행되는 과정에서 협조하는 에이전트 들이 타협 레벨을 조금씩 올리면서 그 타협 레벨을 표시하는 조건의 범위 내에서 최적한 답을 유출한다. 타협 레벨의 변경은 표 2에 표시된 퍼포머티브 가운데 Re-RequestAction, Refusal-But, C-Re- RequestAction, C-Refusal-But의 수신에 의해서 수행될 가능성이 높다. 또한 타협 레벨은 에이전트 기술자 (記述者) 에 의해서 기술되어 화상회의 시스템의 타협 레벨은 그 값으로써 화상회의의 QoS 파라미터에 대한 우선도의 값을 기술한다. 타협 레벨에 의해서 각 에이전트마다 유연하게 협조를 위한 전략을 기술할 수 있기 때문에 문제 (P2)의 해결이 가능하다.

4.3 확장 협조 프로토콜을 기반으로 한 에이전트의 동작

본 절에서는 4.2 절에서 제한 한 확장 협조 프로토콜을 기반으로 에이전트 간 협조 동작을 서술한다. 이 동작에 있어서 Video-Conf-Manager의 타협 레벨 설정 및 이용자 요구의 우선도는 그림 2에 표시하였다.

Video-Conf-Manager-A

타협 레벨	우선도
1	3
2	6
3	8
4	10

Video-Conf-Manager-B

타협 레벨	우선도
1	2
2	4
3	6
4	8

타협 레벨의 설정

User-A

QoS 파라미터	우선도
Smoothness	10
Quality	4
Resolution	1

User-B

QoS 파라미터	우선도
Smoothness	6
Quality	8
Resolution	2

이용자 요구

그림 2. 타협 레벨 및 이용자 요구의 상태
Fig. 2. Status of compromise level and user requirements

(A) 시스템 자원 상황의 변화에 대한 QoS의 자율적 조정 동작 : 그림 3에 확장 협조 프로토콜을 이용한 시스템 자원 상황의 변화에 대한 처리의 흐름을 나타낸다.

(1) 자원 상황 변화의 검지: CPU-Monitor-B가 허용범위 이탈을 검지하고, Video-Conf-Manager-B에게 Report에 의해서 보고 한다.

(2) 장해 발생 측의 협조 레벨 1에서의 대처: Video-Conf-Manager-B는 타협 레벨 1에서의 우선도가 2인 것으로부터, User-A의 우선도가 2 이하의 QoS 파라미터가 있는지 조사한다. 이 경우, 해상도(Resolution)의 우선도가 1이고, 타협 레벨 1의 범위 내에 있기 때문에 먼저 vic-B에 대하여 해상도를 낮추기 위한 요구 RequestAction(resolution_down)을 발행하고, CPU 자원을 개방을 시도한다. 개방을 한 다음 CPU 자원의 상태를 재조사하고, 아직 자원이 충분하게 개방되지 않은 경우는 다시 vic-B에 대하여 파라미터 값의 변경 요구를 발행한다.

(3) 협조상태의 체결: (2)의 처리를 반복한 후, 우선도가 타협 레벨 1의 범위 내에 있는 모든 파라미터 값을 낮추어도 CPU 자원 상황이 개선되지 않은 경우는 Make-Coop에 의해서 Video-Conf-Manager-A와의 사이에서 협조상태를 형성한다.

(4) 상대측에 대한 요구 및 상대측의 타협 레벨 1에서 대처: 협조 상태에 들어간 후, Video-Conf-Manager-A에 대하여 CPU 자원을 개방하기 위한 처리 의뢰를 실행한다. 이것에 대하여 Video-Conf-Manager-A에서는 타협 레벨 1의 우선도가 3이므로 User-B의 우선도가 3 이하의 QoS 파라미터 값을 순차적으로 낮춘다.

(5) 장해 발생 측에서 타협 레벨의 변경: 상대측에서 현재의 타협 레벨 범위 내 우선도를 갖는 모든 파라미터 값을 낮추었음에도 CPU 자원의 개방이 되지 않은 경우, Video-Conf-Manager-A는 Video-Conf-Manager-B에 대하여 Refusal-But을 발행한다. 이것을 받은 Video-Conf-Manager-B는 타협 레벨을 2로 올려 그 범위 내에서 목적을 달성하기 위한 동작을 실행한다.

(6) 상대측 타협 레벨의 변경: (5)의 처리에 의해서도 CPU 자원이 개방되지 않은 경우, Video-Conf- Manager-B는 Video-Conf-Manager-A에 대하여 Re- RequestAction을 발행한다. 이것을 받은 Video-Conf- Manager-A는 타협 레벨을 2로 올려 그 범위 내에서 목적을 달성하기 위한 동작을 수행한다.

(7) 협조 상태의 해제: (5), (6)을 반복하여 그 사이에 CPU 자원의 개방에 성공한 경우는 Close-Coop에 의해서 협조 상태를 해제한다.

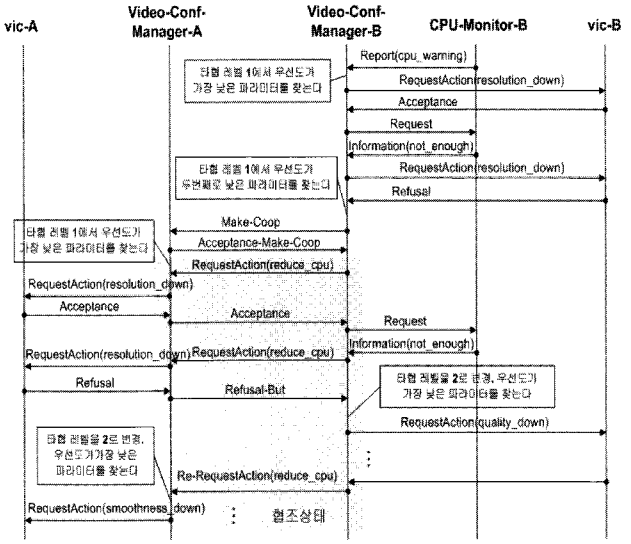


그림 3 확장 협조 프로토콜을 적용한 CPU 자원의 부족에 대한 대응
Fig. 3. Message sequence chart of extended cooperation protocol to cope with the lack of CPU resource

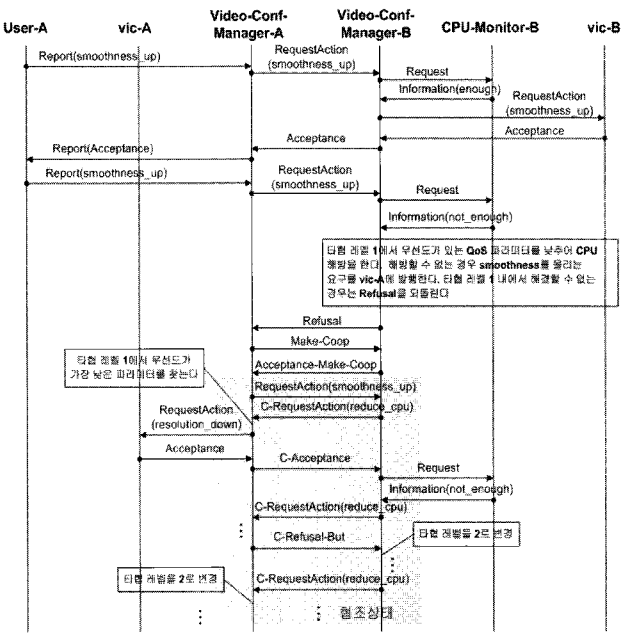


그림 4 확장 협조 프로토콜에 의한 이용자 요구의 변화에 대한 대응
Fig. 4. Message sequence chart of extended cooperation protocol to cope with the change of user requirement

(B) 이용자 요구의 변화에 대한 QoS의 자율적 조정 동작 : 그림 4에 확장 프로토콜을 이용한 이용자 요구 변화에 대

한 처리의 흐름을 나타낸다. 이용자 요구의 획득, 상대측에서의 대응, 협조 상태의 체결, 요구 발생 측에서의 타협 레벨 1에서의 대응, 상대측에서의 타협 레벨 변경, 요구 발생 측에서의 타협 레벨 변경, 협조 상태의 해제 등은 (A)에서 내용에서 이용자의 요구 획득을 첨가하여 설명 할 수 있다.

5. 실험 및 평가

본 논문에서 제안한 확장 협조 프로토콜의 유용성을 확인하기 위해서 그림 5의 환경에 적용하여 실험하였다. 구체적으로는 멀티에이전트 기반 프레임워크인 ADIPS[9-10] 및 화상회의 용 vic[3]을 이용하였다. 에이전트의 지식 모듈, 이용자 에이전트, 센서 에이전트 그리고 서비스 에이전트 지식은 Tcl/Tk[12]를 이용하여 기술하였다. 에이전트를 기술에 있어서 프로그램 총 사이즈는 약 1450 step이었다. 화상회의에 사용된 각각의 하드웨어는 에이전트 작업 공간(Agent Workspace) 및 화상회의용 단말로서 SPARCstation을 이용하였다.

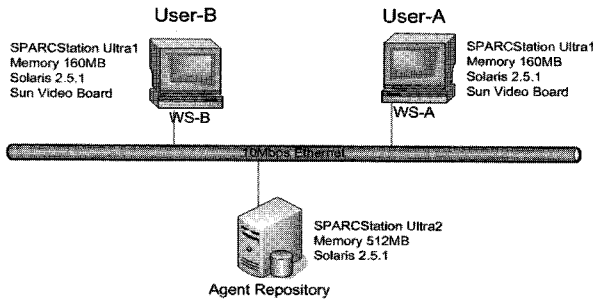


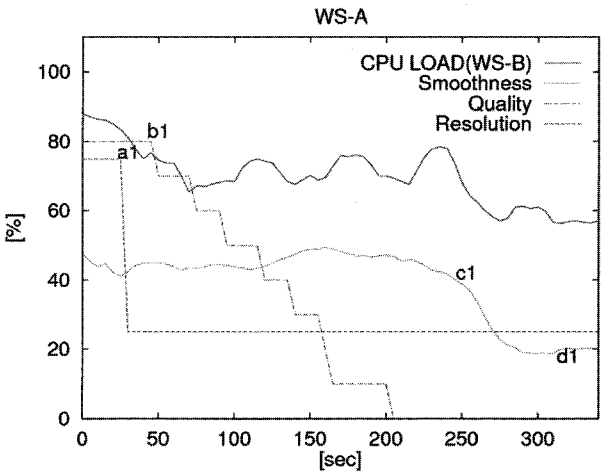
그림 5 실험 환경
Fig. 5. Experiment environment

5.1 자원 변동에 대한 시스템의 유연성 평가

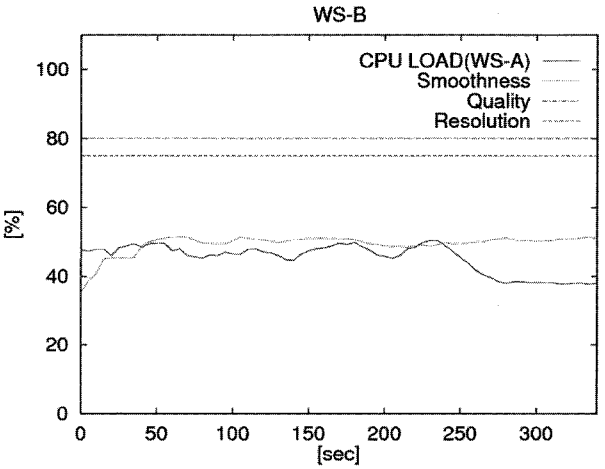
시스템의 동작 중에 WS-B 측의 CPU에 대하여 부하를 주고, 그 동작을 관찰하였다. 여기에서 User-A 에이전트의 동화상에 대한 우선도는, 매끄러움(Smoothness)이 가장 높고, 다음으로 화질(Quality), 해상도(Resolution) 순서로 되어 있다. 이와 같은 상황에서 WS-B측의 CPU에 대하여 부하를 주었을 때 User-A에 제공되는 동화상의 QoS 변화를 동화상의 초간 프레임 수(fps), 화상의 질(level), 해상도(level)를 측정하는 것으로 하였다. 그 결과를 그림 6 및 7에 표시한다. 그래프에서 x-축은 시간 경과 (초), y-축은 각 파라미터 값을 100%로 한 경우의 비율을 표시하고 있다. 이후의 그래프에서도 이와 같이 적용한다.

- 매끄러움 (Smoothness) : 10-fps
- 화질 (Quality) : 10-level
- 해상도 (Resolution) : 3-level
- CPU 부하 (CPU LOAD) : 100%

그림 6은 기존 화상회의 시스템에서 자원 변동에 대한 시스템의 대응을 나타낸다. 먼저, CPU에 부하가 주어지면 먼저 시스템은 a1점에 있어서 화상의 해상도를 결정하는 파라미터 값을 내리고 있다. 다음으로 b1점에서 화질을 결정하는 파라미터 값을 내리고 있다. 이와 함께 CPU에 걸리는 부하가 감소하고 있다. 화질의 파라미터 값을 최저치까지 내린 후, c1점에서는 우선도가 가장 높은 매끄러움의 파라미터 값까지도 내리기 시작한다. 그 후, 매끄러움 파라미터 값이 초기치의 1/2 이하로 된 곳에서 파라미터 값의 변동은 정지하고 있다(d1점). 이것은 이 단계에서 에이전트의 협조에 의하여 처리가 한계에 도달하고, 에이전트 조직의 재구성 처리를 실행하였다는 것을 나타낸다. 그러나 WS-B 단독으로는 에이전트 간 협조에 의한 처리가 d1점에서 한계에 도달하고, CPU 자원 상황의 회복이 불가능하였다는 것을 나타낸다.



(a) WS-A에서의 QoS 파라미터 변동
(a) Change of QoS parameters at WS-A



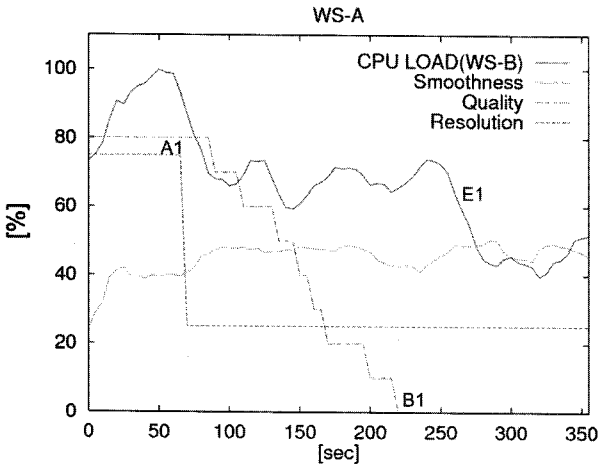
(b) WS-B에서의 QoS 파라미터 변동
(b) Change of QoS parameters at WS-B

그림 6 자원 변동에 대한 기존 화상회의 시스템의 대응
Fig. 6. Behavior of existing videoconference system against resource variation

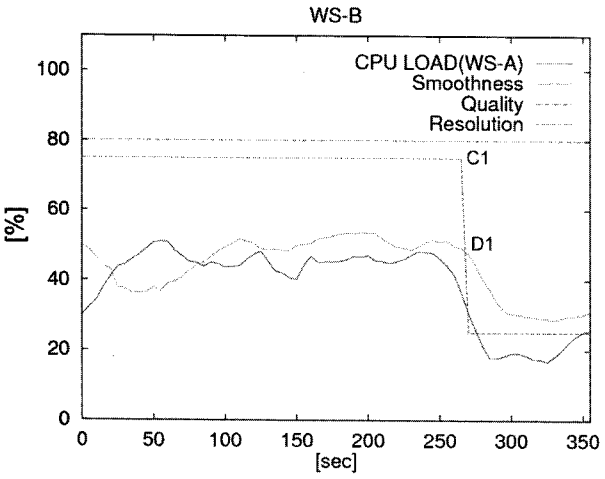
한편, 그림 7은 제안 화상회의 시스템에서 자원 변동에 대한 시스템의 대응을 나타낸다. 먼저, CPU에 부하가 주어지면 WS-A의 화질 파라미터 값이 최저로 될 때 까지는 기존의 화상회의 시스템과 같이 파라미터 제어를 하고 있음을 알 수 있다(A1-B1점). 그 후, C1점에서 WS-B측의 해상도 파라미터 값을 내리고 있다. 더불어 D1점 WS-B측의 매끄러움 파라미터 값을 내리기 시작하고, 이와 함께 WS-B측의 CPU에 걸리는 부하가 감소하고 있다(E1점). 그 후의 파라미터 값 변동은 정지하고 있다. 이것은 이 시점에서 CPU에 걸

리는 부하가 충분히 해방되어 조직 재구성을 하지 않고, 목적이 달성되었기 때문이다. 그리고 User-A가 최우선으로 한 매끄러움 그리고 User-B가 최우선으로 한 화질을 저하시키지 않고 CPU 자원의 회복에 성공하고 있다.

비교 실험한 결과에 의해서 기존의 프로토콜에서는 한쪽의 동작환경에서 자원의 저하가 발생한 경우, 다른 한쪽의 동작환경에서 파라미터 조정을 하지 못하였기 때문에 비교적 가벼운 부하가 발생하여도 한계점에 도달하여, 조직의 재구성으로 이행되는 문제점이 있었다. 그러나 실험 결과로부터 협조 프로토콜 확장에 의하여 에이전트 간 자원의 개방을 목적으로 한 보다 긴밀한 협조 동작이 가능으로 되었기 때문에 조직의 재구성을 하지 않고 현재의 상태에서 대응이 가능하였음을 보였다.



(a) WS-A에서의 QoS 파라미터 변동
(a) Change of QoS parameters at WS-A



(b) WS-B에서의 QoS 파라미터 변동
(b) Change of QoS parameters at WS-B

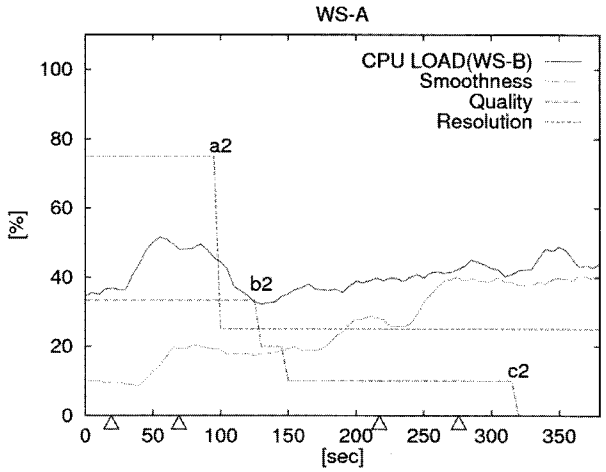
그림 7 자원 변동에 대한 제안 화상회의 시스템의 대응
Fig. 7. Behavior of extension videoconference system against resource variation

이와 같이 부드러움(flexibility)의 향상이 실현 가능하게 된 것은 새로 도입한 퍼포머티브와 타협 레벨에 의하여 Video-Conf-Manager가 협조상태 중에서 보다 긴밀한 협조 동작을 하였기 때문이다.

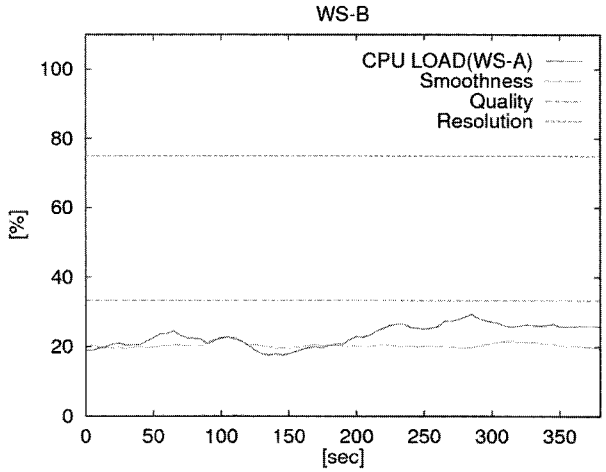
5.2 이용자 요구의 변화에 대한 시스템의 유연성 평가

시스템의 동작 중에, 이용자로부터 QoS의 변경 요구를 하여 그 동작을 확인하였다. 여기에서 이용자의 동화상에 대한 우선도는 매끄러움(Smoothness)이 가장 높고, 화질(Quality) 그리고 해상도(Resolotion)의 순서로 하였다.

시스템을 기동한 후, WS-A에서 User-A 에이전트로부터 동화상 프로세스의 매끄러움(Smooth)을 높이라는 요구를 보냈을 때의 동화상 프로세스 제어의 모습을 관찰하였다. 그 결과를 그림 8과 9에 나타내었다. 삼각형을 표시된 시점에서 User-A로부터의 매끄러움을 높이라는 요구가 발생되고 있다.

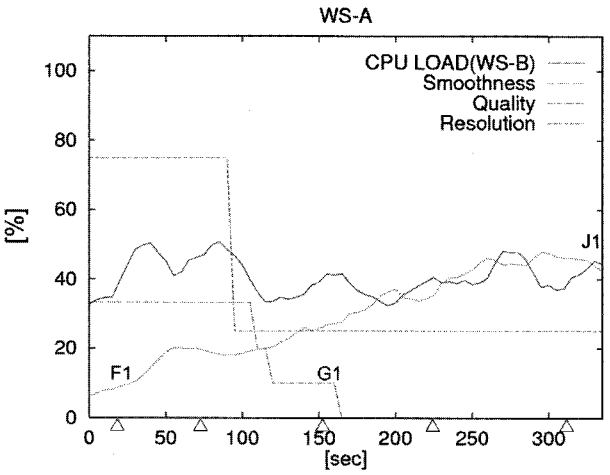


(a) WS-A에서의 QoS 파라미터 변동
(a) Change of QoS parameters at WS-A

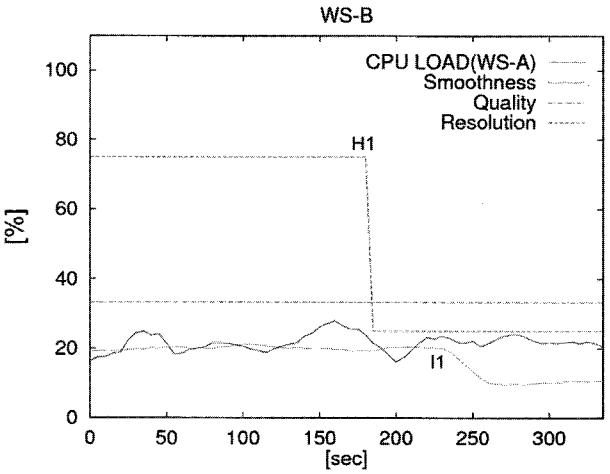


(b) WS-B에서의 QoS파라미터 변동
(b) Change of QoS parameters at WS-B

그림 8 이용자 요구 변화에 대한 기존 화상회의 시스템의 대응
Fig. 8. Behavior of existing videoconference system against user request change



(a) WS-A에서의 QoS 파라미터 변동
(a) Change of QoS parameters at WS-A



(b) WS-B에서의 QoS파라미터 변동
(b) Change of QoS parameters at WS-B

그림 9 이용자 요구 변화에 대한 제안 화상회의 시스템의 대응
Fig. 9. Behavior of extension videoconference system against user request change

그림 8은 기존 화상회의 시스템에서 시스템 기동 중에 이용자 요구의 변화에 대한 시스템의 대응을 나타낸다. CPU에 부하가 높을 때 이용자로부터 매끄러움을 높이라는 요구를 받으면 CPU의 부하를 감소시키기 위하여 먼저 a2점에서 우선도가 낮은 해상도 파라미터 값을 내린다. 다음으로 b2점에서 화질을 내리기 시작한다. 이것에 의해서 CPU의 부하가 감소되어 매끄러움이 개선된다. User-A가 요구를 계속하면 c2의 시점에서 화질의 파라미터 값을 최저까지 내리지만 그 이상 파라미터 값의 변동을 할 수 없게 된다. 이 시점에서 협조에 의한 QoS의 조정이 한계에 도달하여, 에이전트 조직의 재구성 처리로 이행된다. 이상으로부터 User로부터 요구에 대응한 QoS 제어가 자율적으로 실행되지만, 4회째의 요구 발생 단계에서 요구를 실현하는 처리가 불가능으로 되었음을 알 수 있다.

한편, 그림 9는 제안 화상회의 시스템에서 시스템 기동 중에 이용자 요구의 변화에 대한 시스템의 대응을 나타낸다. WS-A의 User-A로부터 매끄러움(Smooth)을 높이라는 요구가 발생하면 우선도가 낮은 파라미터의 값을 가장 낮게 될 때까지는 기존의 화상회의 시스템과 같은 형태의 제어를 하고 있다(F1점-G1점). 계속하여 요구가 발생하였을 때 CPU의 부하가 높은 상태에 있으면 H1점에서 WS-B측의 매끄러움 파라미터 값을 내리기 시작한다. 이것에 의해서 CPU에 부하가 가해지면서 WS-A의 매끄러움 파라미터 값을 높이는데 성공하고 있다. 그리고 WS-A측의 이용자로부터 요구가 계속되는 경우, CPU 자원이 부족하게 되고, J1점에서 에이전트의 조직 재구성으로 이행되고 있다. 그림 8에서는 4번째의 요구가 발생하였을 때 조직 재구성으로 이행되었지만, 본 실험에서는 5회째의 요구 발생까지 서비스가 지속되고 있다.

위의 비교 실험 결과로부터 기존의 프로토콜에서는 한쪽의 동작환경 이용자로부터의 요구에 대하여 요구를 발생한 이용자에의 QoS를 결정하는 송신측에서 파라미터 값 조정만 하였기 때문에 비교적 빠른 단계에서 요구 충족의 한계점에 도달하고 조직 재구성에 이행하게 되어, 충족 가능한 요구의 폭이 협조하다는 문제점이 있었다. 그러나 프로토콜의 확장에 의하여 에이전트 간 요구 충족을 목적으로 한 보다 긴밀한 협조동작이 가능하게 되었기 때문에 보다 광범위한 요구에 대하여 조직 재구성을 하지 않고 서비스 제공이 지속 가능함을 나타내었다.

이와 같이 부드러움(flexibility)의 향상이 실현 가능하게 된 것은 새로 도입한 퍼포머티브와 타협 레벨을 기반으로 협조 전략의 조정 기능에 의한 것으로 이용자 요구의 변화에 대하여 Video-Conf-Manager가 보다 긴밀한 협조 동작을 하였기 때문이다.

6. 결 론

기존의 에이전트 기반 화상회의 시스템의 협조 프로토콜에 관한 문제를 실험을 통하여 확인하였다. 이런 문제를 해결하기 위하여 (1) 협조상태의 도입, (2) 퍼포머티브의 확장, (3) 타협 레벨의 도입의 3점에 있어서 확장을 하였다.

확장 프로토콜을 ADIPS 프레임워크 상에서 실장하고, 기존 방식과 비교 실험을 하였다. 그 결과, 이용자 요구의 변화 및 계산기 자원의 변동에 대하여 대응의 폭이 넓어 졌음을 확인되어 시스템의 부드러움(flexibility)이 향상되었음이 검증되었다.

향후 과제로서는 CPU 및 네트워크 자원상황을 동시에 고려한 시스템의 구성이 필요하다. 또한 인터넷을 통한 다자간 화상회의 실험으로의 확장 및 보다 지능적인 QoS 제어를 위해서는 화상 회의 시스템 평가용의 평가 함수 등을 추가로 도입하여 유연성을 정량적으로 평가하는 것이 남아있다.

참 고 문 헌

[1] T. Turletti and C. Huitema, "Videoconferencing on the Internet", *IEEE/ACM Trans. on Networking*, Vol. 4, No. 3, pp. 340-351, 1996.

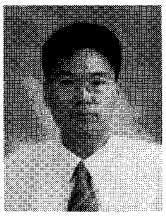
[2] J. Bolliger and T. Gross, "A Framework-Based Approach to the Development of Network-Aware Applications", *IEEE Trans. on Software Engineering*, Vol. 24, No. 5, 1998.

[3] S. MaCanne and V. Jacobson, "vic: a flexible framework for packet video", *ACM Multimedia*, pp. 511-522, Nov. 1995.
[4] N. Shiratori, K. Sugawara, T. Kinoshita and G. Chakraborty, "Flexible Networks: Basic Concepts snd Architecture", *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E-77-B, No. 11, pp 1287-1294, 1994.
[5] T. Suganuma, T. Kinoshita, K. Sugawara, and N. Shiratori, "Flexible Videoconference System based on ADIPS Framework", *Proc. of the 3rd International Conference and Exhibition on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology (PAAM98)*, pp. 83-100, 1998.
[6] S. D. Lee, T. Karahashi, T. Suganuma, T. Kinoshita, and N. Shiratori, "Construction and Evaluation of Agent Domain Knowledge for Flexible Videoconference System", *IEICEJ*, vol. J83-B, pp. 195-206, 2000.
[7] T. Suganuma, S. Imai, T. Kinoshita, and N. Shiratori, "A QoS Control Mechanism Using Knowledge-Based Multiagent Framework", *IEICE Trans. Information and Systems*, Vol. E86-D, No. 8, pp. 1344-1355, 2003.
[8] S. D. Lee and D. S. Han, "Multiagent based Adaptive QoS Control Mechanism in Flexible Videoconference System", *ICACT 2004*, Vol. II, pp. 745-750, 2004.
[9] S. Fujita, H. Hara, K. Sugawara, T. Kinoshita, and N. Shiratori, "Agent-based design model of adaptive distributed systems", *Applied Intelligence*, Vol. 9, No. 1, pp. 57-70, July/Aug. 1998.
[10] T. Kinoshita and K. Sugawara, "ADIPS Framework for Flexible Distributed Systems", *Springer-Verlag Lecture Notes in AI*, 1599, pp. 18-32, 1998.
[11] DASH-Distributed Agent System Based on Hybrid Architecture. [On-line] http://www.agent-town.com/dash/index.html
[12] J. K. Outsterhout, "Tcl and the Tk Toolkit", Addison-Wesley, 1994.

저 자 소 개

이성독(Sung-Doke Lee)
1988년 : 전북대학교 공학사
1991년 : 전북대학교 공학석사
2002년 : 일본 동북대학교 정보과학박사
1991년~1993년 : 군산대학교 전기공학과 조교
2002년~2003년 : 일본 동북대학교 전기통신연구소 연구원
2003년~2005년 : 한국정보통신대학교 공학부 계약교수
2005년~현재 : 한국정보통신대학교 공학부 연구조교수

관심분야 : 멀티미디어통신시스템, 인공지능, 에이전트시스템, 웹서비스, 음성신호처리
E-mail : sdlee@icu.ac.kr



정상배(Sang-Bae Jeong)
1997년 : 부산대학교 공학사
1999년 : 한국과학기술원 공학석사
2002년 : 한국정보통신대학교 공학박사
2002년~2006년 : 삼성종합기술원 전문연구원
2006년~현재 : 한국정보통신대학교 공학부 연구조교수

관심분야 : 음성개선, 빔포밍, 음성인식, 음성부호화
E-mail : sangbae@icu.ac.kr