다중경로 예약 기반 크레인 원격 운전시스템 설계 및 운용

Design and Operation of a Multipath Reservation-Based Remote Crane Control System

김 진 영*, 최 대 우, 노 태 정
(Jin-Young Kim, Dae-Woo Choi, and Tae-Jung Lho)

Abstract : The remote operation of 4~5 cranes for container loading/unloading at a port by one operator will dramatically improve loading/unloading efficiency through productivity increase, cost reduction, and so on. This study develops a remote crane control system for container loading/unloading yard cranes. First, a wireless video and audio system to transmit views and sounds of the working field is designed by using 3 web cameras and a microphone. Next, a RSVP-based multi-path reservation method is presented with a view to improving the quality of service in the communication network for remote control. Simulation results show that a RSVP-based multi-path reservation can enhance the reservation success rate in the TCP/IP network.

Keywords : remote control, crane, wireless video/audio transmission, RSVP, QoS

I. 서론

많은 나라들이 항만 선진화를 위한 자동화에 투자하고 있지만, 현실적인 어려움으로 인해 완전 자동화보다는 주로 항만효율 제고를 위한 설비운용, 원격제어 및 운전시스템 등에 초점을 맞춰 연구되고 있다[1,2].

한편 인터넷이나 정보통신망을 이용하여 멀리 떨어져 있는 기기를 원격 제어하거나 감시하는 시스템은 네트워크 기기와 응용 기기 사이의 인터페이스 컨트롤러를 이용하여 산업기기를 제어하는데 유용하게 사용할 수 있다. 최근 인터넷을 통한 정류기 제어와 산업현장을 감시하는 카메라 제어 등 산업용 기기들을 원격 제어하려는 시도가 많이 이루어지고 있는데, 아직 정밀제어를 필요로 하는 산업기기 부문은 실시간성과 패킷손실 등 극복해야 할 문제가 많은 상황이다[3,4].

이에 본 연구에서는 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane), RTGC(Rubber Tired Gantry Crane), OHBC(Over Head Bridge Crane) 등의 항만 하역용 야드 크레인(yard crane)을 대상으로 CCD 카메라와 마이크를 이용하여 현장에서의 영상과 소리를 무선으로 실시간 전송함으로써, 원격 운전실에서 작업자 1명이 원격조작으로 4~5대의 크레인을 운전할 수 있는 원격 운전시스템을 개발한다. 이를 위하여 카메라 배치 및 사양 결정, 시스템 방식 비교 등을 통해 3대의 웹(네트워크) 카메라와 1대의 마이크를 이용한 무선 영상 및 음향 전송시스템을 구성한다. 또한 TCP/IP 망에서의 신뢰성 있는 영상 및 제어신호의 전송을 위하여 RSVP에 의한 전송대역 예약 방식을 채택하고 예약의 실패 가능성을 줄이기 위한 다중경로 예약방식을 제안하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 가능성을 검증한다.

* 책임저자(Corresponding Author)
논문접수 : 2005. 1. 9., 채택확정 : 2005. 6. 11.
김진영, 노태정 : 동명정보대학교 메카트로닉스공학과
(kjy97@tit.ac.kr/tjlho@tit.ac.kr)
최대우 : 동명정보대학교 정보통신공학과(dwchoi@tit.ac.kr)

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 2장에서 크레인 원격 운전시스템의 구성을 기술하고, 3장에서는 무선 영상 및 음향 전송시스템에 대해 기술한다. 4장에서는 실시간 원격운전 통신망을 설계하고 그 가능성을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 살펴보고, 5장에서는 사용자 인터페이스 설계 결과를 기술하고, 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

II. 크레인 원격 운전시스템 구성

1. 대상 크레인

본 연구에서 대상으로 하는 크레인은 RMGC, RTGC, OHBC 등의 야드 크레인인데, Fig. 1은 RMGC의 구성을 보여준다. 운전자가 트롤리에 설치되어 있는 기상 운전실(operating cabin)에서 수동으로 운전하면서, 컨테이너를 적재하기도 하고, 또는 AGV나 운송 트레일러를 이용하여 컨테이너를 로딩/언로딩하는 작업을 수행한다. 이러한 야드 크레인의 동작은 크게 크레인 전체가 레일을 따라 움직이는 주행동작(travelling), 트롤리가 스프레더(spreader) 및 컨테이너와 함께 크레인 프레임을 따라 Fig. 1의 좌우로 움직이는 횡행동작(traversing), 스프레더가 위 아래로 움직이는 권상/권하 동작(hoisting up/down), 그리고 컨테이너를 스프레더에 결합, 분리시키기 위한 트위스트 록/언록(twist lock/unlock) 동작 등으로 구분된다.

2. 시스템 구성

원격운전을 위해서는 원격 운전실의 운전자에게 마치 트롤리에 붙어 있는 기상 운전실에서 직접 크레인을 운전하는 듯한 상황을 제공해 주는 것이 유리하다. 따라서 현장의 영상과 소리를 포함한 현장상황 즉 그대로를 실시간으로 전송하기 위하여 각각의 대상 크레인에 CCD 카메라와 마이크를 부착하여 현장의 영상과 소리를 무선으로 전송할 수 있는 시스템을 구성한다. 유선으로 연결 시 크레인 및 트롤리의 이동으로 인해 케이블의 엉킴 등 문제가 발생할 수 있고, 또 크레인 지역(crane area)은 그리 넓은 영역이 아니므로 무선방식으로 시스템을 구성한다. Fig. 2는 원격 운전시스템의 구성도를 보여준다.

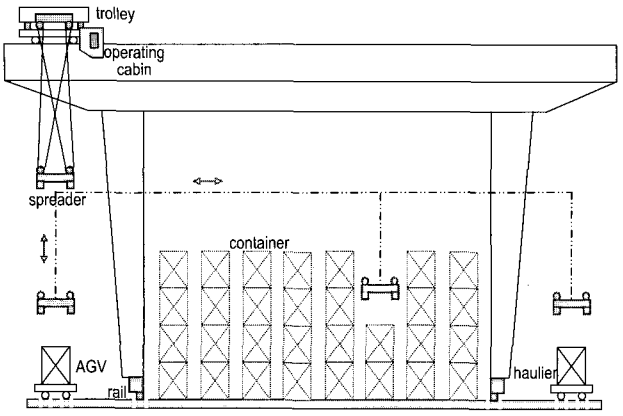


그림 1. RMGC 개략도.
Fig. 1. Schematic of a RMGC.

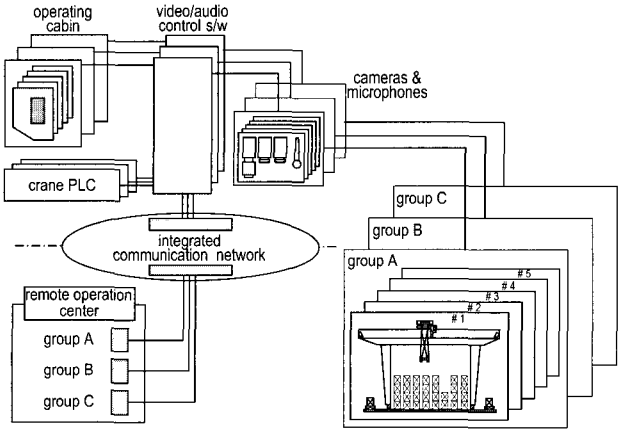


그림 2. 크레인 원격 운전시스템 구성도.
Fig. 2. Configuration of a remote crane control system.

III. 영상 및 음향 전송시스템 설계

1. 카메라 배치 및 사양 결정

컨테이너 하역을 위한 크레인의 작업내용과 공간 등을 고려하여 적절한 카메라 개수 및 설치위치 등을 결정한다. 수작업자가 기상 운전실에서 직접 운전하는 경우에 작업자는 주로 위에서 아래로 스프레더와 컨테이너를 내려다보면서 컨테이너의 로딩/언로딩 작업을 수행한다. 따라서 우선 수작업일 때의 기상 운전실 운전자 눈 역할을 하게 될 주 카메라를 기상 운전실에 설치하여 트롤리와 같이 이동(traversing)하면서 위에서 아래로 작업상황을 직접 관찰할 수 있도록 한다. 주 카메라는 운전을 위한 가장 중요한 역할을 담당하게 되므로 팬/틸트(pan/tilt) 및 줌(zoom) 기능을 부가하여 보다 광범위한 영역을 대상으로 필요한 방향을 바라보거나 확대하여 명확하게 볼 수 있도록 한다. 이는 명확한 영상 전송을 통해 정교한 운전에 도움이 될 것이다.

다음 크레인의 양쪽 끝에 각각 1대씩 2대의 보조 카메라를 설치하여 주 카메라의 보조 역할을 하도록 한다. 이들 보조 카메라는 팬/틸트/줌 기능 없이 컨테이너의 다단 적재로 인한 시야 가림 극복, 주 카메라에서 보고 있지 않는 작업공간 감시 등을 통해 하역작업 및 전체 작업장을 모니터링하는 보조 역할을 수행함으로써 원격 운전자의 운전을 도와준다. 주

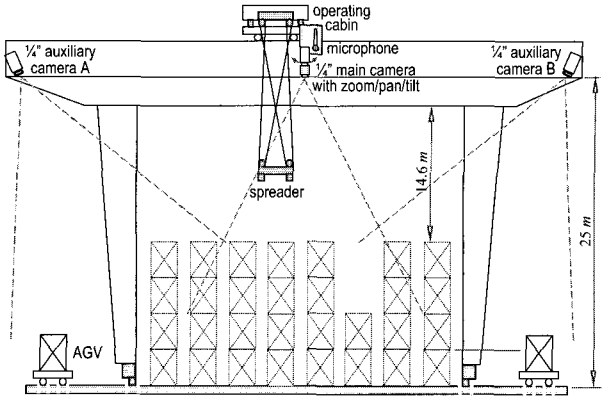
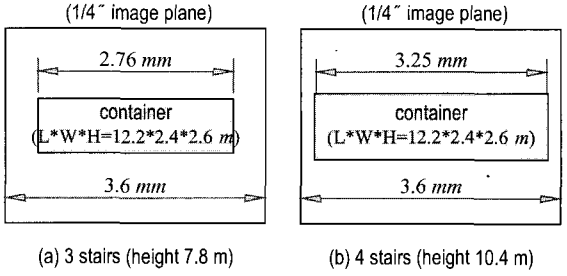


그림 3. 카메라 및 마이크 배치.
Fig. 3. An arrangement of cameras and a microphone.



(a) 3 stairs (height 7.8 m) (b) 4 stairs (height 10.4 m)

그림 4. 적재높이에 따른 컨테이너 영상 (f=3.9mm).
Fig. 4. Container images according to its height (f=3.9mm).

카메라의 촬상영역은 기상 운전실에서 내려다 보는 수작업자의 시야를 고려하여 결정한다. Fig. 3은 주 카메라와 보조 카메라의 배치와 촬상영역을 보여준다.

한편 카메라 렌즈 선정을 위한 초점거리 f는 물체거리(object distance) d, 물체크기(object size) a, 영상면의 크기(image size) b에서 대상물체가 영상면에 가득히 투영된다고 가정하면 얇은 렌즈공식(thin-lens formula)으로부터 다음과 같이 구해진다[5].

$$f = \frac{bd}{a+b} \tag{1}$$

대상 컨테이너로는 국제 표준화 기구(ISO)에 의해 정해진 국제규격[6] 모두를 대상으로 한다. 가장 긴 것이 12.192m, 가장 짧은 것이 2.991m이고, 높이는 2.438m와 2.591m의 두 가지가 있다. 너비는 2.438m로 동일하다. 이외에 다른 규격(Non-ISO)을 갖는 컨테이너도 있으나, 대동소이하므로 ISO 규격만을 고려한 카메라 및 렌즈 선정에 무리가 없다. 크레인의 높이는 일반적인 중대형 크레인의 높이를 고려하여 카메라를 지상 25m 높이에 설치하는 것으로 하였고, 컨테이너는 4단까지 적재되어 높이 2.591m의 국제규격을 고려하면 총 10.364m의 높이까지 컨테이너가 적재될 수 있는 것으로 하였다.

이들 조건과 설치공간 등을 고려하여 1/4" CCD 카메라를 선정하고, (1)로부터 이에 맞는 렌즈 초점거리를 계산하여 적절한 렌즈를 선정한다. 가장 극단적인 두 경우를 고려하여 우선 길이 12.192m, 높이 2.591m의 가장 길고 높은 컨테이너가 4단 높이에 있을 때 f=4.32mm이고, 길이 2.991m, 높이 2.438m의 가장 짧고 낮은 컨테이너가 1단 높이에 있을 때

f=27.12mm이다. 나머지 모든 경우는 이들 두 값 사이에 있으므로 필요한 사양은 $4.32mm < f < 27.12mm$ 를 만족하는 것이고, 따라서 이에 근거한 가장 적합한 상용화된 렌즈로서 $3.9mm \sim 62.5mm$의 초점거리를 갖는 줌렌즈를 선정한다.

Fig. 4는 1/4″ 카메라, 그리고 선정된 렌즈의 최소 초점거리인 f=3.9mm에서 길이 12.192m, 높이 2.591m의 컨테이너가 3단 및 4단 높이에 있을 때 영상면에 보이는 모습을 나타낸다. 3단의 경우에는 영상면의 크기 대비 약 76.7%, 4단의 경우에는 영상면의 크기 대비 약 90.3%의 크기로 보이게 된다. 즉 가장 열악한 조건인 가장 긴 컨테이너가 가장 높이 있는 경우에 약 90.3% 이상의 크기로 볼 수 있고, 나머지 경우는 모든 컨테이너의 크기와 높이에서 줌 렌즈 초점거리를 조절함으로써 컨테이너를 영상면에서 적절한 크기로 확대, 축소하여 볼 수 있다. 한편 두 개의 보조 카메라는 자세한 영상보다는 AGV를 포함한 전체적인 작업장을 바라보는 것이 목적이므로 1/4″ 카메라에 f=3.9mm의 고정초점 렌즈를 선정하여 주 카메라의 보조 역할을 하도록 한다.

2. 영상시스템 구성

영상 시스템에는 아날로그 형식의 VTR 방식, 디지털 형식의 DVR 방식, 그리고 웹(web) 방식이 있는데, VTR 방식은 구성 설비가 복잡하고, 유지보수에 많은 비용과 시간이 소요될 뿐 아니라, 영상저장 및 검색, 카메라 제어 측면에서도 기능이 떨어진다. DVR 방식은 영상의 저장 및 검색, 화면분할, 확장성 등이 VCR 방식에 비해 유리하나 무선전송을 고려하면 웹 방식이 가장 간단히 구성될 수 있다. 본 연구에서는 경제성, 편의성, 확장성, 유지보수의 용이성뿐만 아니라 인터넷, IT 방향으로 지속적인 발전을 하고 있는 오늘날의 현실을 고려하여 보다 미래지향적인 웹 방식의 영상시스템을 구성하였다[4]. Table 1은 3가지 방식의 영상시스템 비교 표이다.

표 1. 영상시스템 방식 별 특성 비교.
Table 1. Comparison of vision system characteristics.

Item	VTR	DVR	WEB
1. 장비구성	복잡	간단 (서버 필요)	간단
2. 영상저장 /검색	테이프에 저장 검색 번거러움	HDD에 저장 빠른 검색	HDD에 저장 빠른 검색
3. 화면분할	별도장비 필요	S/W 이용	S/W 이용
4. 확장성	H/W 구현으로 많은 시간, 비용 소요	S/W로 구현 가능하여 시간, 비용 단축	S/W로 구현 가능하여 시간, 비용 단축
5. 유지보수	많은 시간, 비용 소요	용이	용이

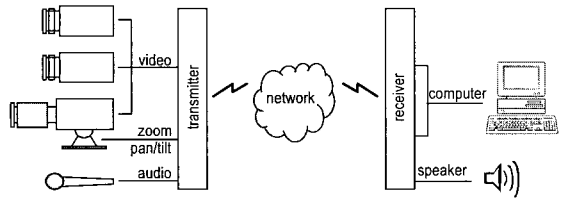


그림 5. 무선 웹 영상 및 음향시스템 구성.
Fig. 5. A configuration of a wireless video/audio system.

Fig. 5는 웹 방식의 무선 영상 전송시스템 구성을 보여주는데, TCP/IP, ARP, FTP, HTTP 등 인터넷에서 사용되는 다양한 프로토콜을 지원하고, 팬/틸트/줌을 원격제어 할 수 있다.

인터넷이 설치된 곳이면 어디든지 전송 가능하지만, 유선의 경우에는 크레인 주행으로 인해 랜(LAN) 케이블이 방해될 수 있으므로 무선전송 방식을 채택하되, 본 연구에서는 IEEE 802.11에 표준화되어 주파수 대역이 2.4 ~ 2.4835 GHz이고, 200m 이하의 거리에서는 11Mbps, 350m 까지는 2Mbps의 전송속도를 가지는 무선 랜을 이용하여 구현하였다.

대상 컨테이너 하역장은 주로 바닷가 근처로서 염분, 바람 등 그 환경이 열악하다. 따라서 부식 방지 및 크레인의 진동, 충격, 유지보수의 용이성 등을 고려하여 시스템이 구성되어야 한다.

3. 음향시스템 구성

크레인을 수작업으로 운전할 때 수작업자는 시각뿐만 아니라 작업 시의 소리를 통해 크레인 운전 중의 이상 유무 및 작업상황을 판단한다. 따라서 원격 운전시스템에서도 현장의 소리를 전송할 수 있는 음향시스템이 필요한데, 이는 크레인이 컨테이너를 잡아 올리거나 내려놓을 때, 또는 이동 중의 소리 상황을 원격 운전실로 전송함으로써 운전자의 운전을 도와주는 역할을 한다. 원격 운전자가 마치 크레인의 기상 운전실에서 운전하는 듯한 효과를 제공하기 위하여 마이크는 기상 운전실에 1개를 설치하되, 내구성, 내충격성 등을 고려한다. 무선 음향 전송시스템의 구성은 Fig. 5에 보여진다.

IV. 원격 운전 통신망 설계

1. 통신망 설계

인터넷을 통한 기기제어는 인터넷이 연결된 어디에서도 가능하다는 장점이 있지만, 네트워크 혼잡 등의 문제로 실시간 기기제어에 어려움이 있다. 하지만 네트워크 혼잡 문제가 적은 로컬 네트워크(local network)에서는 이 문제를 극복할 수 있다. 이에 본 연구에서는 실시간 원격운전을 위하여 크레인 작업장을 로컬 네트워크로 구성하여 운영한다. Fig. 6은 본 연구에서 제안된 원격운전 개념도이다.

각각의 크레인 구동모터를 TCP/IP를 이용하여 제어하기 위해 TCP/IP 메시지를 시리얼 신호로 변환하는 프로토콜 변환기(protocol converter)라는 접속장치를 이용한다. 이 변환기는 직접 모터를 제어하는 PLC 제어반(control panel)과는 RS 232C 직렬통신으로, 원격운전용 컴퓨터와는 무선 랜을 통해 연결된다. 관리시스템인 원격운전용 컴퓨터는 관리되는 시스템인 프로토콜 변환기와 제어반, 크레인 모터 등의 정보를

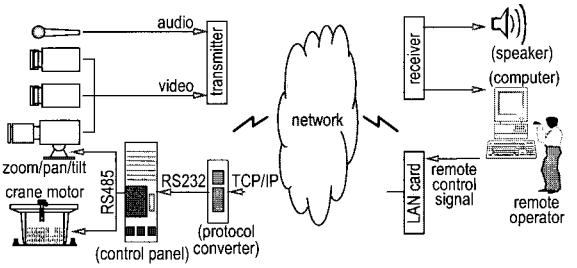


그림 6. 원격운전 개념도.
Fig. 6. A schematic of a remote control system.

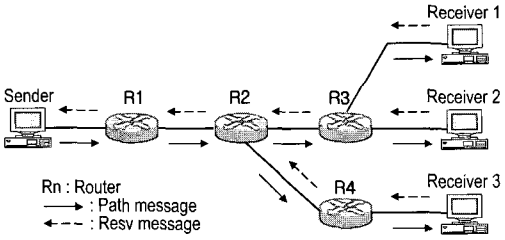


그림 7. RSVP를 이용한 대역폭 예약.
Fig. 7. Bandwidth reservation by using RSVP.

변경하거나 가져올 수 있도록 구현하고, 각각의 모터와 제어반은 RS 485 직렬통신을 이용하여 데이터를 전달하도록 한다.

TCP/IP 인터넷을 원격운전자와 크레인간의 통신망으로 이용할 때 크레인 제어신호의 실시간 전송을 위해서는 통신망 내 트래픽의 서비스 품질(QoS, Quality of Service) 보장이 매우 중요하게 된다. QoS의 제공 방식으로는 대규모 인터넷에 적합한 DiffServ(Differentiated Service) 방식과[7] 상대적으로 소규모의 망에 적합한 IntServ(Integrated Service) 방식이 있다. IntServ 방식은 망 내 전송대역 예약 프로토콜인 RSVP (Resource Reservation Protocol)를 사용한다[8,9].

RSVP에 관한 기존의 연구결과로서, 가변성이 많은 네트워크 상황에서 플로우를 단일경로를 통해 전송하는 것보다 다중경로로 전송하는 것이 더 좋은 성능을 낼 수 있으며[10], 통합된 트래픽을 전송할 때 코어망에서 단일경로와 다중경로를 사용하는 방안에 관한 검토가 시도되었다[11]. 또한 망이 혼잡한 상황에서 신속하고 신뢰성있게 트래픽을 다른 경로로 재루팅하는 경우 RSVP가 적절함을 보여준다[12].

2. RSVP에 의한 전송대역 예약방식

Fig. 7은 송신자(sender)가 3대의 수신자(receiver)와 동시에 접속하기 위하여 통신망의 대역을 예약하는 개념도이다. 송신자가 R1(Router 1)으로 경로 메시지(Path message)를 보내면 R2, R3 또는 R2, R4를 거쳐 각 수신자에게 전달된다. 수신자는 자신이 요구하는 서비스 품질을 결정하여 예약 메시지(Resv message)를 송신자에게 보내게 된다. 이때 망 내 장치인 R4, R3 및 R2는 요청된 자원을 할당할 수 있으면 이를 수락하고 다음 라우터로 예약 메시지를 전달하는데 송신자에까지 전달되면 예약이 성공되는 것이며, 할당할 수 없으면 예약 실패 메시지(ResvErr message)를 보냄으로써 예약이 실패된다.

여기서 송신자는 Fig. 6의 원격운전자에 해당하고 수신자는 크레인에 위치한 각 카메라 및 오디오장치 또는 이들 서비스를 종합하는 하나의 장치에 해당한다.

3. 전송대역의 결정과 여유항(slack term)

수신자는 경로 메시지의 Tspec(특정 서비스를 요구하는 패킷 흐름의 트래픽 형태를 기술하는 규격)으로부터 토큰율(token rate) r, 버킷크기(bucket size) b 및 최대 패킷전송율(peak rate) p 정보를 얻고, Adspec(수신자에게 링크의 자원상태를 알려주는 선택사항)으로부터 최소 지연시간(minimum queueing delay) $Q_{del\min}$, 속도종속 오차항의 합(the sum of rate-dependent error term over a path) C_{tot}, 속도독립 오차항의 합(the sum of rate-independent error term over a path) D_{tot}, 최대 패킷크기(maximum packet size) M 을 얻는다. 수신자가 결정하는 최대 지연시간 $Q_{del\max}$ 로부터 $Q_{del\min}$ 을 빼면 종단간 최대큐잉시간 Q_{delreq} 를 알 수 있고, 따라서 (2)에 의해 요구대역폭 B를 얻을 수 있다[13]. 수신자는 계산된 요구대역폭을 예약 메시지를 이용하여 망에 요구하게 된다.

$$Q_{delreq} = \begin{cases} \dfrac{(b-M)(p-B)}{B(p-r)} + \dfrac{(M+C_{tot})}{B} + D_{tot} & if \quad p \geq B \geq r \\ \dfrac{(M+C_{tot})}{B} + D_{tot} & if \quad B \geq p \geq r \end{cases} \tag{2}$$

대역 B를 요구받은 각 라우터는 자신의 잔여대역과 비교하여 잔여대역이 B보다 크면 수락한다. 이때 여유항(slack term) S 을 이용하면 예약의 성공율을 증가시킬 수 있다. 예를 들어 Fig. 7에서 수신자 1이 요구한 대역을 R3는 수락하였으나 R2에서 약간의 대역이 부족하여, R1에서는 수락 가능함에도 실패할 수 있다. 이때 R2에서 할당 가능한 대역을 이용하여 연결하는 경우의 새로운 지연 Q_{delnew} 와 요구된 지연 Q_{delreq} 의 차이가 S 보다 작으면 수락하는 것인데, S의 크기는 응용에 따라 적절히 결정할 수 있다. 이와 같이 여유항을 이용함으로써 어느 정도 네트워크의 예약율을 증가시킬 수 있으나 망 내에 트래픽이 많은 경우나 대량의 전송대역을 요청하는 경우에는 S에만 의존하는 것은 한계가 있다.

4. 다중경로 예약방식의 제안

본 연구에서는 대역 예약율을 높이기 위하여 다중의 경로를 따라서 예약하는 방식을 제안한다. 이것은 단일 경로를 이용하는 기존의 여유항 S를 이용하는 방식에 비해서 프로토콜의 복잡도는 증가하지만 망 내 여러 경로의 대역을 종합하여 예약함으로써 예약율을 높일 수 있다. 제안된 방식의 동작 알고리즘은 다음과 같다.

1) 송신자가 수신자에게 경로 메시지 1을 보낸다.
2) 수신자가 예약 메시지 1을 보내서 요구대역 $B1$의 예약을 시도한다.
3) 송신자와 수신자의 중간에 있는 장치에서 $B1$보다 작은 대역 $B2$ ($<B1$)를 제공할 수 있는 경우 $B2$만큼만 예약해서 송신자측으로 보내고(이때 $B1$ 값도 보냄), 수신자측으로는 $B1$–$B2$만큼의 대역을 예약 해제하도록 제어 메시지를 보낸다.
4) 예약 메시지 1을 받은 송신자는 부족한 대역 $B1$–$B2$의 예약을 위한 새로운 경로 메시지 2를 다른 경로를 통해서 수신자로 보낸다.
5) 수신자는 부족대역 $B1$–$B2$의 예약을 시도한다.
6) 부족대역이 없을 때까지 (3)-(5)의 과정을 반복한다.

5. 다중경로 예약방식의 성능

제안된 다중경로 예약방식의 성능분석을 위하여 OPNET 모델러를 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행한다. Fig. 8은 시뮬레이션에 사용된 네트워크 모델로서 9개의 라우터로 구성되어 있다. 각각의 라우터에는 4개씩의 호스트(송신자, 수신자, 또는 겸용)를 두고 각 링크의 전송속도는 100Mbps로 하였다. 각 호스트는 랜덤 백그라운드 트래픽을 발생하여 다른 35개의 호스트에 고루 향하도록 하였다. R7에서 시뮬레이션 시작 19.6초 후에 R8로 향하는 시험 트래픽을 발생한다. 시험 트래픽의 속도는 0에서 50Mbps까지 균일분포를 갖도록

하고, 버스트(burst)의 크기는 평균이 5초인 지수분포를 갖도록 하였으며, 하나의 버스트가 끝난 직후 다음 버스트가 발생된다.

Fig. 9는 단일경로 예약을 시도한 경우에 링크6, 7, 8의 트래픽 상황을 보여 준다. 링크 6, 7, 8은 백그라운드 트래픽에 의해서 각각 47Mbps, 45Mbps, 30Mbps 정도에서 안정화되어 있으며, 19.6초 시점에 링크7에 시험 트래픽이 발생하였으나 단일경로 예약방식이기 때문에 링크 6과 8에는 영향이 없음을 알 수 있다.

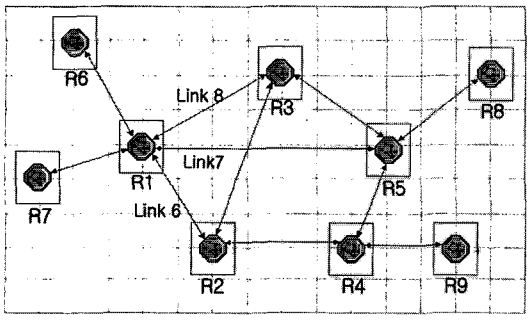


그림 8. 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델.
Fig. 8. Network model for simulation.

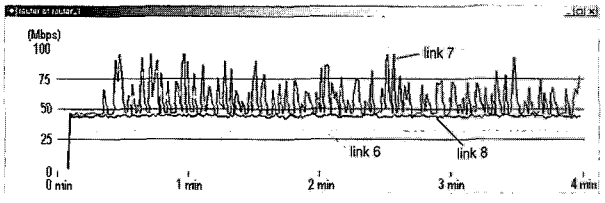


그림 9. 단일경로 예약의 시뮬레이션 결과.
Fig. 9. Simulation result of single route.

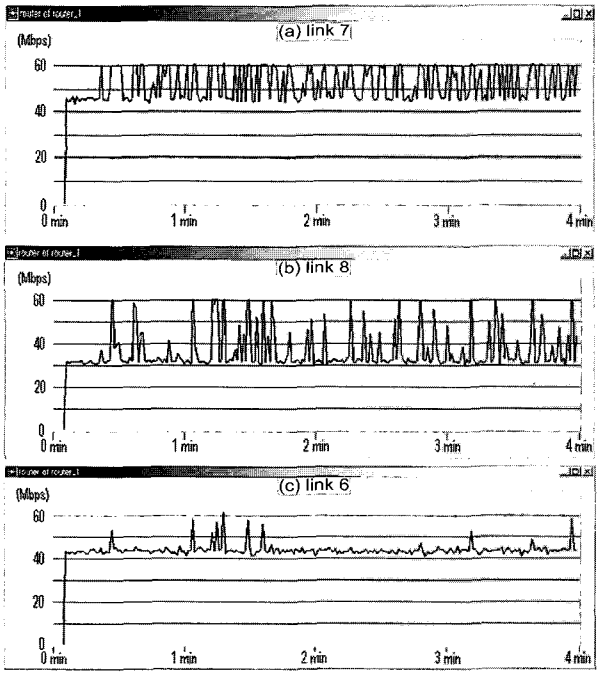


그림 10. 다중경로 예약의 시뮬레이션 결과.
Fig. 10. Simulation result of multiple routes.

Fig. 10은 동일한 조건에서 다중경로 예약을 시도한 결과이다. 트래픽이 다중경로로 분산되는 것을 보다 명확히 보이기 위하여 각 링크의 최대 이용율을 60% 즉, 최대 60Mbps까지 전송 가능한 것으로 제한하였다. Fig. 10(a)에서 최대속도 60Mbps를 초과한 트래픽은 링크8로 우회되며 링크8의 트래픽 상황은 Fig. 10(b)에 보여진다. 마찬가지로 링크8에서 최대속도를 초과한 트래픽은 Fig 10(c)에 보여지는 것처럼 링크6로 전송됨을 알 수 있다.

예약 성공율 시뮬레이션에서 4분 동안의 시뮬레이션 기간 중 총 63회의 예약상황이 발생하였는데, 링크 7만 이용하는 단일경로 예약방식의 경우 18회 성공하였으며, 다중경로 예약방식으로 링크7과 링크8을 이용하는 경우에는 43회 성공하였다. 링크 6, 7, 8을 모두 이용하는 경우에는 58회 성공함으로써 다중경로 예약방식에 의해 예약 성공율이 향상됨을 확인하였다. 늘어난 경로수에도 불구하고 예약이 성공하지 못하는 경우에는 송신자의 전송버퍼의 크기를 늘려서 해결할 수 있다.

V. 사용자 인터페이스 설계

원격 운전실에 있는 원격 운전자는 마치 크레인에서 직접 운전하는 것 같이 영상화면을 보면서, 또한 현장의 소리를 들으면서 사용자 인터페이스를 통해 연결설정, 모터제어 등을 수행한다. 이를 위한 사용자 인터페이스를 설계하였는데, Fig. 11은 구현된 한 예이다.

VI. 결론

원격 운전실에서 작업자 1명이 원격조작을 통해 4~5대의 항만 하역용 크레인을 운전할 수 있다면 생산성 향상 및 운영비 절감을 통해 하역 효율을 크게 높일 수 있다. 이에 본 연구에서는 항만 하역용 야드 크레인을 대상으로 크레인의 원격 운전시스템을 개발하였다. 우선 작업현장의 영상과 소리를 작업자의 관점에서 보고 들을 수 있는 무선 영상 및 음향 전송시스템을 구성하였는데, 2대의 보조 카메라를 포함하여 총 3대의 웹 카메라와 1대의 마이크로 이루어져 있다.

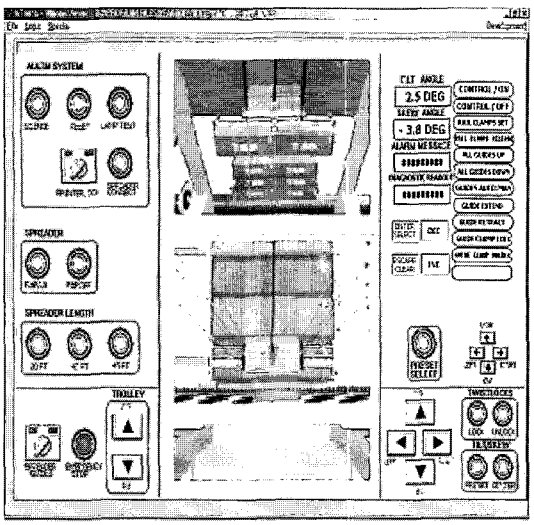


그림 11. 사용자 인터페이스.
Fig. 11. Graphic user interface.

또한 실시간 원격제어를 TCP/IP망에서 구현하기 위해서는 통신망의 품질보장이 중요하고, 이를 위하여 기존의 대역예약 프로토콜인 RSVP의 단일 경로 예약방식을 다중경로 예약방식으로 수정하여 예약 성공율 향상을 도모하였다. 시뮬레이션 결과 시험망의 주어진 조건에서 예약 성공율은 단일 경로의 경우 29%였으나, 두 경로 예약 시 68%, 세 경로 예약 시 92%까지 증가됨을 확인하였다.

제안된 다중경로 예약방식은 전송버퍼의 크기 조절과 더불어 실시간 전송 및 전송의 성공 여부가 중요한 산업시설의 원격제어에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] K. T. Park, "Intelligent technology of port logistics system," *J. of the Korean Society of Precision Engineering*, vol. 19, no. 2, pp. 41-48, 2002.

[2] J. L. Tongzon, "Determinants of port performance and effiency," *Transportation Research Part A*, vol. 29, no. 3, pp. 245-252, 1995.

[3] J. B. Lee, "Web-based remote image monitoring and control system," *J. of Korea Multimedia Society*, vol. 2, no. 1, pp. 102-113, 1998.

[4] E. Zahedi, M. A. M. Ali and M. J. Gangeh, "Design of a web-based wireless mobile teleconsultation system with a remote control camera," *Int. Conf. on Engineering in Medicine and Biology Society*, vol. 2, pp. 1360-1363, 2000.

[5] F. L. Pedrotti and L. S. Pedrotti, *An Introduction to Optics*, Prentice-Hall, 1987.

[6] J. J. Choi and M. O. So, *Container Crane System*, Korea Maritime University, pp. 211-215, 1998.

[7] Y. H. Jeon and S. Y. Park, "Internet QoS guarantee by using diffserv," *J. of the Korean Institute of Communication Sciences*, vol. 17, no. 9, pp. 44-65, 2000.

[8] R. Branden et. al., "Resource reservation protocol (RSVP) – version 1 functional specification," *RFC2205*, Sep. 1997.

[9] J. Wroclawski, "The use of RSVP with integrated services," *RFC2210*, Sep. 1997.

[10] F. B. Slimane and G. Pujolle, "Signaling in IP cell-switching," *IEEE Int. Symp. on Computers and Communications*, pp. 116-120, 1999.

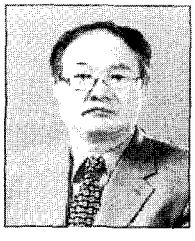
[11] A. Terzis and L. Zhang, "Reservation for aggregate traffic : experience from an RSVP tunnels implementation," *6th Int. Workshop on Quality of Service*, pp. 23-25, 1998.

[12] A. Csaszar, A. Takacs, R. Szabo and T. Henk, "State correction after re-routing with reduced state resource reservation protocols," *Proc. of Global Telecommunications Conf.*, pp. 861-866, 2004.

[13] D. O. Awduche, "MPLS and traffic engineering in IP network," *IEEE Communications Magazine*, vol. 37, no. 12, pp. 42-47, 1999.

김 진 영

제어 · 자동화 · 시스템 공학회 논문지 제 10 권 제 7 호 참조.



노 태 정

1958년 9월 27일생. 1984년 부산대학교 기계설계학과(공학사). 1986년 KAIST 생산공학과(공학석사). 1992년 KAIST 정밀기계공학과(공학박사). 1986년~1998년 삼성중공업 기전연구소. 1999년~현재 동명정보대학교 메카트로닉스공학과 부교수. 관심분야는 Mechatronics, Robotics, FAB 자동화, LCD반송 자동화, 산업설비 원격운전시스템 등.

최 대 우

1958년 7월 23일생. 1981년 경북대학교 공과대학 전자공학과(공학사). 1983년 동 대학 공학석사. 1997년 KAIST 전기및전자공학과(공학박사). 1983년~1998년 ETRI교환전송기술연구소. 1999년~현재 동명정보대학교 정보통신공학과 조교수. 관심분야는 TCP/IP 프로토콜, 트래픽 제어, Bluetooth, RFID시스템 등.