

위성 동보 서비스를 위한 지구국의 계층화 구성에 관한 연구

홍 완 표[†] · 김 정 호^{††} · 나 극 환^{†††}

요 약

위성 동보 서비스를 위하여 가입자 정보를 분산 관리하는 계층화 구조로서 가입자 지구국을 그룹 관리하는 부제어국을 설치한 계층 구조로 제안하고 해석하였다. 위성 동보 서비스를 위한 지구국 구성을 가입자국과 부제어국간 그리고 부제어국과 중심국간의 링크에 대한 통신 처리 시간비를 파라미터로 한 폴링 방법에 의한 수신 상태의 응답처리시간을 최소로 하는 최적값을 해석하고 이를 3 계층 구성에서 처리할 수 있음을 알 수 있었다. 이러한 3 계층 구성을 하여 사용자국과 부제어국간 액세스 통신 비용의 절감이 요구되는 경우, 지상 공중망을 제외회선으로 사용하고, 통신 비용이 거리 의존성이 있는 경우에는 종래의 2 계층 구성에 비교하여 계층화 비용을 절감할 수 있음을 알 수 있었다.

A Study on the Hierarchical Configuration of Ground Station for the Satellite Based Data Distribution Service

Wan-Pyo Hong[†] · Jeong-Ho Kim^{††} · Keuk-Hwan Na^{†††}

ABSTRACT

To realize a highly reliable satellite-based data distribution system efficiently, a hierarchical distributed control network which utilizes a sub control station(SCS) in addition to a hub and a user station(US) is proposed and evaluated. The results show that there exists an optimum number of sub control stations that minimizes the polling processing time as a parameter of the processing time ratio between US-SCS and SCS-CS links. From a viewpoint of the control network cost, it is shown that the cost can be less compared to the conventional one, when the communication cost between the US and SCS is slightly reduced.

1. 서 론

위성 회선을 이용하여 화상이나 데이터를 효율적으로 가입자에게 동보 서비스를 수행하기 위하여 지구국

구성의 계층화에 대한 연구가 요구된다. 이러한 동보 통신 서비스는 사용자의 수신상태의 확인을 수행하는 것에 의해 전송 서비스의 고신뢰성을 도모할 수 있다. 예를들면, 인마세트 위성 동보 회선을 이용하여 FAX 데이터를 수신하고, 수신불량이었던 선박국 사용자만이 해안국에 대해 재전송 요구를 하여 이 재전송 요구를 받고 해안국에서 해당 선박국 사용자에게 개별적으로 데이터 재전송을 하고 있다[1-3].

한편, 모든 사용자에 대하여 개별적으로 수신상태를

† 정 회 원 : 정보통신부 통신위성과

†† 정 회 원 : 대전산업대학교 전자계산학과

††† 종신회원 : 광운대학교 전파공학과

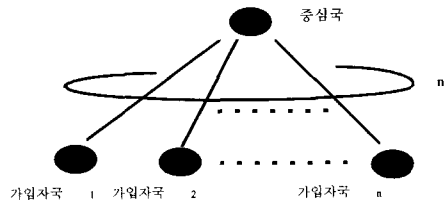
논문접수 : 1997년 8월 29일, 심사완료 : 1998년 2월 6일

확인하는 것에 의해 동보 서비스의 신뢰성을 높일수는 있으나, 중심국에서 다수 사용자국의 수신상태를 집중 관리하는 것은 중심국에 있어 커다란 부담이 된다. 따라서 본 연구에서는 시스템을 효율적으로 운용하기 위해 사용자국을 복수의 그룹으로 분할하여, 중심국의 밑에 계층적으로 부제어국을 두어 부제어국 마다 담당하는 그룹의 사용자 정보관리를 분산하는 구성을 제안한다. 또한, 제어 회선의 전송 미디어로서는 위성통신 서비스의 다양화에 따라 위성 회선외에 기존의 공중 데이터망이나 전화망 등을 이용하는 형태도 고려할 수 있다 [3,4]. 전화 등의 범용적인 설비를 유용하는 기존망의 이용은 사용자국은 설치하기 간단한 수신 전용국으로 할 수 있으며 서비스 적용 범위의 확대도 가능하게 된다. 따라서 본 연구에서는 제어 회선으로서 공중 전화망을 이용하는 형태를 중심으로 고찰하여 계층화 구성에 따른 처리시간과 통신 비용에 대한 해석을 수행한다. 본 연구에서 제안하는 계층화 구성에서는 사용자국 마다의 수신상태를 관리하는 경우의 확인응답처리시간과 제어망의 구축 및 운용에 드는 통신 비용의 절감 등의 해석이 중요한 문제가 된다. 따라서 본 논문에서는 이들 두 요소에서 정량적인 검토를 해석하고 지구국의 계층화 구성의 최적화 방안을 제안한다. 다음 2 장에서 계층화 구성을 나타내고, 3 장에서는 확인응답처리시간 및 통신 비용 관점에서 평가를 한다. 그리고 4 장에 처리시간과 통신 비용의 최적화 결과를 기술한다.

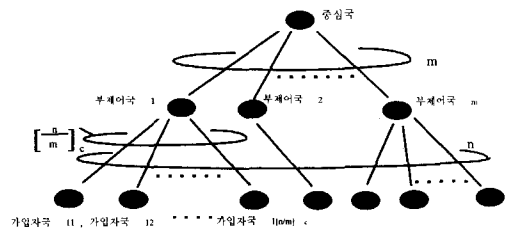
2. 동보서비스를 위한 계층화 구성

(그림 1)에 위성 동보 서비스를 위한 지구국 계층화의 구성을 나타내었다. 그림에서 US(User Station)는 사용자국, CS(Central Station)는 중심국, SCS(Sub Control Station)는 부제어국을 각각 나타내고, 화상 등의 송신데이터는 중심국으로부터 사용자국에 대하여 위성 동보회선을 통하여 전달된다. 수신된 데이터의 사용자국 마다의 수신상태는 개별 제어회선을 통하여 계층화 구성의 상위국에서 관리된다[5,7]. (그림 1(a))에 중심국이 모든 사용자국을 전체적으로 관리하는 2 계층 구성을, 또한 (그림 1(b))는 본 논문에서 제안하는 중심국과 사용자국 사이의 부제어국을 배치하여 부제어국에서 담당하는 사용자국의 정보를 분산 제어하는 3 계층 구성을 각각 나타낸다. 사용자국 수가 n 국인 경우, (그림 1(a))에서는 중심국과 사용자국 사이에 n 개의 제어 회선이 설정 된다. 한편, 그림1(b)에서는 m 국의 부제어국을 설치하여 사용자국을 $[n/m]c$ 국마다 그룹

화 하여 각 부제어국이 각각의 사용자 그룹을 관리한다. K.S.Khan, F.J.Hakim 등에 의해 위성 동보서비스를 위한 계층적 구성으로 부제어국에 따른 사용자 그룹을 관리하는 혼합제어(hybrid control)방식이 제안되어 중심국과 부제어국에서 제어회선을 위성을 통하여 수행되어 왔다[7,9]. 따라서 중심국의 부제어국에 대한 폴딩순서에 따라 처리시간의 지연에 대한 보상을 필요로 한다. 본 논문에서는 제안된 계층화 구성에서 공중전화망을 이용하여 제어회선을 사용하고 사용자국마다의 수신상태를 관리하는 경우에서 사용자국 폴딩시간에 따른 응답처리 시간과 추가적으로 사용자국 액세스의 회선 통신비용을 해석하고자 한다. 여기에서 $[n/m]c$ 는 n/m 이상의 최소의 정수값을 나타내고, 사용자국은 각 부제어국에 균등하게 할당되어 각각 관리되는 것으로 한다. 이때, 부제어국과 사용자국사이에는 최대 $[n/m]c$ 개의, 또한 중심국과 부제어국와의 사이에는 m 개의 제어 회선이 각각 설정된다.



(a) 중심국이 직접 사용자국을 관리하는 2 계층 구성



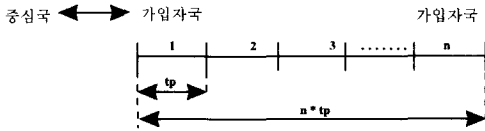
(b) 부제어국이 사용자국을 관리하는 3 계층 구성

(그림 1) 위성 동보 서비스를 위한 계층화 구성
(Fig. 1) Hierarchical configuration for satellite data distribution service

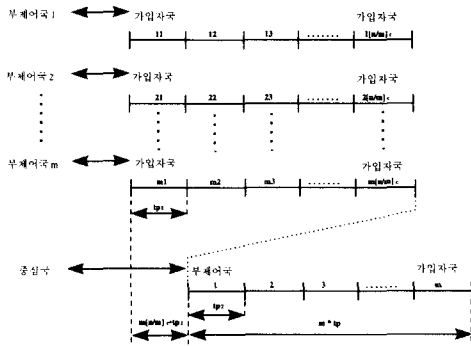
3. 계층화 구성의 평가

3.1 수신상태 확인 응답처리시간

(그림 1)의 2개의 계층화 구성에 대하여 사용자국의 수신상태를 확인 하기 위해 응답처리시간에 대하여 우선 검토하였다. 여기서는 응답 처리 순서를 (그림 2)에 나타낸 것 처럼 시리얼 폴링을 가정한다.



(a) 계층화 구성(a)의 폴링 순서



(b) 계층화 구성(b)의 폴링 순서

(그림 2) 각 계층화 구성의 폴링 순서 및 처리시간
(Fig. 2) Polling procedure & processing time of hierarchical configuration(2-level, 3-level)

(그림 2(a))는 중심국이 n 국의 사용자국과 1 국당 t_p 의 처리시간으로 순차적으로 수행하는 것을 의미한다. (그림 2(b))는 부제어국이 각 사용자국과 한 국당 처리 시간 tp_1 으로 순차적으로 수행하고 그 결과를 중심국이 각 부제어국과 처리시간을 tp_2 로 순차적으로 수행한다. 각 계층화 된 구성에서 소요되는 처리시간을 다음 식 (1)과 (2)에 나타내었다.

$$tp,a = ntp \quad (1)$$

$$tp,b = [n/m]c tp_1 + mtp_2 \quad (2)$$

여기에서 $tp_1 = atp_1$, $tp_1 = tp$ 를 가정하고, 식 (1),(2)의 차이 만큼을 다음 식(3)과 같이 정의한다.

$$\Delta tp \equiv tp,a - tp,b = n - ([n/m]c + \alpha m) tp \quad (3)$$

여기서 n/m 이 클때 $[n/m]c$ 와 n/m 이 거의 같으므로 간단화하여 $[n/m]c = n/m$ 으로 한다. 이때 식 (3)은 사용자국수 n과 부제어국수 m를 파라미터로 하여 어떤 사용자국수 n에 대하여 처리 시간을 최소로 하는 부제어국수 m을 다음 식 (4)로 부터 구할 수 있다.

$$d \Delta t_p / d m = -\alpha + nm^{-2} = 0 \quad (4)$$

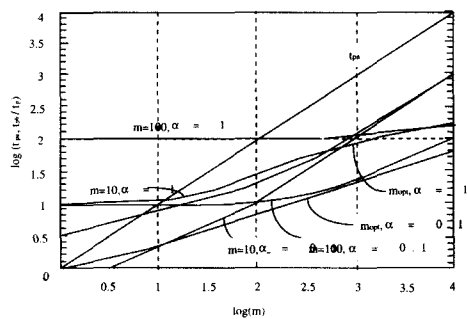
여기서 m의 최적값과 그 처리시간을 다음의 식(5)와 (6)을 얻을 수 있다.

$$m = \sqrt{n/\alpha} \quad (5)$$

$$t_p(b) = (n/m + \alpha m)t_p = 2\sqrt{\alpha n}t_p \quad (6)$$

따라서 $n=100$, $\alpha=1$ 일때, $m=10$, $tp,b = 20tp$ 가 된다. 이는 같은 사용자국수에 대한 계층화 구성(그림 1(a))에서의 처리시간 tp,a 는 $100tp$ 의 1/5이 됨을 의미한다.

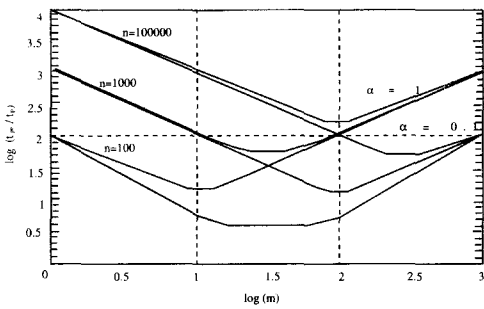
(그림 3)에 부제어국수 m에서 사용자국과 부제어국, 부제어국과 중심국의 처리 속도비를 α 로 하여 사용자국수 n에 대한 tp 로 정규화한 폴링 응답처리시간 즉 $tp,a / tp$, 및 $tp,b / tp$ 를 구한 결과를 각각 나타내었다.



(그림 3) m 와 α 에 대한 사용자국수(n) 폴링 처리시간
(Fig. 3) Polling processing time of m:a for user station

또한 사용자국수 n에 대해 부제어국수를 최적화 한 경우의 $tp,b / tp$ 를 나타내었다. (그림 3)에서 계층화 구성(a) 즉 계층화 구성을 2 단계인 경우, 사용자국수에 비례하여 처리 시간이 걸리는 것에 대하여, 계층화 구성(b) 즉 계층화 구성을 부제어국을 설정한 3 단계인 경우 사용자국수에 대하여 부제어국을 최적국수로 했

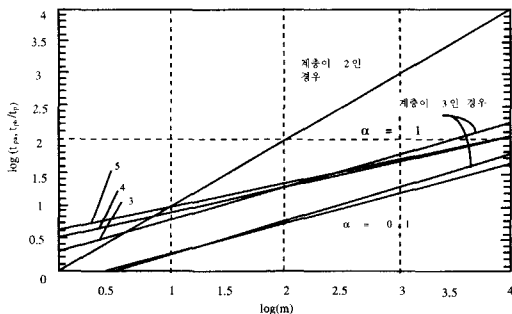
올때 처리 시간이 사용자국수의 제곱근에 비례하는 것으로부터 사용자국수가 증가함에 따라 계층화 구성(b)는 (a)에 대한 처리 시간에 대하여 절감 효과가 크게 되는 것을 알 수 있다[5,9]. 또한 (그림 4)는 계층화 구성(b)의 사용자국수 n와 사용자국-부제어국/부제어국-중심국 처리 속도비를 α 로 했을때의 부제어국수 m에 대한 응답처리시간 $t_{p,b} / t_p$ 를 나타낸다.



(그림 4) n 와 α 에 대한 부제어국수(m) 폴링 처리시간 (Fig. 4) Polling processing time of m:a for sub control station

(그림 4)에서 처리속도비 α 를 적게 하였을때 즉 부제어국과 중심국간 처리 속도를 사용자국과 부제어국간 처리 속도에 비하여 빨리 할수록 최적 부제어국수가 증가하지만 전체의 응답처리시간이 증가되고 있음을 알 수 있다.

(그림 1(b))의 경우 계층화 구성에서는 중심국과 사용자국 사이에 부제어국이 더해져 3 계층 구조로 되어



(그림 5) 계층 수와 α 에 대한 사용자국수(n)에 대한 폴링 처리시간 (Fig. 5) Polling processing time of hierarchical level : a for user station

있지만, 이 부제어국 계층을 더욱 다층화하는것을 고려한다. 예를들면, 부제어국을 몇 개 정도 정리하여 그룹화하고, 그 부제어국을 다시 관리하는 상위의 부제어국을 설치한다면 다층화 계층 구성에서의 폴링 처리시간은 (그림 2) 및 식(1),(2)를 확장하는 것으로 구할 수 있다. 또한 (그림 5)에 $\alpha=1$ 및 0.1인 경우의 지구국수 n에 대한 정규화 폴링처리시간을 계층수를 파라미터로 하여 나타내었다. 여기서 계층 구성이 4 혹은 5의 다층 인 경우 사용자국수 n이 큰 영역에서 3 계층 구성보다 소요시간이 절감은 되지만, 2 계층 구성인 경우의 처리시간 단축 효과와 거의 같음을 알 수 있다.

3.2 계층화 구성의 비용

(그림 1(a))와 (b)에 나타낸 것과 같이 위성 동보 서비스를 위한 계층화 구성을 운용하기 위한 비용으로 장치 설치 및 회선 사용에 따라 발생하는 비용면에 대하여 검토한다. (표 1)에 계층화 구성이 2 계층인 (a)와 3 계층인 (b) 경우에 대한 설치 및 통신 비용을 나타내었다. (표 1)의 설치 비용에 있어서, a는 중심국에서 사용자국 마다의, a'는 부제어국에서 사용자국 마다의, 그리고 b'는 중심국에서 부제어국 마다의 인터페이스 비용을 각각 나타낸다. 또한, 2 계층 구성의 (a)의 중심국 설치 비용을 A, 3 계층 구성의 (b)의 부제어국 및 중심국 설치 비용을 각각 A',B'로 나타내었다. 통신 비용에 대해서는 a, a',b'를 각각 구성 (a)의 중심국-사용자국간, 구성 (b)의 부제어국-사용자국간, 그리고 같은 중심국-부제어국간으로 한다. 단, 여기서는 계층화 구성의 차이만 고려하고 쌍방에 공통되는 사용자국 비용 등은 고려하지 않았다.

	2 계층화 구조	3 계층화 구조
설치 비용	$na + A$	$ma'[n/m]c + mb' + mA' + B'$
통신 비용	nac	$mac'[n/m]c + mbc'$

(표 1) 계층화 구성(a),(b)의 설치 및 통신비용 비교 (Table 1) Installing and communication cost of hierarchical configuration

(표 1)의 망 구성(a) 및 (b)의 설치 및 통신 비용의 차이값을 다음 식 (7)과(8) 같이 나타낼 수 있다[9,10].

$$\begin{aligned} \Delta IC &= \{na + A\} - \{ma' [n/m]_c + mb' + mA' + B'\} \\ &= n(a - a') - m(b' + A') + (A - B') \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \Delta CC &= \{na_c\} - \{ma'_c [n/m]_c + mb'_c\} \\ &= n(a_c - a'_c) - mb'_c \end{aligned} \quad (8)$$

여기서 다시 $[n/m]_c = n/m$ 으로 간단화하였다. 식(7)에서 사용자국과 대응하는 인터페이스 비용(a, a') 및 중심국 설치 비용(A, B')가 각각 같다면 $\Delta IC = -m(b' + A')$ 로 근사화되며, 설치 비용의 차이값은 m 국 만큼의 부제어국의 비용으로 결정됨을 알 수 있다.

한편, 통신 비용에 대해서는 계층화 구성(b)의 통신 비용을 식 (9) 및 (10)으로 나타내었고 식(8)에 대입하여 식(11)을 구할 수 있다.

$$ac' = \beta ac \quad (9)$$

$$bc' = \nu ac \quad (10)$$

$$\Delta CC = -\{n(\beta - 1) + m\nu\}ac \quad (11)$$

식(9)의 β 는 계층화 구성(a)의 중심국과 사용자국간 통신 비용과 계층화 구성(b)의 부제어국과 사용자국간 통신 비용의 비를 나타내는 것이므로 이것을 사용자국 역세스의 회선통신비용비라고 정의한다. 지금, 식(11)에서 $\Delta CC = 0$ 으로 두고, $ac \neq 0$ 으로 한 경우 계층화 구성(a) 및 (b)의 통신 비용이 똑같이 되는 사용자국 역세스의 회선통신비용비의 최소한계값 β_{th} 는 식(12)와 같이 된다.

$$\beta_{th} = 1/n(n - m\nu) = 1 - \gamma m/n \quad (12)$$

식(12)에서 m이 n에 대해 충분히 작으면 $\nu m/n$ 이 0으로 근접하게 되고, 이때 β_{th} 는 1로 근접한다. 예를들면, $\nu = 1$, $n = 10,000$, $m = 100$ 이면 $\beta_{th} = 0.99$ 이다. 이로부터 계층화 구성(b)의 통신 비용을 계층화 구성(a)와 같이 하기위해 필요하게 되는 사용자국 역세스의 회선통신비용비의 절감량은 아주 약간 좋아짐을 알 수 있다.

한편, 계층화 전체의 비용 차이를 식(13)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta C &= \Delta IC + \Delta CC \\ &= -m(b' + A') + n(a_c - a'_c) - mb'_c \\ &= -mc + na_c(1 - \beta) - m\gamma a_c \end{aligned} \quad (13)$$

여기서 $C = b' + A'$ 로 가정하고 계층화 비용을 구성하는 설치 비용과 통신 비용의 2개의 파라미터로 하여 비교하기 위해 양쪽 모두 총비용으로 한다. 따라서 통신 비용에 대해서는 어느 조건하에 운용 기간 전체에 대한 비용으로 한다. 식(13)에 대해서 $\Delta C = 0$ 으로 하여 계층화 구성(a), (b)의 비용이 같은 금액으로 되는 사용자국 역세스의 회선통신비용 절감을 최소 한계값으로 식(14)의 결과를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \beta_{th, total} &= 1 - m(\gamma a_c + c)/(na_c) \\ &= 1 - m(\gamma + \delta)/n \quad (\text{단, } \delta = c/a_c) \end{aligned} \quad (14)$$

여기서 m/n 국수비가 적으면, 즉 사용자국수 n가 부제어국수 m에 비해 충분히 크면 δ 값에 의존하지만 $\beta_{th, total}$ 가 1에 수렴하는것을 알 수 있다. 이는 사용자국수 n가 부제어국수 m에 대해 충분히 크면, 사용자국 역세스의 회선통신비용 절감으로 계층화 구성(b)의 비용을 구성(a)와 동등, 또는 그 이하로 할 수 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

위성 동보 서비스를 위한 사용자 정보를 분산하는 계층화 구성을 제안하고 이를 수신상태 응답처리시간과 계층화 구성의 비용면에 대하여 평가하였다. 그 결과 계층화 구성에서 중심국과 부제어국간과 부제어국과 사용자국간의 국간 처리의 비를 α 로 하여 폴링에 의한 수신상태 응답처리시간을 최소로 하는 최적값으로 $\sqrt{n/\alpha}$ 가 존재하며, 계층화 구성의 다층화의 경우 2계층 구성의 폴링 처리시간 단축 효과는 3계층 구성에서도 거의 같이되고 그 이상의 계층화에서는 3계층 구성보다 약간의 개선 효과가 있음을 알 수 있었다. 또한, 통신 비용을 파라미터로 계층화 구성 비용과 비교하면 3계층 구성이 2계층의 경우보다 유리함을 알 수 있었다. 실제 계층화 구성으로 부제어국을 지역마다에 설치하고 부제어국에서 근접하는 사용자국으로 부터의 역세

스 회선을 수용하는 한편, 중심국으로 액세스 하는 구성을 생각할 수 있다. 제어망 비용으로서 우선 통신 비용만을 고려한 경우에는 사용자 국수 n 에 대한 부제어 국수 m 의 비가 충분히 적으면, 3 계층 구성에서의 사용자로부터의 부제어국으로의 액세스 회선통신비용과 2 계층 구성의 중심국으로의 액세스 회선통신비용이 거의 같을지라도 통신 비용이 절감될 수 있음을 알 수 있었다. 계층화 전체의 비용에 대해서는 3 계층 구성의 부제어국 설치 비용과 2 계층 구성의 중심국과 사용자 국간 통신 비용이 파라미터로 되며, 그 비가 적을수록 즉 부제어국 설치비용이 적을수록 전체의 비용을 절감 효과가 있음을 알 수 있었다. 또한 부제어국 설치비용을 적게 하려면 부제어국을 사용자국의 일부 기능으로서 실현하는 것으로도 고려할 수 있다.

위성 동보 서비스를 위하여 계층화 구조를 이용하는 경우에는 한개의 부제어국에서 수용 가능한 사용자국수도 적게 되므로 중심국 기능을 실현하기 위한 장치 규모를 축소화 할 수 있다. 한편 계층화 구성에서의 제어 순서에 대해서는 계층 구성이 늘어남 만큼 복잡하게 되므로 이의 효율을 극대화하기 위한 시스템 전체의 제어를 하기 위한 프로토콜의 개발이 필요하다. 또한 통신 비용 절감을 가능하도록 하는 전송 수단과 지리적인 조건 등을 포함한 부제어국의 구체적인 배치 방법 등에 대해 연구가 보완되어야 한다.

참 고 문 헌

[1] M.Richaria, " Design Consideration for an Earth Station Step Track System, " Space Comm & Broadcasting -4, pp.215-228, 1986.

[2] Setam I. Ayukawa, " A Study on the Transmitting Power Control for Earth Stations," AIAA-12, ICSSC, paper 88-0791, Mar. 1988.

[3] C. Sutherland, " A Satellite Data Terminal for Land Mobile Use," IMSC'90, pp.216-226, Jun. 1990.

[4] J.F.Hayes, " Local Distribution in Computer Communications," IEEE Comm. pp.216-224, Mar. 1988.

[5] W.S.Oei, S.Tamboli, " International Fixed

Satellite Systems in Synchronous Digital Hierarchy Transport Networks, " ICSDC-9, pp.279-286, 1992.

[6] G.Bommans, " Satellite based Communications Systems, "SATELCOM-91, Mar. 1991.

[7] F.J.Hakim, M.Ulbricht, " Satellite based Telephony System for Eastern Europe" ECSC-3, pp.201-205, 1993.

[8] A. Azcorra, "Design of Integrated Protocol Architecture for Earth Station Networks, " IEE/ICDSC-10, pp.358-365, 1995

[9] K.S. Khan, " A Hybrid System for Global Communications, " IEE/ICDSC-10, pp. 559-565, 1995.

[10] T.Oshma et al. , " Planned Experiments using the Communication and Broadcasting Engineering Test Satellite(COMETS)," ECSC-3, pp.236-242, 1993.

[11] K. Miya, Satellite Communication Technology , KDD, Tokyo, 1982.

[12] Timothy Pratt, Charles W. Bostian, Satellite Communications , John Wiley & Sons, New York, 1986.

[13] Bhargava, V.K. et al., Digital Communication by Satellite , John Wiley, New York , 1991.

[14] 野原光夫, "衛星同報 システムにおける 分散制御網", KDD研究所, SAT 94-34, RCS94 -48, 1994.

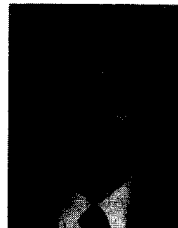
[15] 한국전자통신연구소, 국제 위성 시스템의 경쟁 환경 변화에 대한 대응 전략, 최종연구보고서, 1995.

홍 완 표

1993년 연세대학교 전자공학과 대학원(공학석사)

1995년 2월~현재 광운대학교 전자공학과 대학원 박사과정 재학중

1983년~97년 정보통신부 통신정책실, 정보화기획실, 전파방송관리국



1987년 8월~1989년 8월 BTM Co. Defence &

Aerospace Dept.

1987년~현재 삼성전자 정보통신총괄 위성사업추진그룹
관심분야 : 무선통신, 광통신 및 위성통신



나극환

- 1973년 연세대학교 전자공학과 (공학사)
- 1977년 연세대학교 전자공학과 대학원(공학석사)
- 1971년 불란서 ENSEEIHT 국립종합공과대학 전자공학과(공학박사)

1981년~현재 광운대학교 전자공학과 교수
관심분야 : 초고주파 회로설계, 레이더 및 위성통신



김정호

- 1980년 경북대학교 전자공학과 (학사)
- 1983년 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1990년 S.M.E위원(네트워크 분야)

- 1990년 정보처리 기술사(전자계산조직응용)
- 1991년 전자기술사(공업계측 제어)
- 1992년 통신기술사(전기통신)
- 1983년~1996년 한국전자통신연구소 지상시스템 연구부 실장
- 1995년 단국대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1996년~현재 대전산업대학교 전자계산학과
- 관심분야 : 데이터 통신, 컴퓨터 통신, 위성통신의 지상망 접속