

## LANE 망에서의 scalable 한 broadcast traffic 관리를 위한 최적 ELAN 구성방법 Optimal ELAN Configuration for Scaling Broadcast Traffic in a LAN Emulation Network

손 중 회, 김 도 훈, 차 동 완  
한국과학기술원(KAIST) 테크노경영대학원

### Abstract

기존 LAN 환경에서 인터넷을 이용한 멀티미디어 실시간 전송과 같은 QoS 보장형 서비스에 대한 요구가 증대되면서, 고속의 ATM 기술을 LAN에 적용하는 기술들이 등장하였다. LANE(LAN Emulation)은 그러한 기술 대안들 중에서 campus network와 enterprise network에 많이 보급되고 있는 기술이다. 그러나 이러한 급격한 LANE 도입에 비하여 이의 효과적인 운용에 대한 연구는 많지 않은 실정이다. 본 논문에서는 LANE을 도입한 campus network의 최적 운영방안에 대하여 논한다.

Broadcast 데이터 트래픽 관리에서 발생하는 규모성(Scalability) 문제로 인하여 전체 LANE 망은 여러 개의 ELAN으로 나뉘어 관리된다. 이 때 하나의 ELAN은 마치 단위 LAN로써, Broadcast 데이터의 전송범위를 제한한다. 즉, 서로 다른 ELAN에 속하는 노드간에는 Broadcast 방식으로 데이터를 전송할 수 없게 된다. 그런데, IPX 등을 사용하는 대화형 시뮬레이션 게임 등과 같은 응용프로그램에서는 Broadcast 방식이 이용되므로, 서로 다른 ELAN에 속하는 노드간의 데이터 전송은 불가능하게 되거나 별도의 복잡한 과정을 개입시켜야 하는 비용이 발생한다. 따라서 규모성 문제해결을 위한 ELAN 구성(configuration)에는 위와 같은 비용이 수반된다.

본 연구에서는 LANE 망을 여러 개의 ELAN으로 분할하는 경우에 블로킹(blocking)되는 Broadcast 트래픽 규모를 해당 ELAN 구성의 비용으로 간주한다. 이 경우에 규모성을 고려한 ELAN의 최적 구현방안(optimal configuration)은 ELAN 구성을 위한 기술적 제약하에서 블로킹되는 Broadcast 트래픽을 최소화 시키는 문제로 요약된다. 이는 다시 그래프 분할문제(graph partition problem)의 변형된 형태로 모형화 될 수 있다. 본 논문에서는 이러한 사항들을 고려하여 제시된 수리적 모형을 대상으로, genetic algorithm을 이용하여 최적 ELAN 구성을 위한 여러 파라미터들의 효과를 살펴보고, 이러한 결과들이 LANE 운영과 관련하여 가지는 함축적인 의미를 고찰한다.

### 1. 서론

멀티미디어 데이터의 실시간 전송에 대한 요구가 증가하게 되면서 QoS(Quality of Service)를 보장할 수 있는 기술을 LAN에 도입하려는 노력이 활발하다. 대표적으로, ATM 망을 LAN에 도입하려는 LAN Emulation(LANE) 방식을 들 수 있다. 그런데 LANE network의 도입은 급속하게 진행되는 반면, 이러한 네트워크의 운용에 대한 수리적인 연구는 많지 않은 상황이다.

하나의 LANE network는 여러 개의 ELANs로 나뉘게 되는데, 이 때 ELAN은 Broadcast 데이터가 방송되는 한계를 지정하는 역할을 한다. 그리고 이렇게 한 네트워크를 여러 ELAN들로 분할하는 것은 전체 네트워크의 성능을 결정하는데 큰 영향을 미친다. 예를 들어, 서로 다른 ELAN에 속하는 노드 사이의 broadcast 트래픽은 원래 의도했던 broadcasting 형태로 전달될 수 없으며(blocking), 이를 위해서는 상위계층의 인터넷 프로토콜 등을 거쳐야 하는 복잡성이 발생하게 된다.

그런데 전체 LANE network 운영성능에 큰 영향을 미치는 ELAN 결정에 대한 지침은 약간의 rule-of-thumb을 제외하고서는 거의 전무하여, 일반적으로 네트워크 관리자들은 LANE network 고유의 특성을 반영하지 않고, 단순히 장비의 용량에 맞추

어 여러 ELAN들로 분할하는 실정이다. 위에서 본 바와 같이, 한 network를 여러 ELAN으로 분할하는 것은 LANE 네트워크 내 모든 LEC간의 broadcast 트래픽 수요를 근거로 결정되어야 할 것이다. 즉, ELAN을 어떻게 나눌 것인가 하는 문제는 LAN Emulation 시스템의 자원 한계 내에서 ELAN 환경 설정의 변화에 따라 블로킹되는 broadcast 트래픽을 최소화 시키는 문제로 요약된다.

본 논문에서는 이러한 LANE 방식을 도입한 campus network의 최적 운영방안에 대하여 소개한다. 특히 규모성(scalability)을 고려한 LANE 운영을 위하여 LANE 네트워크를 ELAN으로 분할하는 문제를 살펴 본다. 먼저 이에 대한 수리적 모형을 제시하고, 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 이용한 시뮬레이션을 통해 LANE 운용에 직접 관계되는 각종 파라미터의 의미 등을 고찰해볼 것이다.

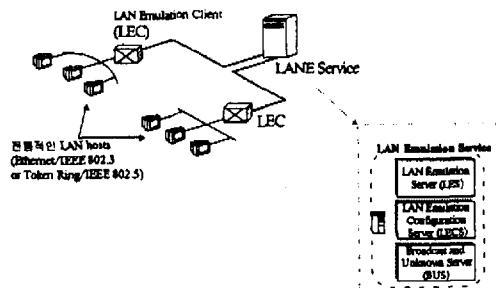
### 2. LANE Network의 규모성 문제와 ELAN 운용

LANE 방식은 기존 LAN에서 사용되던 응용 프로그램을 상위 계층에서의 수정 없이 그대로 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있으나, MAC, ATM, IP 등의 다양한 계층간 연동을 통하여 작동되기 때

문에 규모성(scalability)에 제한을 받는다는 평가도 받고 있다. 특히, LANE의 각 구성요소에 걸리는 부하 때문에 하나의 LAN과 같이 운영될 수 있는 LEC의 개수가 제한된다.

이러한 부하의 상당 부분은 LEC가 broadcast 데이터를 전송하고자 할 때 발생하는 'broadcast storms'에 의한 것이다. Broadcast 트래픽은 BUS를 통해 LANE network 내 모든 LEC들에게 전달되는데, BUS는 multicast 및 broadcast 데이터를 복사하여 point-to-point 연결로 LEC들에게 전송한다. 따라서 이 과정에서 BUS의 computing power의 한계에 의하여, 동시에 처리될 수 있는 broadcast 트래픽의 규모가 제한된다. 마찬가지로 LEC는 LAN과 ATM network 사이에서 LAN 프레임(frame)을 ATM 셀(cell)로 변환시키는 브리지(필터링, filtering) 역할을 담당하므로, broadcast 트래픽 처리를 위한 오버헤드(overhead)는 매우 크다.

이러한 문제는 사실 기존의 LAN에서 발생하는 broadcast 트래픽 처리에 의한 규모성 문제와 동일하다. 일반 LAN에서 이 문제를 해결하고자 하나의 LAN 내 호스트의 개수를 제한하는 것처럼, LANE network에서도 가상의 LAN, ELAN(Emulated LAN)을 구성할 수 있는 LEC의 개수에 제한을 두어 규모성 문제를 해결한다.



<그림 1> ELAN 구성 예

### 3. LANE 분할문제

#### 3.1 LANE 분할의 목적

데이터가 전달되는 전 과정을 살펴볼 때, ELAN의 분할방법에 따라 네트워크 전체의 성능에 영향을 미치는 것은 unicast 데이터보다는 broadcast 데이터임을 알 수 있다. Unicast 데이터는 ELAN 구성이 변함에 따라 LANE network의 구성요소에 큰 부하를 초래하지 않지만, broadcast 데이터는 LEC와 BUS의 부하에 직접 관계되기 때문이다.

LANE network은 기존 LAN에서의 응용프로그램을 그대로 사용하므로, LANE 환경에서의 broadcast 데이터는 일반 LAN 환경에서 broadcast 데이터를 발생시키는 응용프로그램에 의해 발생된다. 대표적으로 IPX, NETBEUI를 이용하는 응용프로그램을 들 수 있으며, 이는 대부분 파일 공유나 대화형 게임과 같은 차세대 멀티미디어 서비스의 주축을 이루는 경우가 많다. 이 경우 LANE network에서는 동일 ELAN 내의 LEC들만이 broadcast 형태로 데이터를 전송하므로, 서로 다른 ELAN에 속하는 LEC들에게는 broadcast 형태로 데이터가 전달될 수 없게 되며(블로킹, blocking), 이들 데이터를

전달하기 위해서는 다른 프로토콜을 이용하도록 전환하는 등 복잡한 절차가 필요하게 된다. 따라서 효과적인 ELAN 구성은 임의의 두 LEC들이 다른 ELAN에 편성됨에 따라 발생하는 broadcast 트래픽의 블로킹 규모를 최소화 시킬 수 있어야 한다.

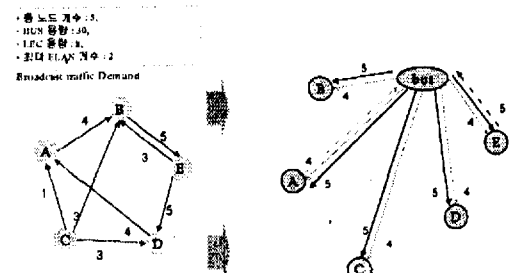
#### 3.2 LANE 분할문제의 정의

이상의 사실들을 고려할 때, LANE network에서의 ELAN 구성 문제는, 모든 LEC 간 broadcast 데이터 트래픽 규모가 주어진 상태에서 (1) 단위시간 동안 BUS가 감당할 수 있는 broadcast 트래픽 규모의 제약( $C_B$ ), (2) 단위시간 동안 LEC이 받아들일 수 있는 broadcast 트래픽 규모의 제약( $C_L$ ), (3) 최대 구성 가능한 ELAN 개수와 같은 제약조건들을 만족하는 LANE network 내의 LEC들의 grouping 문제로 볼 수 있다. 이러한 LEC grouping의 목적함수는 블로킹되는 broadcast 트래픽 규모를 최소화하는 것이다. 이는 LEC를 노드로 하고 LEC 간 broadcast 트래픽 규모를 간선의 비용(weight)으로 하는 수요 그래프(demand graph)  $G = (V, E)$ 가 주어졌을 경우,  $G$ 상의 노드들을 위의 제약조건들을 만족하는 부분집합(노드 클러스터, node cluster)으로 분할하는 Graph Partitioning Problem(GPP)으로 규정할 수 있다. 즉, 여기서 제약조건 (1)은 한 노드 클러스터에 속하는 간선의 비용 총합이  $C_B$ 를 초과해서는 안된다는 것이며, (2)는 각 노드별로 클러스터에 포함되는 부속 간선(incident edge)들의 비용 총합이  $C_L$ 를 넘어선 안되며, 조건 (3)은 분할 가능한 노드 클러스터의 개수에 대한 제약을 의미한다. 또한 이들 제약조건을 만족하는 실현가능한 분할(feasible partition)이 주어졌을 경우에, 간선 컷(edge cut)이 의미하는 바는 블로킹되는 broadcast 트래픽을 나타낸다.

따라서 ELAN 구성문제는 통상적인 GPP에 조건 (1)~(3)이 추가된 형태의 일반화된 GPP 문제로 규정된다.

#### 3.3 Example

간단한 예를 통해 LANE 분할문제를 살펴보기로 하자.

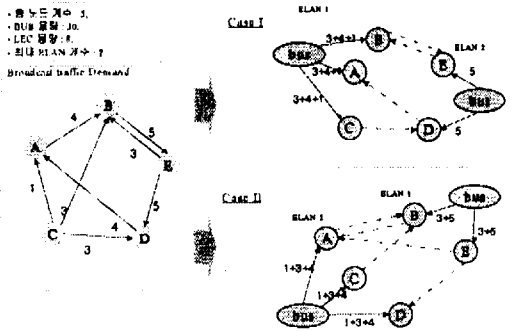


<그림 2> LANE 분할문제: 예

<그림 2>과 같이 모두 5개의 노드가 있는 네트워크를 최대 2개의 ELAN으로 분할할 수 있는 경우를 생각해 보자. 여기서의 간선 옆의 숫자는 broadcast 데이터 트래픽 규모, 해당 LEC 간 broadcast 데이터를 전달하기 위해 BUS와 LEC 간에 체결되어야 할 VC의 개수를 의미한다.

<그림 3>의 case 1과 case 2는 BUS, LEC 용량 제약을 만족하는 실현가능 분할의 예들이다.

이 예에서, case 1에서는 모두 16 단위, case 2 경우에는 모두 13 단위의 broadcast 데이터가 블로킹되었다. 블로킹된 broadcast 데이터들은 IP 와 같은 상위계층을 이용하는 복잡한 방식을 통해 전달되어야만 한다. 이 경우에는 더 적은 broadcast 데이터가 블로킹되는 case2가 case 1보다 더 좋은 해가 된다.



<그림 3> ELAN 구성의 예

#### 4. 문제해결방법 및 실험결과

##### 4.1 문제해결방법

클러스터 개수가 제한되는(제약조건 (3)) 통상적인 GPP에 대한 해법은 이미 많이 개발되어 있다([8], [9] 참조). 또한 노드 클러스터에 대한 용량 제한 조건(제약조건 (1))이 추가된 형태의 일반화된 GPP(node capacitated GPP) 문제에 대해서도 branch-and-cut 방식의 최적 해법(exact solution method)도 제안되어 있다([10]). 앞서 정의한 LANE 분할문제는 일반화된 GPP에 제약조건(제약조건 (2))이 추가된 형태이다. 따라서 [8], [10]에서 제안된 최적해법에 제약조건 (2)와 관계된 유효부등식(valid inequality)과 효과적인 분리방식(separation algorithm)을 추가해서 수정하면 최적해를 구할 수 있다.

그러나 ELAN 구성을 전담하는 LECS에서 구현되는 데는 최적해를 구하는 것 보다는 좋은 실현가능해를 빨리 찾는 해법이 현실적으로 더 적합하다. 따라서 본 연구에서는 먼저 구현이 간단하고 많은 경우에 빨리 좋은 실현가능해를 제공해주는 메타 휴리스틱(meta heuristic), 특히 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm, GA)을 우선 적용하고자 한다.

GA를 적용하기 위해서는 우선 모든 가능한 실현가능해(ELAN 구성형태)를 '개체'로 표현하고, 이들 개체 중 최적해에 가까운 개체를 선별하기 위하여 목적함수를 반영하는 비용함수(landscape)를 정의하여야 한다. 여기서는 가능한 ELAN 분할 경우를 개체로 표현하고, 각 경우 블로킹되는 broadcast 트래픽 수요를 비용함수로 정의하여, 비용함수 값을 줄이도록 한다.

##### 4.2 실험결과

###### 4.2.1 실험대상

실험대상 네트워크는 모두 37개의 LEC를 가지는 캠퍼스 네트워크로 실제 어느 대학의 네트워크를 반영하였다. 주요 파라미터인 LEC 용량( $C_j$ )과 BUS 용량( $C_b$ )은 실제로 사용되는 IBM 제품 사

양을 기준으로 하였다([11]). 여기서 LEC 용량 및 BUS 용량은 단위시간에 동시에 개설 가능한 VC의 개수를 말한다. 임의의 두 LEC 간에 broadcast 데이터를 보낼 때 항상 하나의 VC를 개설하게 되므로, 이 숫자는 어느 시점에서 broadcast 데이터의 수요를 의미하는 것으로 볼 수 있다. 현재 실험대상 네트워크는 모두 9개의 ELAN으로 나누어 운용되고 있는데, 실험을 통해 이러한 운영의 타당성을 살펴볼 것이다. <그림 4>는 실험대상에 대한 구체적인 자료를 보여준다. 이 실험대상의 경우에는 최대 구성할 수 있는 ELAN 개수가 전체 노드 수보다 크기 때문에, 제약조건 (3)을 제외시킨다.

##### Given

전체 노드 수,  $N = 39$   
BUS가 처리할 수 있는 최대 Broadcast traffic 양,  $C_b = 65000$   
LEC  $C_j$ 가 처리할 수 있는 최대 Broadcast traffic 양,  $C_j = 5000$   
최대 분할 가능한 ELAN 개수,  $p = 65$   
LEC  $i, j$ 간의 Broadcast traffic demand,  $e_{ij}$

##### Minimize

Inter-ELAN broadcast traffic(Blocked broadcast traffic)

##### subject to

한 ELAN 내에서 BUS가 받는 Broadcast traffic 양  $\leq C_b$   
한 ELAN 내에서 LEC가 받는 Broadcast traffic 양  $\leq C_j$

<그림 4> 실험대상

###### 4.2.2 실험결과

GA가 최적해로 수렴할 가능성을 높이기 위하여 세대 수를 5,000 이상으로 하였다. 앞의 작은 예제를 대상으로 한 실험에서는 5,000번 이전의 세대에서 최적해를 구하였으므로, 이번 실험대상에 대해서도 GA가 적어도 최적해에 매우 근사한 해를 제공하는 것으로 간주할 수 있다.

실험결과 실험대상 LANE network를 7개의 ELAN으로 분할하여 구성하는 것이 최적이라는 결론을 얻을 수 있었다. 이 숫자는 실제로 운영하는 ELAN 개수인 9보다 적은 숫자이며, 블로킹되는 broadband 트래픽 규모도 감소된다([표 1] 참조).

[표 1] ELAN 구성에 의해 블로킹되는 트래픽 규모

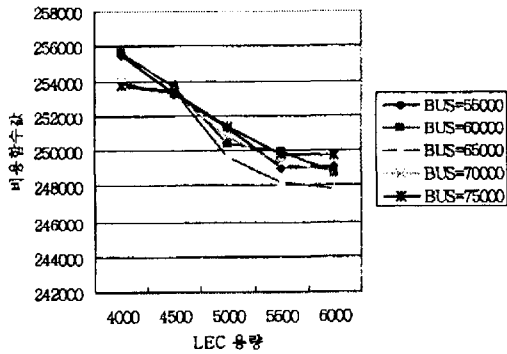
BUS 용량/LEC 용량	4000	4500	5000	5500	6000
55000	255519	253248	251275	248976	248977
60000	255619	253692	250376	249961	248703
65000	253844	253456	249655	248181	247793
70000	253951	253304	250755	249262	248791
75000	253728	253318	251396	249763	249720

[표 2] ELAN의 개수

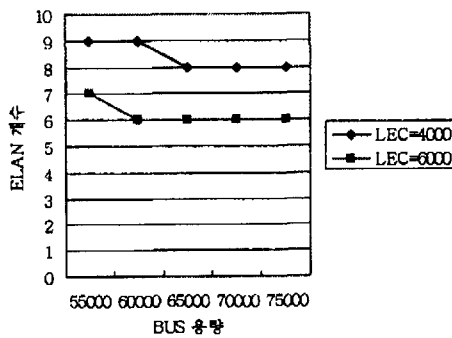
BUS 용량/LEC 용량	4000	4500	5000	5500	6000
55000	9	8	7	7	7
60000	9	8	7	7	6
65000	8	8	7	6	6
70000	8	8	7	6	6
75000	8	8	7	6	6

[표 1]과 [표 2]는 LEC 용량과 BUS 용량을 변화 시키면서 실험했을 때의 결과를 정리한 것이다. 이 결과를 살펴 보면, 최적 ELAN 구성은 BUS 용량 보다는 LEC 용량에 더욱 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 <그림 5>과 <그림

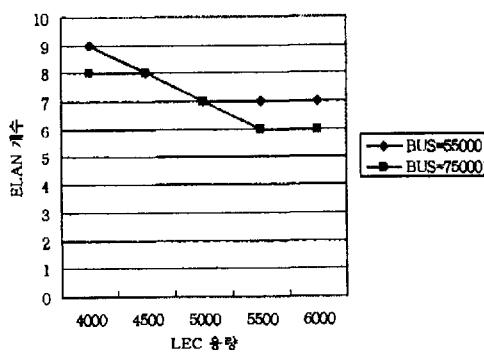
6>을 보면 더 분명히 알 수 있다. 이 둘 그림에서 보는 바와 같이, BUS의 용량은 분할된 ELAN 개수와 블로킹되는 트래픽 규모에 큰 영향을 미치지 않는다. 반면에 <그림 5>과 <그림 7>에서 보는 바와 같이, LEC 용량은 블로킹되는 트래픽 규모와 ELAN 개수와 반비례한다. 또한 ELAN 개수와 블로킹되는 트래픽 규모도 강하게 연관되어 있음을 알 수 있다.



<그림 5> ELAN 구성과 블로킹되는 트래픽 규모



<그림 6> ELAN 개수와 BUS 용량



<그림 7> ELAN 개수와 LEC 용량

## 5. 결론

본 연구에서는 기존의 LAN의 한계를 ATM 기술을 이용하여 해결하고자 하는 LANE network의 최적 구현에 대하여 살펴 보았다. 특히 규모성을 제고하기 위하여 LANE network 상에서 독립적으로 운용되는 가상의 LAN인 ELAN 구성문제를 다루었다. ELAN은 공유매체를 통하여 한 LAN내 모든

호스트들에 데이터를 broadcast하는 LAN의 특성을 모방한 것으로, 특정 ELAN 내에서 발생한 broadcast 데이터는 그 ELAN의 구성원에게만 전송되며 ELAN 간의 통신은 라우터나 브리지를 통해서만 가능하다.

네트워크 관리자 입장에서, LANE network 분할에 의한 ELAN 구성은 서비스가 블로킹되는 경우를 최소화하는 것을 목적으로 하여야 함을 지적하였다. 이 경우 ELAN 구성문제는 기존의 그래프 분할문제(GPP)에 ELAN 구성상의 기술적 특성을 반영하는 제약이 추가된 형태로 모형화될 수 있다. 여기서는 일반화된 GPP 문제에 대한 해법으로 많이 쓰이는 유전자 알고리즘(GA)을 사용하여, 실제 캠퍼스 LANE network를 대상으로 실험한 결과를 제시하였다. 특히 주요 파라미터인 LEC의 용량과 BUS의 용량이 가지는 네트워크 관리차원에서의 영향을 분석하였다.

실험 결과, 실제로 구현된 ELAN 구성보다 효율적인 구성형태를 찾을 수 있었으며, 이로 인하여 보다 적은 수의 ELAN을 구성하는 방법과 블로킹되는 트래픽의 규모를 줄일 수 있는 방법을 발견할 수 있었다. 본 연구에서 제안한 모형을 바탕으로 실제 네트워크 관리에 있어서 필요한 여러 정책적인 요소들을 고려하는 보다 확장된 현실 모형을 구축할 수 있을 것이다. 이는 또한 LECS와 같은 ELAN 관리 서버에 소프트웨어로 탑재되어 네트워크 관리자의 의사결정을 지원하고 자동화하는데 이용될 수 있다.

## 6. 참고문헌

- [1] LAN Emulation on an ATM network, H.L. Truong, W.W. Ellington Jr., J.L. Boudec, A.X. Meier, IEEE Communications Magazine, May 1995
- [2] LAN Emulation Over ATM ver.1.0 Specification, The ATM Forum, AF-LANE-0021.0000
- [3] LAN Emulation Over ATM ver.2- LUNI Specification, AF-LANE-0084.000
- [4] ATM 상의 인터넷 서비스 기술 개론, 한국전자통신연구원, 1999
- [5] ATM LAN Emulation, Norman Finn & Tony Mason, IEEE communications Magazine, June 1996
- [6] Networking Requirements: campus ATM design, Documentation at CISCO web site, [http://www.cisco.com/warp/public/779/largeent/design/campus\\_atm.html](http://www.cisco.com/warp/public/779/largeent/design/campus_atm.html)
- [7] Customer-Implemented Networking Campus Solution, John Parker, Bruce Anderson, John Hoffe, Tadashi Murayama & David Ricke, redbooks at IBM web site, <http://www.redbooks.ibm.com>
- [8] The Partitioning Problem, S. Chopra and M.R. Rao, Mathematical Programming, Vol. 59, 1993
- [9] Min-cut Clustering, E.L. Johnson, A. Mehrotra, and G.L. Nemhauser, Mathematical Programming, Vol. 62, 1993
- [10] The Node Capacitated Graph Partitioning Problem: A Computational Study, C.E. Ferreira et al., Mathematical Programming, Vol. 81, 1998
- [11] Release Notes, IBM 8210 Nways Multi-protocol Switched Services(MSS) Server Ver 2.2