

# 광대역 지능망 구조에서 멀티미디어 서비스 모델링 및 검증: I부. 광대역 IP 호 모델에 대하여

정회원 전 용 회\*, 최 고 봉\*\*

## Modeling and Verification of Multimedia Services in a Broadband Intelligent Network Architecture: Part I. For Broadband IP(Intelligent Peripheral) Call Model

Yong-Hee Jeon\*, Go-Bong Choi\*\* *Regular Members*

### 요 약

광대역 종합 정보 통신망(B-ISDN)에서 멀티미디어 서비스를 효율적으로 제공하기 위하여, 여러 가지 형태의 호와 서비스 제어가 필수적이다. 이러한 제어는 지능망을 이용하면 효율적으로 이루어질 수 있다. 지능망(IN)과 B-ISDN의 통합은 미래에 출현하는 멀티미디어 서비스를 위한 주요한 기술 분야이다. B-ISDN 기반 초고속 통신망 상에서 다양한 멀티미디어 서비스를 수용하기 위하여, 지능망 기반 서비스 제어 구조가 가장 현실적인 선택으로 고려되고 있다.

지능망에서 모든 서비스와 서비스 특징들은 기본 호 처리를 기반으로 기술되어 진다. 기본 호 처리는 어느 정도로 상세히 기술되는가에 따라 여러 모델로 분류되어 지지만, 크게 분산형과 집중형 호 모델로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 IN 능력군-3을 구성하기 위하여 해결해야 할 문제중의 하나인 B-ISDN상의 IN을 위한 두 가지의 호 모델링 기술에 대하여 연구를 수행하였다. 그리고 페트리 넷 모의실험 도구를 이용하여 두 가지 형태의 호 모델을 모델링하고 검증하였다.

### ABSTRACT

In order to efficiently provide multimedia services in Broadband Integrated Services Digital Networks(B-ISDN), the control of several complicated types of call and service is inevitable. These control may be accomplished efficiently using Intelligent Network(IN). The integration of IN and B-ISDN is an important technology field for the emerging multimedia services in the future. To incorporate diverse multimedia services over the B-ISDN-based high-speed communication networks, the IN-based service control architecture is being considered as the most realistic choice.

In the IN, all services and service features are described based on basic call process(BCP). The BCP may be classified into several models depending on the degrees of detailed descriptions but it can be categorized broadly into two classes; distributed and centralized types. In this paper, we studied the both call modeling techniques for IN over B-ISDN which is one of the issues to be solved to make up IN Capability Set-3. Using Petri Net simulation tool, we then modeled and verified those two types of call models.

\* 대구가톨릭대학교 공과대학 컴퓨터·정보통신공학부

\*\* 블루코드 테크놀로지(주)

논문번호: 00067-0222, 접수일자: 2000년 2월 22일

## I. 서론

광대역 망의 발전과 멀티미디어 인터페이스 기기의 고속화와 주문형 비디오 (VOD: Video-On-Demand), 영상회의와 같은 멀티미디어 서비스에 대한 사용자의 요구가 계속적으로 증가함에 따라 많은 서비스 업체들은 이러한 사용자들의 욕구를 충족시키기 위해 다양한 기술을 제안하고 있다. 광대역 망에서 제공될 수 있는 서비스들은 큰 대역폭과 복잡한 형태의 호와 서비스 제어를 요구하고 있다. 이를 해결하기 위해 광대역 망에 호와 서비스 제어를 위한 지능망을 도입하는 방안이 제시되어 졌다. 이러한 구조를 광대역 지능망 구조라 말하며, 광대역 지능망 구조에서 대역폭에 대한 요구는 B-ISDN 망이 제공할 수 있으며, 호 제어와 같은 복잡한 서비스 제어는 지능망을 이용하여 효율적으로 제어할 수 있다. 통합된 광대역 지능망 구조에서는 B-ISDN 신호 방식에 맞게 기존의 호 제어 모델이 변경되어야 하며, 이러한 구조에서의 호 모델에 대한 연구가 계속적으로 진행되고 있다. B-ISDN 망에서의 기본적인 서비스를 호 모델을 기반으로 하여 모델링함으로써 멀티미디어 서비스 시나리오의 문제점 등을 검증해 볼 수 있을 것이다.

지능망에서 모든 서비스와 서비스 특징들은 기본 호 처리를 기반으로 기술되어 진다. 지능망에서의 호 처리는 서비스 이용자가 지능망 서비스를 요청하면 교환기(SSP: Service Switching Point)가 이를 분석하여 지능망 서비스 제어가 필요한지를 판단하여 지능망 서비스 제어 시스템(SCP: Service Control Point)에 요청 내용을 전달하고, 서비스 제어 시스템은 이용자가 요청한 서비스를 제공한다. 지능망 서비스 제어가 필요 없을 경우 교환기는 자신이 보유한 기본적인 호 처리 절차에 따라 호를 진행하게 된다. 이 교환기 내에 지능망 서비스 및 비 지능망 서비스의 기본 호 처리 기능을 공통으로 처리할 수 있는 개념 모델을 기본 호 상태 모델(BCSM: Basic Call State Model)이라고 한다<sup>[1]</sup>.

광대역 지능망 구조에서는 서비스 노드의 응용 제어(AC: Application Control)부를 지능망에서의 서비스 교환 기능(SSF: Service Switching Function)에 매핑시켜 지능망의 호 제어 능력을 광대역 망으로 확장시킨다<sup>[2]</sup>. 따라서 기존의 호 모델은

B-ISDN에서의 멀티미디어 서비스를 제어할 수 있도록 광대역 지능망 구조에 적합하게 변환하여 적용되어야 한다. 그러므로 호 모델은 광대역 지능망 구조를 연구하는데 있어서 가장 중요한 분야라 할 수 있다.

이러한 호 모델 설계 시 광대역 지능망 구조에서는 기존의 지능망과는 달리 B-ISDN을 지원하기 위하여 다음의 사항들을 고려하여야 한다.

- 다중 파티, 비대칭 연결 등의 연결 형태를 수용해야 한다.
- 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 다중 가상 채널(VC)들 각각에 대한 독립적인 제어가 가능해야 한다.
- VC 파라미터들의 동적 수정이 용이해야 한다.
- 사용자와 정보 제공자들의 다양한 터미널간의 원활한 인터페이스를 보장해야 한다.

호 모델은 분산형(Distributed) 호 모델과 집중형(Centralized) 호 모델로 구분할 수 있다. 분산형 호 모델은 발신측과 착신측으로 나누어 호 처리를 한다. 집중형 호 모델은 SCSM(Session Control State Model)과 같이 발착신을 구분하지 않고 하나의 상태 모델로써 전체적인 호 흐름을 관장하는 모델이다<sup>[2]</sup>.

광대역 지능망 구조를 위한 호 모델은 기존 지능망의 BCSM에서 사용하던 호 처리점(PIC: Point In Call)과 감지점(DP: Detection Point), 그리고 이벤트에 의한 트랜잭션 등의 개념을 그대로 이용한다. 통합된 광대역 구조에서는 B-ISDN 신호방식에 맞게 기존의 호 제어 모델이 변경되어야 한다. 이러한 구조에서의 호 모델에 대한 연구가 세계적으로 진행되고 있다<sup>[3-6]</sup>.

본 논문에서는 광대역 지능망 구조에서의 호 모델을 기반으로한 멀티미디어 서비스를 모델링하고 검증하기 위하여<sup>[7]</sup>, 먼저 호 모델에 대하여 분석 기술하고 모델링 및 검증을 수행하였다. 본 논문의 나머지 구성은 다음과 같다. II장에서 광대역 지능망 구조 기술을 위하여, B-ISDN에서의 멀티미디어 서비스를 위한 망 능력과 광대역 서비스 교환기 기능 모델에 대해 기술하고, III장에서는 분산형 호 모델, IV장에서는 집중형 호 모델에 대해 기술하고, V장에서는 III, IV장에서 제시한 호 모델을 페트리 넷으로 모델링하고 검증한 결과를 기술하였다. 마지막

으로, 제 VI장에서 요약과 결론으로 본 논문의 끝을 맺는다.

## II. 광대역 지능망 구조

멀티미디어 정보를 보다 효율적으로 처리하기 위해서 우선적으로 B-ISDN 기술을 차세대 지능망의 구조에 접목한 광대역 지능망(B-IN : Broadband-IN)에 대한 개발이 수행되어야 하며, 이에 따라 멀티미디어 지능망 서비스를 제공하는 광대역 지능형 정보제공 시스템(IP: Intelligent Peripheral)과 광대역 교환기에 대한 연구 또한 계속될 필요가 있다. 본 장에서는 현재 권고되어 지고 있는 광대역 지능망 구조에 대해 기술한다.

### 1. 멀티미디어 서비스를 위한 망 능력

광대역 지능망에서 제공되는 서비스의 종류는 VOD, 비디오 회의, 비디오 전화, 텔레 쇼핑(tele-shopping), 홈뱅킹 등이 있으며, 이들 서비스는 다중 패터, 다중 연결과 같은 다양한 접속 방식이 지원되어야 가능한 서비스이다<sup>[2]</sup>.

멀티미디어 서비스를 지원하기 위하여 B-ISDN CS-2 신호 방식은 점대 다중점 연결, 다중 연결, 호 설정 시 대역협상, 비대칭 대역폭 확보, 통신 중 대역폭 변경, Look-Ahead 절차 등의 호/연결 특징을 가진다. 여기서 Look-Ahead 절차는 실제 연결 설정 전에 연결의 가용 여부 및 상태를 파악하여 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 절차로써, B-ISDN CS-2 신호 방식의 특징이다.

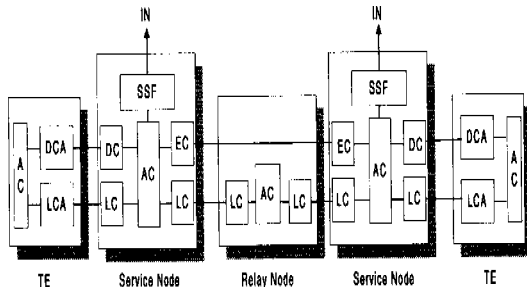


그림 1. B-ISDN CS-2 기능 모델

그림 1은 B-ISDN의 CS-2 제어 평면 기능 모델을 보여준다<sup>[8,9]</sup>. 그림 1에서 LC(Link Control)는 Link-to-Link 연결 제어를, DC(enD Control)는 End-to-End, EC(Edge Control)는 Edge-to-Edge 호 제어를 수행하고, 점 대 다중점 연결을 지원한다.

이때 Look-Ahead 절차에 의하여 분리된 호/연결 프로토콜을 이용하여 호 설정이나 패터 추가를 위한 호 처리 시에 단말이나 망간 연결 채널의 상호적 합성을 실제 연결 설정 전에 조사함으로써 망 자원을 효율적으로 사용할 수 있다. 응용 제어(AC: Application Control) 기능 요소는 LC, DC, EC에서 수행하는 호/연결 설정을 위한 전반적인 제어를 담당한다. 또한 응용 제어 기능 요소는 지능망 요소인 서비스 교환 기능(SSF)을 통하여 상위 지능망과의 인터페이스 기능을 수행함으로써 지능망과 광대역 망의 통합이 가능해진다.

### 2. 광대역 서비스 교환기 기능 모델

지능망과 광대역 망을 통합시킬 때의 기능 모델은 Q.1224의 AIN(Advanced IN) 분산 기능 평면 모델을 기본으로 한다<sup>[10]</sup>. 서비스 제어 기능, 특수 자원 기능 및 서비스 데이터 기능 등의 상위 망 노드들은 서비스 영역으로 구분하여 기존의 지능망 권고를 따르고 호 제어 기능부분과 서비스 교환 기능 부분을 다시 호 제어 영역과 연결 제어 영역으로 구분하여 B-ISDN 기능을 포함하는 구조로 확장시킨다. 여기서, 서비스 교환 기능은 서비스 교환기(SSP)의 주요 기능인 호/연결 제어를 담당하고 지능망 서비스 로직을 활성화시키기 위해 서비스 제어 기능과의 인터페이스를 가진다. 그림 2는 광대역 지능망 통합 기능 모델의 한 예를 보여준다.



그림 2. 광대역 서비스 교환기 기능 모델

B-ISDN에서는 하나의 호 안에서 점대점 또는 점대다중점과 같은 다양한 형태의 연결을 설정하고 해제할 수 있으며 연결 채널에 정의된 파라미터 값들을 변경할 수 있다<sup>[2]</sup>. 이를 위하여 B-ISDN에서는 서비스 노드 내에 응용 제어(AC) 파트를 두어 호와 연결을 분리 제어하도록 하고 있다(그림 2 참조).

서비스 노드내의 AC 기능 요소는 다음과 같은 역할을 한다.

- LC, DC, EC에서 수행하는 호/연결 상태를 관리하고
- 호/연결 설정을 위한 전반적인 제어를 담당하며,
- B-IN 요소인 서비스 교환 기능(SSF)을 통하여 상위 지능망과의 인터페이스 기능을 수행함으로써 지능망과 B-ISDN의 통합이 가능하도록 한다.

그림 2의 광대역 서비스 교환기(B-SSP)는 B-ISDN 신호 요구를 충족시킬 수 있는 서비스 노드의 기능을 포함하도록 설계되어야 한다. 서비스 교환기(SSP)의 서비스 교환 기능(SSF)과 호 제어 기능(CCF)이 B-ISDN 서비스 노드의 응용 제어(AC) 기능 요소 부분으로 매핑될 수 있다. 이때 서비스 교환기는 B-ISDN 신호 요구를 충족시킬 수 있는 서비스 노드의 기능을 포함하도록 설계되어야 하며 이를 광대역 서비스 교환기(B-SSP: Broadband SSP)라 한다.

### III. 분산형 호 모델

본 장에서는 광대역 지능망을 지원하기 위한 분산형 호 모델을 기술한다<sup>[11],[12]</sup>. 분산형 호 모델은 발신측과 착신측으로 나누어 호를 처리하며, 하나의 호가 하나의 연결 설정을 의미한다. 광대역 망에서는 하나의 호에 다수의 연결을 설정할 수 있다. 분산형 호 모델의 경우 다중점 연결을 지원하기 위해서는 각 연결마다의 기본 호 상태 모델 생성을 요구한다. 광대역 망의 서비스 노드내의 응용 제어(AC) 기능 요소는 호와 연결을 분리하여 제어한다.

따라서 광대역 지능망 구조에서의 분산형 호 모델 또한 호를 제어하는 Edge 레벨의 기본 호 상태 모델과 연결을 제어하는 Link 레벨의 기본 호 상태 모델로 두 가지 레벨에서의 기본 호 상태모델이 필요하다. 본 장에서는 Edge 레벨과 Link 레벨에서의 발착신측 기본 호 상태 모델에 대해 기술한다.

#### 1. Edge 레벨의 호 모델

분산형 호 모델의 Edge 레벨은 발착신측 사이의 호 제어를 담당하며, 발신측과 착신측 기본 호 모델로 나누어진다.

##### 1-1. Edge 레벨의 발신측 기본 호 상태 모델

그림 3은 Edge 레벨에서의 발신측 기본 호 상태

모델을 보여주고 있다. Edge 레벨의 발신측 기본 호 상태 모델은 발신측 사용자의 요구에 따라 지능망 호 처리 제어를 시작한다. 그림 3의 상태모델에서 사용자의 광대역 지능망 구조에서의 서비스 요구를 감지하는 부분은 Origination\_Attempt 감지점이며, 상태모델은 O\_Null 상태에서 Authorize\_Origination\_Attempt 상태로 진행되어 광대역 지능망 구조에서의 호 처리를 진행하게 된다.

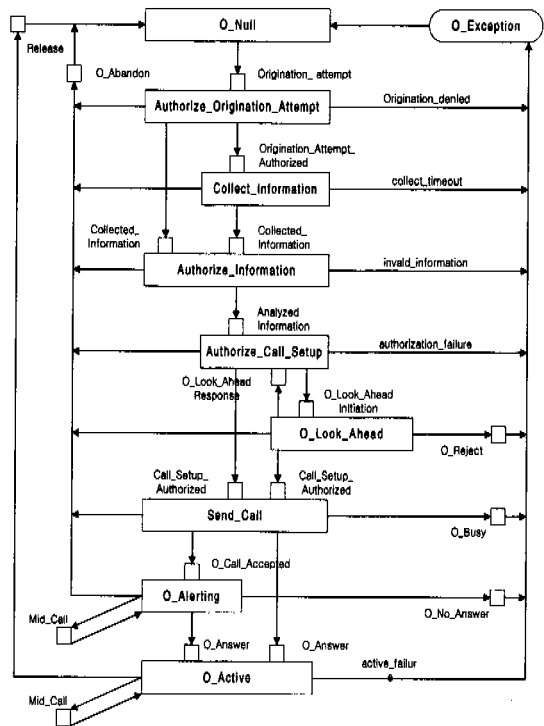


그림 3. Edge 레벨에서의 발신측 기본 호 상태 모델

그림 3에서 직사각형은 호 처리점을 나타내며 정사각형은 지능망 감지점을 나타낸다.

표 1에 그림 3에서의 호 처리점의 동작 상태를 기술하였다.

##### 1-2. Edge 레벨의 착신측 기본 호 상태 모델

그림 4는 Edge 레벨에서의 착신측 기본 호 상태 모델을 나타내고 있다. 착신측 모델에서는 발신측으로부터의 호 요구에 의해 T\_Null 상태에서 Authorize\_Termination\_Attempt 상태로 전이하게 된다. 이때 발신측으로부터의 호 요구를 감지하는 감지점은 Termination\_Attempt 감지점이다.

표 1. Edge 레벨에서의 발신측 기본 호 상태 모델의 호 처리점

호 처리점	동작 상태
O_Null	어떠한 Edge관계도 존재하지 않는 상태이며, 이용자의 지능망 요청에 의해 다음의 Authorize_Origination_Attempt 단계로 진행된다.
Authorize_Origination_Attempt	서비스 프로파일정보를 사용하여 지능망 처리를 요구한 이용자의 이용가능여부를 판단하는 지점이다. 허가되지 않은 이용자의 요구는 예외 처리되어진다.
Collect_Information	이용자의 이용 가능 여부가 확인된 후 발신측으로부터 정보를 수집하는 단계이다.
Analyze_Information	발신측으로부터 수집된 정보를 분석하는 단계이다.
Authorize_Call_Setup	Edge 관계를 설정하기 위해 발신측의 권한이 검증되어 지는 단계이다.
O_Look_Ahead	착신측 교환기로 Look Ahead 절차를 수행하도록 메시지를 전송한다. 그 후 발신측에서는 착신측으로부터의 Look Ahead 응답(ready 혹은 cancel)을 기다린다.
Send_Call	이용자의 권한이 인증되고, Look Ahead 절차에 의해 착신측으로부터 ready응답을 받은 후 발신측에서는 호 설정을 원한다는 메시지를 착신측으로 전송한다.
O_Alerting	착신측으로 부터의 응답을 기다린다.
O_Active	발신측과 착신측 사이에 Edge 관계가 설정되어진다.
O_Exception	앞에서 설명한 호 처리점 중 O_Null을 제외한 호 처리점으로부터 예외 상황이 발생했을 경우 O_Exception 상태가 된다.

표 2. Edge레벨에서의 착신측 기본 호 상태 모델의 호 처리점

호 처리점	동작 상태
T_Null	착신측과의 선로가 유휴상태임을 나타낸다.
T_Look_Ahead	착신측이 사용가능한지를 검사하는 단계이다.
Authorise_Termination_Attempt	착신측 접근에 대한 권한을 검사하는 단계이다. 착신측 사용자(또는 장치)에 대한 권한이 거부되면 Termination_Denied상태가 되어 T_Exception상태로 전환된다.
Present_Call	착신측 사용자(또는 장치)에게 발신측으로부터 호요청이 있음을 통보한다.
T_Alerting	착신측으로부터 호 요청에 대한 응답을 기다리는 단계이다.
T_Active	발신측과 착신측 사이의 호가 설정된 단계이다.
T_Exception	T_Null을 제외한 다른 호 처리점에서 예외 상황이 발생했을 경우 T_Exception상태로 전환된다.

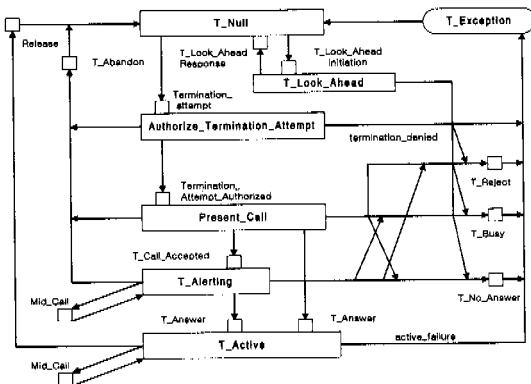


그림 4. Edge 레벨에서의 착신측 기본 호 상태 모델

## 2. Link 레벨의 호 모델

본 절에서는 Link 레벨에서의 발착신측 기본 호 상태 모델에 대해 설명한다. Link 레벨은 발신측과 착신측 사이의 연결 제어를 담당한다.

### 2-1. Link 레벨에서의 발신측 기본 호 상태 모델

그림 5는 Link 레벨에서의 발신측 기본 호 상태 모델을 보여주고 있다. Edge 레벨에서와 유사하게 Link 레벨에서도 발신측에서의 연결 요구(감지점: Bearer\_Origination\_Attempt)에 따라 Link 레벨의 발신측 기본 호 상태 모델이 O\_Bearer\_Null 상태에서 다음 단계인 Authorize\_Origination\_Attempt로

표 3. Link 레벨에서의 발신측 기본 호 상태 모델의 호 처리점

호 처리점	동작 상태
O_Bearer_Null	어떠한 연결도 설정되어 있지 않은 단계이다. 즉, 연결 회선이 유휴 상태라고 말할 수 있다.
O_Authorize_Bearer_Attempt	이용자의 연결 요청이 도착하면 (Bearer_Origination_Attempt) 서비스 프로파일을 이용해 발신측 이용자의 이용권한을 검사하는 단계이다.
Collect_Bearer_Information	이용자의 이용권한이 검사된 후 발신측으로부터 베어러 정보를 수집한다.
Analyse_Bearer_Information	발신측 사용자로부터 수집되어진 정보를 분석하는 단계이다.
Select_Route	분석되어진 정보를 통해 얻어진 경로와 연결 형태를 해석한 후 경로를 선택하는 단계이다.
Bearer_Setup	Bearer 설정이 시작되어 지는 단계이며, 연결 상의 다음 중계노드와의 상호 작용이 수행되어 진다. 점 대 점, 점 대 다중 점 방식에 따라 각각 다른 연결 절차를 가진다.
Bearer_Active	Bearer_Setup이 정상적으로 진행되어 연결이 설정되어 지면 Bearer_Active 상태로 전이된다.
Suspend	Bearer_Active 상태에서 착신측의 사용자(또는 장치)로부터 연결이 끊어진 경우에 Suspend상태로 전이된다. 이 단계에서 착신측 기본 호 상태 모델로부터 재 연결 메시지를 수신하면 다시 Bearer_Active 상태로 전이된다.
Bearer_Modify	Bearer_Active 상태에서 사용자의 요구에 의해 연결 설정 상태를 수정하는 단계이다. 수정이 불가능하거나 또는 요구가 받아들여져 수정이 완료되었을 경우 모두 Bearer_Active 상태로 전이된다.
O_Bearer_Exception	O_Bearer_Null을 제외한 다른 호 처리점에서 예외 상황이 발생할 경우 O_Bearer_Exception으로 전이된다.

진행되게 된다.

그림 5에서의 각 호 처리점에서의 동작과 상태에 대한 간략한 설명이 표 3에 기술되어 있다

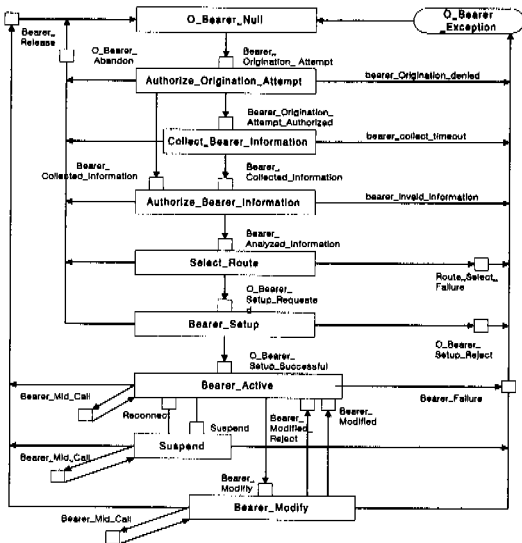


그림 5. Link 레벨에서의 발신측 기본 호 상태 모델

2-2. Link 레벨에서의 착신측 기본 호 상태 모델

그림 6은 Link 레벨에서의 착신측 기본 호 상태 모델을 나타낸다. Link 레벨의 착신측 상태 모델은 발신측의 연결 요구가 착신측에 전달(Bearer\_

Termination\_Attempt)됨에 따라 T\_Bearer\_Null 상태에서 T\_Authorize\_Bearer\_Attempt 상태로 전이된다. 그림 9에서의 각 호 처리점의 동작과 상태에 대한 설명은 표 4에서 기술되어있다.

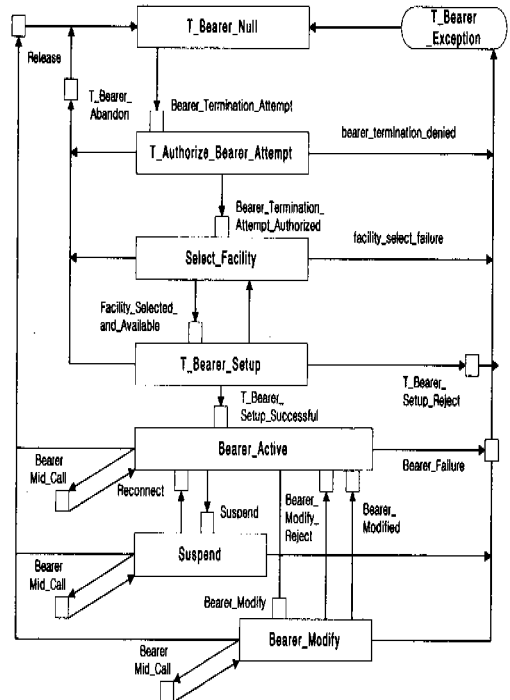


그림 6. Link 레벨에서의 착신측 기본 호 상태 모델

표 4. Link 레벨에서의 착신측 기본 호 상태 모델의 호 처리점

호 처리점	동작 상태
T_Bearer_Null	착신측 사용자(또는 장치)에 대한 인터페이스가 유틸 상태임을 나타내며, 이는 발신측과의 연결이 존재하지 않는다는 것을 나타낸다.
T_Authorise_Bearer_Attempt	착신측 접근에 대한 권한을 검증하는 단계이다.
Select_Facility	교환기로부터 수신된 메시지를 분석하여 착신측 선로와 장치를 할당하여 연결이 제공되어 질 수 있는지 결정하기 위해 검사하는 단계이다.
T_Bearer_Setup	착신측과의 연결 설정을 시작하는 단계로 착신측으로부터 연결설정에 대한 요청을 기다리며, 요청이 도착하면 이를 분석한 후 발신측 교환기로 ready 또는 cancel 메시지를 전송한다. ready 메시지를 전송한 경우 발신측 교환기로부터 연결이 허가되었다는 메시지를 기다린다.
Bearer_Active	T_Bearer_Setup 과정이 성공적으로 완료되어 연결이 설정된 상태를 나타낸다.
Suspend	연결 상태가 유지되는 도중 착신측 사용자(또는 장치)로부터의 연결이 끊어지게 되면 Suspend 상태로 전이되어진다. 재접속 통보가 수신되면 발신측과 착신측은 재연결되어지지만 그렇지 않은 경우 연결을 해제하는 Bearer_Release 감지점으로 이동하여 연결이 해제되어진다.
Bearer_Modify	발신측 교환기로부터 연결을 수정하고자 하는 요구 통보를 수신하였을 경우 착신측 선로에 대한 연결 설정을 수정하는 단계이다. 수정이 불가능하거나 또는 요구가 받아들여져 수정이 완료되었을 경우 모두 Bearer_Active 상태로 전이된다.
T_Bearer_Exception	T_Bearer_Null이외의 호 처리점에서 예외 상황이 발생하였을 경우 T_Bearer_Exception 상태로 전이된다.

IV. 집중형 호 모델

한 호에 다수 개의 연결을 지원하는 세션을 관리하기 위해 분산형 호 모델에서는 BCSM이 연결 수만큼 필요한 반면, 집중형 호 모델에서는 이를 세션으로 관리하는 세션제어 모델이 하나만 존재하면 된다. 본 장에서는 집중형 호 모델의 기본 모델인 SCSM, RCM, BCM구조에 대하여 기술한다<sup>[2]</sup>.

SCSM은 동작 중 재설정 요구에 따라 호 진행 중에 연결을 설정할 수 있다. 또한 Look-Ahead 절차 요구 및 재설정 Look-Ahead 절차 요구를 이용하여 실제 세션 설정 또는 추가 연결이 설정되기 전에 Look-Ahead 절차를 수행하며, 발착신 상태관리를 일원화하여 호 진행상태를 표현한다.

연결 쪽의 상태 모델로는 BCM과 RCM을 정의하고 있다. BCM은 연결을 설정하거나 이미 설정된 연결의 관련 파라미터의 수정 및 해제 등의 실질적인 채널의 상태 관리를 담당하는 부분으로 RCM과 인터페이스를 가지는 모델이다. RCM은 하나의 SCSM마다 생성되어 호가 완전히 해제될 때까지 유지되고 연결 조정 상태에서의 연결의 추가, 삭제, 갱신 등의 지시를 받아 BCM에 특정 요구를 전달한다.

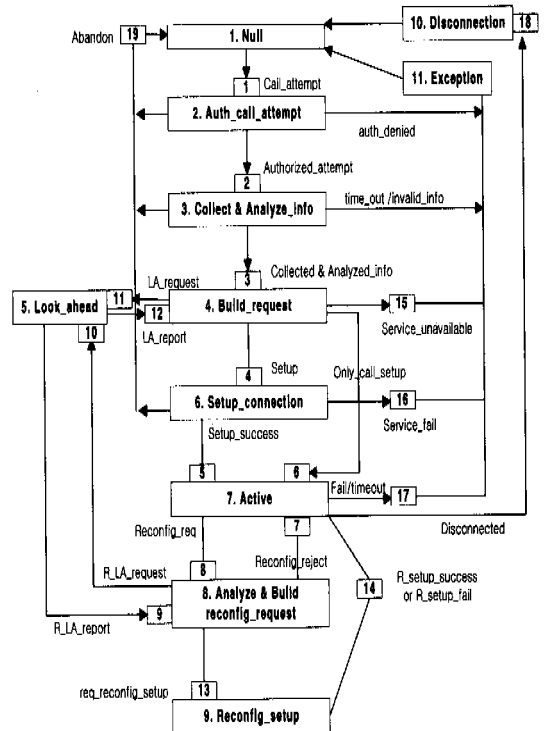


그림 7. SCSM(Session Control State Model)

표 5. SCSM의 호 처리점

호 처리점	동작 상태
Null	유휴상태
Authorize_call_Attempt	사용자 단말로부터 서비스 요구 메시지를 수신하면 사용자의 서비스 접근 권한을 검사
Collect&Analyze_Information	초기 정보를 수집하여 검사를 하고 현재 서비스 노드에서 제공이 가능한 서비스인지를 확인. 성공적으로 검사가 끝나면 Collect & Analyzed_Info감지점이 트리거되며, 감지점 처리에 의하여 수집된 정보를 가지고 서비스 제어점으로 특정 서비스 로직 구동을 요구하는 메시지 송신
Build_Request	SCP로부터 연결될 수 있다는 메시지를 수신하면 Build_Request 상태로 천이. 특정 주소로의 라우팅을 위한 Look Ahead수행준비
Look_Ahead	Look Ahead는 B-ISDN CS-2에서 요구되는 능력으로서 망 자원을 보호하는 측면에서 실제 호의 성립 또는 파터추가를 하기 위해 망의 자원할당능력을 확인하는 절차
Setup_Connection	Look Ahead 절차가 성공적으로 끝나면 Setup_Connection상태에서 RCM하나를 생성하고 RCM은 연결 설정을 위한 BCM하나를 할당하여 실질적인 연결과정이 진행
Active	연결이 완료되어 통화 혹은 특정 서비스가 진행되는 상태
Analyze&Build_reconfigure_request	하나의 호가 설정되어 있는 상태에서 새로운 배어러 채널이나 파터의 추가 또는 삭제등의 요구가 망 또는 사용자로부터 들어오면 진행되는 PIC로 서비스 요구를 분석하여 유효하지 않으면 Active 상태로 가고 요구가 유효한 새로운 설정 요구일 때는 LA상태로 천이하여 망 자원을 검사
Reconfigure_Setup	RCM 지시에 의하여 BCM에서 실질적인 채널의 연결, 해제 또는 변경 등의 작업이 수행
Disconnect	사용자가 호를 끝내거나 망에서 호를 해제하고자 할 때 할당된 자원을 정상적으로 제거하고 Idle상태로 전이
Exception	호 진행 중 예외상황이 발생한 경우 호에 관련된 자원을 해제하고 다시 Null 상태로 전이한다.

1. SCSM(Session Control State Model)  
SCSM은 발착신을 구분하지 않고 하나의 상태모델로써 전체적인 호 흐름을 관장하는 모델로 동적으로 할당되는 배어러 채널들의 관리가 용이하고, 발착신 측 구분이 명확하지 않은 호의 상태를 하나의 모델로써 감지할 수 있는 모델이다(그림 7 참조). 또한 다중 파터와 같이 발착신측 구분이 명확하지 않은 호의 상태를 하나의 모델로써 모니터링할 수 있는 모델이다<sup>[2,13]</sup>. 표 5는 각 호 처리점에 대한 기술이다.

Connection PIC상태에서 하나의 RCM이 생성되어 Null상태에서 Connection\_Coordination상태로 천이된다. 표 6은 RCM의 각 호 처리점에 대한 설명이다.

표 6. RCM의 호 처리점

호 처리점	동작 상태
Null	유휴상태
Connection_Coordination	SCSM에서 전달되는 메시지에 따라 연결 추가, 연결삭제, 연결 수정 단계로 진행

2. RCM(Resource Control Model)

RCM은 하나의 SCSM마다 생성되어 호가 완전히 해제될 때까지 유지된다. 이는 SCSM으로부터 전달되는 지시에 따라 BCM에 특정요구를 전달하는 자원관리 모델이다(그림 8 참조). SCSM의 Setup\_

3. BCM(Bearer Control Model)

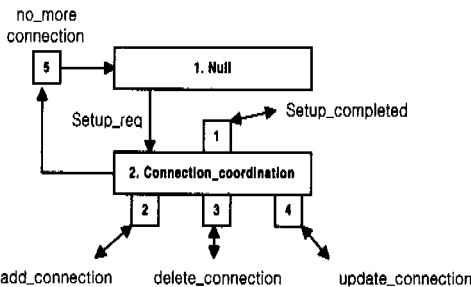


그림 8. RCM(Resource Control Model)

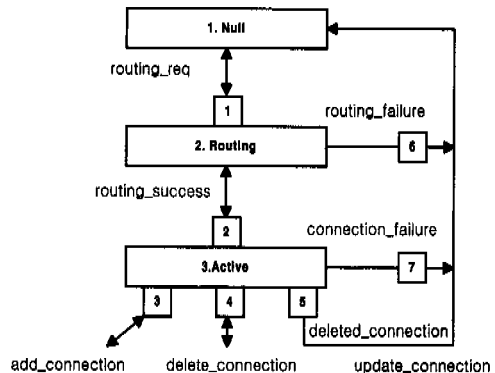


그림 9. BCM(Bearer Control Model)



BCM은 RCM에서의 연결 추가 지시를 받아 하나의 연결 설정마다 생성되어 진다. 연결을 설정하거나 이미 설정된 연결의 관련 파라미터의 수정 및 해제 등의 실질적인 채널의 상태관리를 담당하는 부분으로 RCM과 상호작용을 가진다(그림 9 참조).

표 7은 BCM의 각 호 처리점에 대한 설명이다.

표 7. BCM의 PIC

호 처리점	동작 상태
Null	유휴상태
Routing	라우팅 요구에 따른 물리적인 라우팅 설정을 하는 과정
Active	연결이 이루어진 상태

### V. 호 모델의 모델링 및 검증

기능망의 모든 서비스는 기본 호 처리를 기반으로 기술되어짐으로 멀티미디어 서비스를 모델링하기 위해 기본 호 처리 모델을 모델링하는 작업이 선행되어야 한다. 본 논문에서는 분산형 호 모델의 발신측 기본 호 상태 모델과 착신측 기본 호 상태 모델간의 상호 작용을 중심으로 모델링 하였다. 집중형 호 모델에서는 SCSM 모델을 기본으로 모델링 하였다.

#### 1. 페트리 넷(Petri Net)

페트리 넷은 성능평가, 통신 프로토콜 분야에서 가장 많이 응용되어 지고 있으며, 이 밖에 이산 사건 시스템, 멀티프로세서 메모리 시스템, 컴파일러와 운영체제, 사무 정보 시스템, 신경망 등 많은 분야에 걸쳐 폭 넓게 사용되어 지고 있다<sup>[14]</sup>. 페트리 넷은 그래픽한 특성을 가지므로 모델을 쉽게 이해할 수 있으며 개체들의 상태를 파악하기 쉽고 다양한 분석 기법들이 존재한다는 장점을 가지고 있다. 페트리 넷은 일반적으로 입력과 출력을 나타내는 플레이스(place)와 이들의 상태를 변화시키는 트랜지션(transition), 플레이스와 트랜지션을 연결하는 아크(arc)로 구성되어 있다. 페트리 넷을 그래픽적으로 표현하기 위해 플레이스는 원(circle)으로, 트랜지션은 막대(bar)로 나타내며, 아크는 입력과 출력을 나타내기 위한 방향성을 가지고 있다. 일반적으로 플레이스는 조건, 상태, 데이터를 표현할 수 있고, 트랜지션은 동작, 또는 사건을 표현한다. 각 플레이스에는 토큰(token)이라는 방향성 정점이 하나 이상

존재할 수 있으며, 특별한 경우 하나도 존재하지 않는 상태도 생성 될 수 있다. 토큰을 가진 이러한 페트리 넷을 특별히 “marked Petri Net”이라 부른다.

페트리 넷의 실행은 플레이스내의 토큰의 위치와 이동에 의해 제어된다. 일반적으로 다음과 같은 규칙에 의하여 순차적으로 실행된다.

- 1) 각 트랜지션은 최소한 하나 이상의 토큰을 통하여 점화 가능 상태(Enable), 점화 상태(Firing) 상태에 있을 수 있다.
- 2) 점화 가능 상태란 트랜지션의 입력 플레이스에 토큰이 존재하는 상태며, 점화 상태란 트랜지션의 입력 플레이스에 있던 토큰이 출력 플레이스로 이동되는 것을 나타낸다.
- 3) 점화 가능 상태에서 직접 점화되지는 않는다. 즉 출력 플레이스의 상태에 의하여 점화가 결정된다.

위에서 설명한 규칙을 다음과 같이 그림 10으로 설명할 수 있다.

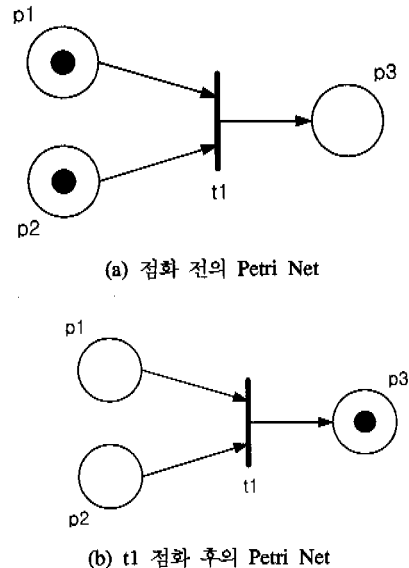


그림 10. 페트리 넷의 실행 순서

그림 10에서 페트리 넷은 세 개의 플레이스와 한 개의 트랜지션으로 구성되어 있다. 그림 (a)에서 p1과 p2는 t1에 대한 입력 플레이스이며 t1은 두 개의 입력 플레이스 모두가 토큰을 가지고 있으므로 점화 가능 상태라고 말한다. 그림 (b)는 점화가 일어난 상태로 점화에 의해 토큰이 출력 플레이스로

이동한 상태를 나타내고 있다. 페트리 넷의 상태는 토큰의 상태인 마킹(marking)으로 분석할 수 있다.

## 2. 분산형 호 모델 모델링

분산형 호 모델에 멀티미디어 서비스를 적용하기 위해서 호와 연결에 따른 두 가지 레벨 즉, Edge 레벨과 Link 레벨에서의 호 모델을 각각 모델링하여야 한다. Edge 레벨과 Link 레벨의 모델링을 하는데 있어서 호 또는 베어러 연결 중의 사용자의 해제 요구 등과 같은 예외 상황은 모두 초기 상태(idle)로 전이하므로 모델의 복잡성을 피하기 위해 고려하지 않았으며, 호 또는 베어러 연결이 활성화된 상태에서 사용자의 수정 요구(Modify)와 해제 요구(Release)만을 고려하여 모델링하였다.

### 2-1. Edge 레벨 모델링

그림 11은 Edge 레벨의 기본 호 상태 모델을 페트리 넷으로 표현한 모델이다. Edge 레벨의 호 모델을 모델링하기 위해 발신측과 착신측간의 상호작용을 분석하였다. 그림 11의 왼쪽 부분은 발신측의 상태와 동작을 나타내며, 중간 부분은 발신측에서 착신측으로 보내는 메시지를 나타내며, 오른쪽은 착신측 상태와 동작을 나타낸다. 그림 11에서 Call\_Request, Tomsg등과 같이 레이블로 표현되어 트랜지션으로 입력되는 부분은 사용자 혹은 망에서의 요구사항을 나타낸다. 레이블로 표현된 입력이 있는 트랜지션은 요구사항이 있을 경우만 점화될 수 있다.

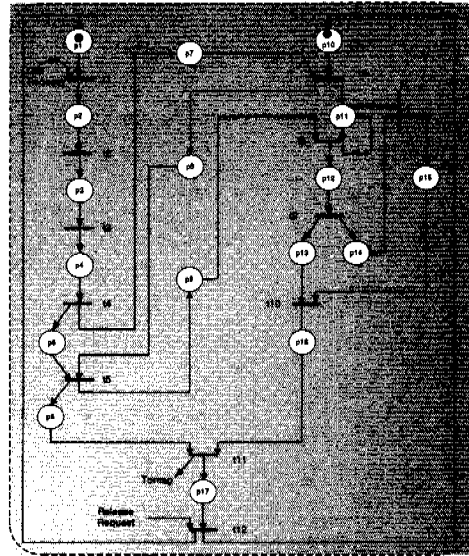


그림 11. Edge 레벨의 페트리 넷

표 5는 그림 11에서의 플레이스와 트랜지션의 상태를 묘사하고 있다.

### 2-2. Link 레벨 모델링

그림 12는 Link 레벨에서의 기본 호 상태 모델을 모델링한 것으로 Edge 레벨의 페트리 넷에서와 같이 그림 12의 오른쪽은 발신측의 상태와 동작을 나타내며, 중간 부분은 발신측에서 착신측으로 전송하는 메시지를, 오른쪽 부분은 착신측의 상태와 동작

표 5. Edge 레벨 Petri Net의 상태와 동작

플레이스	상태	트랜지션	동작
p1	발신측 유휴상태	t1	권한확인 및 정보수집
p2	사용자 권한 확인	t2	정보분석
p3	발신측 정보 분석	t3	호 인증
p4	Look_Ahead 절차	t4	Look_Ahead 메시지 전송
p5	대기	t5	호요구 전송
p6	Alerting상태	t6	Look_Ahead
p7	Look_Ahead 요구 메시지	t7	메시지 처리
p8	Look_Ahead 확인 메시지	t8	호접근 권한 확인
p9	호요구 메시지	t9	메시지 전송
p10	착신측 유휴상태	t10	착신측에 통보
p11	착신측 사용가능	t11	호 설정 절차 완료
p12	착신측 권한 확인	t12	호 해제
p13	대기		
p14	호 메시지		
p15	착신측 호 가능 메시지		
p16	ready 메시지		
p17	Edge 관계 설정상태		

을 나타낸다. 또한 레이블로 표현된 입력이 있는 트랜지션은 요구사항이 있을 경우만 점화될 수 있다.

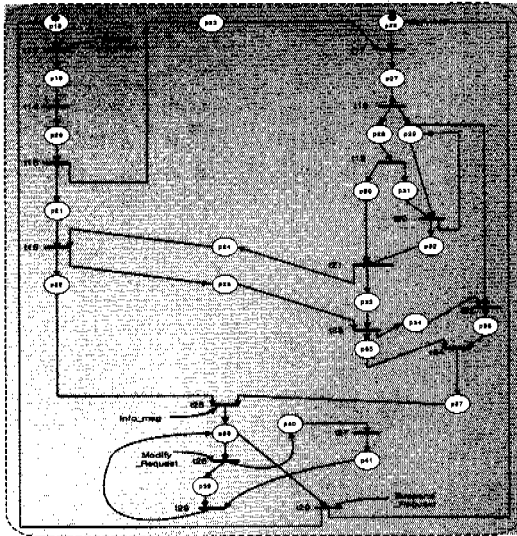


그림 12 Link 레벨의 Petri Net

표 6은 그림 12에서의 플레이스와 트랜지션을 설명한다.

### 3. 집중형 호 모델 모델링

집중형 호 모델은 SCSSM 모델을 기본으로 모델링하였다. SCSSM은 기본 호 상태 모델과 같이 지능망 서비스 로직 인스턴스의 발동을 주도하거나 지능망 로직 인스턴스를 활성화시키기 위하여 보고하여야 하는 접속이벤트(감지지점, 제어 전달지점)를 기술하기 위한 기본 체계를 제공한다<sup>[2]</sup>.

그림 13은 페트리 넷을 이용하여 SCSSM을 중심으로 한 모델링을 보여주고 있다. 그림 13에서 place는 SCSSM과 SCSSM마다 생성되는 RCM과 BCM의 상태를 나타내며, transition는 SCSSM, RCM, BCM의 동작을 나타낸다. 또한 집중형 호 모델에는 착신측과 발신측이 분명히 드러나지 않으므로 분산형 호 모델과 비교해 볼 때 모델의 이해가 어렵다. 따라서 모델의 이해를 위해 서비스 이용자의 동작을 모델링에 추가하였다.

표 6. Link레벨 Petri Net의 상태

플레이스	상태	트랜지션	동작
p18	발신측 연결 유희상태	t13	인증과 메시지 분석
p19	사용자 권한 확인	t14	경로 선택
p20	경로 설정	t15	베어러 연결 메시지
p21	대기	t16	연결허가 검사
p22	대기	t17	인증
p23	베어러 연결 메시지	t18	착신측 장비 선택
p24	완료메시지	t19	연결설정개시
p25	허가 메시지	t20	전송메시지 처리
p26	착신측 베어러 유희상태	t21	메시지 전송
p27	착신측 사용자 권한 검사	t22	메시지 처리
p28	장비 선택	t23	메시지 전송
p29	장비 사용가능	t24	메시지 처리
p30	대기	t25	베어러 설정 완료
p31	연결 메시지	t26	수정 메시지 수신
p32	완료 메시지	t27	베어러 수정
p33	대기	t28	결과 수신
p34	허가메시지	t29	연결 해제
p35	대기		
p36	완료메시지		
p37	베어러 준비		
p38	베어러 연결 중		
p39	대기		
p40	수정 메시지		
p41	결과 메시지		

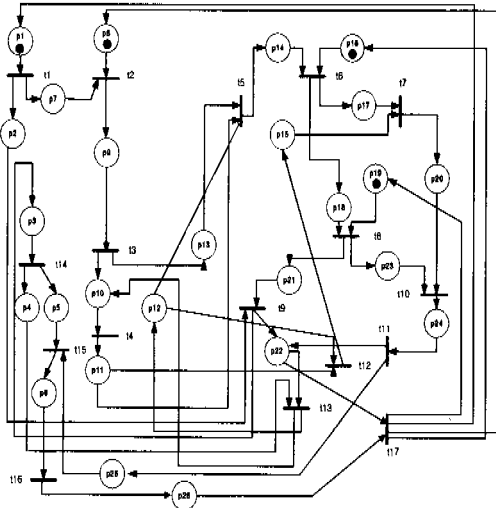


그림 13. 집중형 호 모델의 페트리 넷

본 논문에서 RCM에서의 연결수정은 고려하지 않았으며 한 호에 한 세션을 제공하는 경우만을 고

려하였고, 예외상황은 모두 초기 상태로 전이되기 때문에 호 모델의 예외상황은 이용자의 해제요구로 제한하여 모델링 하였다.

표 7은 그림 13에서의 place와 transition을 나타낸다.

#### 4. 검증

본 절에서는 본 논문에서 사용한 페트리 넷 시뮬레이터와 분산형, 집중형 호 모델을 기반으로 한 모델의 검증 결과에 대해 설명한다. 본 논문에서의 시뮬레이션 도구로는 Visual Simnet 프로그램을 사용하였다. Visual Simnet 프로그램은 다른 프로그램에 비해 사용법이 간단하며, 특히 교착상태, 안전성, 도달성 등의 분석 결과를 시뮬레이터 사용자가 쉽게 이해할 수 있도록 설계되어 있다.

그림 14는 Visual Simnet 프로그램을 사용하여 그림 3의 Edge 레벨의 페트리 넷 모델을 모델링하고, 그 분석 결과를 보여주는 그림이다.

표 7. 집중형 호 모델의 Petri Net의 상태와 동작

place	상태	transition	동작
p1	사용자 유희상태	t1	사용자 서비스 요청
p2	사용자 대기	t2	인증 및 정보 수집
p3	서비스 연결 중	t3	요청설정
p4	재설정 메시지	t4	Look_Ahead
p5	재설정 대기	t5	설정개시
p7	서비스 요청 메시지	t6	메시지 전송
p8	세션제어관리자 유희상태	t7	BCM 재설정
p9	인증 및 정보수집	t8	경로 설정
p10	Look_Ahead 준비상태	t9	연결
p11	Look_Ahead 완료	t10	재경로 설정
p12	재 설정 과정 중	t11	재연결
p13	초기설정 중	t12	재연결 개시
p14	연결 설정 메시지(RCM으로 전송되는 메시지)	t13	재설정 메시지 수신
p15	재연결설정 메시지(RCM으로 전송되는 메시지)	t14	재설정 요청
p16	RCM 유희 상태	t15	재서비스
p17	RCM 활성화 상태	t16	연결해제 요청
p18	연결 설정 메시지(BCM으로 전송되는 메시지)	t17	연결해제
p19	BCM 유희상태		
p20	재 설정 메시지(BCM으로 전송되는 메시지)		
p21	라우팅 중		
p22	서비스 중		
p23	BCM 활성화 상태		
p24	재경로 설정		
p25	재연결 메시지		
p26	해제 메시지		

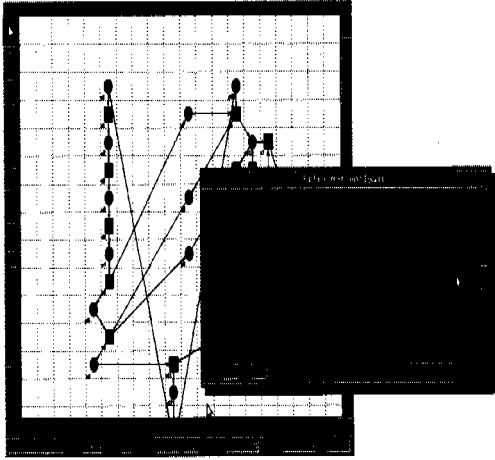


그림 14. Visual Simnet Petri Net 시뮬레이터

검증은 다음과 같은 항목을 중심으로 하였다<sup>[14]</sup>.

- 도달성(Reachability) - Petri Net의 초기 상태 M0에서 임의의 상태 M으로 변환시키는 정당한 점화순서가 존재하며 상태 M이 초기 상태 M0로부터 도달 가능하면 도달성을 가진 넷이라 한다.
- 생존성(Liveness) - 초기 상태 M0에서 정당한 점화순서에 의해서 각 천이가 모두 점화 가능하거나, 초기 상태로부터 도달 가능한 모든 상태가 1개 이상의 점화 가능한 천이를 갖는다면 이를 생존성을 지니고 있다고 한다.
- 안전성(Safeness) - 초기 상태 M0로부터 도달 가능한 모든 상태에 대하여 각 플레이스가 최대 k개의 토큰을 갖도록 정수 K가 존재하면 이 넷을 유계성을 가지고 있다고 하며, K=1일 때 이를 안전하다고 한다.
- 교착상태(Deadlock) - 한 상태에서 다른 상태로의 천이가 존재하지 않은 경우 이를 교착상태라 한다.

페트리 넷 시뮬레이션 실행의 한 예로 분산형 호 모델에 대한 에지 레벨 페트리 넷 시뮬레이션 결과를 부록에 추가하였다. 분산형 호 모델에서의 서비스 검증은 Edge 레벨과 Link 레벨의 모델을 사용하여 모델링하였기 때문에 이들을 각각 검증하였다. 분산형 호 모델의 경우 Edge 레벨의 모델은 안전성과 도달성, 무교착 상태를 모두 보장하였으며, Link 레벨의 모델은 안전성과 도달성은 모두 보장되었고, 배어러 연결이 설정된 상태, 즉 사용데이터가 전송되고 있는 상태에서 사용자의 수정(Modify)요구, 망의 해제요구(Suspend)에 따라 두 가지 상태로 천이

되는 교착상태에 빠지게 됨을 확인하였다. 이를 위해 두 가지의 요구사항이 동시에 발생하지 않는다고 가정한다면 교착상태는 발생하지 않는다. 집중형 호 모델 또한 위의 항목을 분석하여 본 결과 안정성과 도달성, 교착 상태가 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.

## VI. 결론

지능망과 B-ISDN의 통합 기술은 다가올 멀티미디어 서비스 시대를 준비하기 위한 중요한 기술 분야이다. 현재 세계적으로 추진되고 있는 B-ISDN 기반의 초고속 통신망에서 미래의 다양한 멀티미디어 서비스를 수용하기 위하여, 지능망 기반의 제어 구조가 가장 현실적인 대안으로 검토되고 있다. 이와 같은 멀티미디어 서비스는 복잡한 호 제어를 요구한다. 광대역 지능망 구조에서 대역폭에 대한 요구는 B-ISDN이 제공할 수 있으며, 호 제어와 같은 복잡한 서비스 제어는 지능망을 이용하여 효율적으로 수행할 수 있다.

본 논문에서는 광대역 지능망 구조를 지원하기 위해 연구되어지고 있는 호 모델에 대하여, 분산형과 집중형 모델로 분류하고 각각의 모델에 대하여 기술하였다. 이를 통하여 광대역 IP 호 모델에 대하여 페트리 넷의 분석 특징인 안정성, 유계성, 도달성, 교착상태를 검증하였고, 모두가 만족됨을 확인하였다.

이를 바탕으로 광대역 지능망 구조에서 제공할 수 있는 멀티미디어 서비스 중 하나인 VOD 서비스에 대하여 B-ISDN을 지원할 수 있는 지능망 호 모델을 기반으로 페트리 넷을 이용해 모델링할 수 있을 것이다. 이 내용에 대하여는 본 논문의 2부에서 기술하였다<sup>[7]</sup>.

본 논문에서 연구된 결과를 이용하여 광대역 지능망 구조에서의 멀티미디어 서비스 프로토콜 개발에 응용될 수 있으리라 판단되며, 지속적인 연구를 통하여 멀티미디어 서비스를 사용하는 데 있어서 현재 권고되고 있는 호 모델의 문제점 등을 분석할 수 있을 것이다.

또한 본 논문의 모델링은 한 호에 한 연결을 지원하는 점 대 점 연결 중심으로 모델링 되었으므로 차후 영상회의와 같은 점 대 다중점 서비스를 적용하기 위해 다중 연결/다중 파티를 지원할 수 있는 다중 연결에 관련된 모델링 연구가 계속되어져야 한다.

**참 고 문 헌**

[1] 최고봉, 김기령, 김태일, 윤병남, 지능망 기술, 홍릉과학출판사, 1996.

[2] 임희진, 조민수, 최고봉, "AIN/B-ISDN 통합을 위한 호 모델 연구," AIN'95 Workshop, pp.117-121, 경주, 1995.

[3] Takashi Mukasa, Nagao Ogino, Kouji Nakao and Yasushi Wakahara, "Proposals of Call Modeling for Intelligent Network Over Broadband ISDN", Globecom'95, pp.1265-1271, 1995.

[4] Takeo Hariu, "Study on Call Model of Advanced Intelligent Network for Controlling B-ISDN", Proc. of IN Workshop'96, pp.5.2.3, 1996.

[5] V. Carmagnola, F. Cuomo and M.Ferretti, "A layered approach for IN call modeling for the support of multimedia services in a B-ISDN environment", ICC'96, pp.952-956, 1996.

[6] L. Faglia, M. Lombari, S. Salsano, and M. Varisco, "Basic Call State Model in an integrated IN/B-ISDN architecture", IEEE IN Workshop, IN'98, pp.444-462, 1998.

[7] 전용희, 전향희, 최고봉, "광대역 지능망 구조에서 멀티미디어 서비스 모델링 및 검증: II부. 주문형 비디오 서비스에 대하여", 본 한국통신학회 논문지.

[8] Report of working party 1/11, Attachment 6.1, B-ISDN CS-2 Signaling Requirements, COM-11-R-35, DEC. 1993.

[9] ITU-T Rec. Q.1221, Introduction to Intelligent Network Capability Set 2, Sept. 1997.

[10] ITU-T Rec. Q.1224, Distributed Functional Plane for Intelligent Network CS-2, Sept. 1997.

[11] EURESCOM, Top-down Approach Applied to Multimedia Services(Deliverable 2: Validation of the integrated network architecture, call model and protocols), EURESCOM Project P607, Vol. 1: Main Reports, Jan. 1998.

[12] EURESCOM, Top-down Approach Applied to Multimedia Services(Deliverable 2: Validation of the integrated network architecture, call model and protocols), EURESCOM Project

P607, Vol. 2: Annexes, Jan. 1998.

[13] 조민수, 최고봉, "멀티미디어 서비스 시나리오를 위한 지능망의 호 모델에 관한 연구", 한국통신학회 하계학술대회 논문집, pp.523-527, 1995.

[14] James L. Peterson, "Petri Nets," Computing Surveys, Vol. 9, No. 3, pp. 223-252, Sep. 1997.

**부 록**

Visual Simnet을 이용한 시뮬레이션 결과(분산형 호 모델, 에지 레벨)

Net Size	
Places:	18
Transitions:	13
Arcs:	38

그림 A1. 네트워크 크기

그림 A1에서는 그림11에서 p11과 t8과 같이 토큰이 트랜지션을 거쳐 동일한 플레이스로 재입력되는 것을 Visual Simnet이 허용하지 않기 때문에 어떠한 역할도 가지지 않은 가상의 플레이스와 트랜지션을 t8에서 p11로 입력되는 부분에 추가하였기 때문에 페트리 넷의 크기부분에서 플레이스와 트랜지션이 실제의 페트리 넷보다 하나씩 더 추가된 숫자를 가지고 있다.

Net Analysis	
Dead Structures:	no
arcless places:	no
arcless transitions:	no
0-weight standard arcs:	no
0-weight move arcs:	no

그림 A2. 네트워크 분석

그림 A2를 통하여 교착 상태가 발생하지 않았음을 확인할 수 있다. 그림 A3은 도달성 목록을 보여준다.

Reachability List: 14  
 -----  
 marking(p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7,p8,p9,p10,p11,p12,p13,  
 p14,p15,p16,p17,p18)

- m1 = (1,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0)
- m2 = (0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0)
- m3 = (0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0)
- m4 = (0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0)
- m5 = (0,0,0,0,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0)
- m6 = (0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0)
- m7 = (0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,1,0,0,0,0,0)
- m8 = (0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1)
- m9 = (0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,1)
- m10 = (0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0)
- m11 = (0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,1,1,0,0,0)
- m12 = (0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,1,0,0)
- m13 = (0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0)
- m14 = (0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1)

그림 A3. 도달성 목록

그림 A3에서 도달성 목록은 각 마킹 상태를 나타낸다. 그림 A4는 도달성 그래프를 보여준다.

Reachability Graph: 15  
 -----

- m1 -> t1 -> m2
- m2 -> t2 -> m3
- m3 -> t3 -> m4
- m4 -> t4 -> m5
- m5 -> t6 -> m6
- m6 -> t5 -> m7
- m7 -> t8 -> m8
- m8 -> t9 -> m9
- m8 -> t13 -> m10
- m9 -> t13 -> m11
- m10 -> t9 -> m11
- m11 -> t7 -> m12
- m12 -> t10 -> m13
- m13 -> t11 -> m14
- m14 -> t12 -> m1

그림 A4. 도달성 그래프

그림 A4는 마킹 상태의 변화에 따른 페트리 넷의 동작 상태를 나타내고 있다. m14에서 초기 마킹 상태인 m1으로 이동하므로 도달성을 만족함을 알 수 있다.

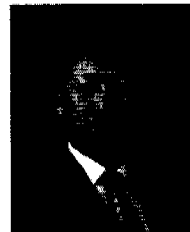
Limited Net: yes (1=save)  
 -----

- p1 yes (1=save)
- p2 yes (1=save)
- p3 yes (1=save)
- p4 yes (1=save)
- p5 yes (1=save)
- p6 yes (1=save)
- p7 yes (1=save)
- p8 yes (1=save)
- p9 yes (1=save)
- p10 yes (1=save)
- p11 yes (1=save)
- p12 yes (1=save)
- p13 yes (1=save)
- p14 yes (1=save)
- p15 yes (1=save)
- p16 yes (1=save)
- p17 yes (1=save)
- p18 yes (1=save)

그림 A5. 안정성 분석

그림 A5에서 각 플레이스의 토큰의 수가 1개를 넘지 않으므로 안전(safe)하다는 것을 확인할 수 있다.

전 용 회(Yong-Hee Jeon)



1978년: 고려대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1989년: 미국 노스캐롤라이나 주립대 대학원 Elec. and Comp. Eng. 졸업 (MS)

1992년: 미국 노스캐롤라이나주립대 대학원 Elec. and Comp. Eng. 졸업(Ph. D.)

1978년~1978년: 삼성중공업(주) 근무

1978년~1985년: 한국전력기술(주) 근무

1989년~1989년: 미국 노스캐롤라이나주립대 Dept of

Elec. and Comp. Eng. TA

1989년~1992년: 미국 노스캐롤라이나주립대 부설

CCSP(Center For Comm. & Signal

Processing) RA

1992년~1994년: 한국전자통신연구원 교환전송기술

연구소 선임연구원

1994년~현재: 대구가톨릭대학교 공과대학 컴퓨터·

정보통신공학부 학부장, 공과대학장

<주관심 분야> 초고속 통신망 프로토콜, 통신망 성능

분석, QoS 보장 기술, 고속 통신망 응용 서

비스, 통신망 보안

### 최 고 봉(Go-Bong Choi)



1980년: 경북대학교 전자공학과

졸업(공학사)

1982년: 경북대학교 대학원

전자공학과 졸업

(공학석사)

1995년: 성균관대학교 대학원

전자공학과 졸업

(공학박사)

1982년~1982년: 국방과학연구소 연구원

1983년~2000년: 한국전자통신연구원 책임연구원

(실장)

1987년~1989년: Bell Telephone/Alcatel(벨지움)

근무

2000년~현재: 블루코드 테크놀로지(주) 연구소장

<주관심 분야> 차세대 인터넷, 네트워크 보안, 지능

망 시스템, 통신소프트웨어