한국컴퓨터정보학회 동계학술대회 논문집 제20권 제1호 (2012. 1)

IPTV 시스템의 페트리넷 표현

임재걸°, 이계영*, 우진석*
°*동국대학교 컴퓨터공학과
e-mail:{yim, lky, woo}@dongguk.ac.kr

A Petri Net Representation of an IPTV System

Jaegeol Yim°, Gyeyoung Lee*, Jinseok Woo*
°*Dept. of Computer Engineering, Dongguk University

● 요 약 ●

융합 시스템의 표본으로 주목받고 있는 IPTV는 라디오 전파 방송이 아닌 인터넷을 통하여 사용자들에게 멀티미디어 콘텐츠를 제공한다. IPTV 응용 분야에는 VOD(Video On Demand) 서비스, 교육, 문화, 오락 등 다양한 양방향 응용 서비스가 포함된다. 본 연구에서는 이러한 IPTV 시스템을 페트리 넷으로 표현하고, CPNTools를 이용하여 페트리 넷을 분석함으로써 IPTV 시스템이 막힘없이 운행됨을 검증한다.

키워드: 인터넷방송(IPTV), CPNTools, 페트리넷(Petri Net)

I. 서론

근래에 들어 시스템 융합, 기술 융합, 첨단융합, IT융합 등 융합에 대한 관심이 대단히 높다. 융합의 대표적인 사례 중 하나가 방송과 통신의 융합인 IPTV로 근래에 많은 연구와 서비스가 이루어지고 있다. IPTV 서비스에 대한 정의는 전 세계적으로 매우 다양하다. ITU-T Focus Group에 의하면 'IPTV는 품질보장, 보안 및 신뢰성이 보장된 IP 망을 통하여 제공되는 텔레비전, 비디오, 오디오, 문서, 그래픽 및 데이터 서비스 등과 같은 멀티미디어 서비스'라고 하였다[1]. 최근에는 스마트 TV라는 용어가 등장하였는데, 이는 IPTV의 셋탑박스에 해당하는 부품이 TV에 내장되었다는 것일 뿐, 이것도 IP망에서 서비스가 되므로 이는 IPTV의 연장이라고 할 수 있다.

IPTV는 VOD 서비스, 교육, 오락 등의 다양한 양방향 응용서비스가 가능하기 때문에 근래에 들어 많은 IPTV 방송이 등장하고 있다. 예를 들어, 문화관광 IPTV 글로벌방송센터, 성남시 글로벌 IPTV 확산센터, 장흥 IPTV 공부방, IPTV 천안아산방송, 천주교 IPTV 방송국 등 무수히 많은 IPTV 방송국이 근래에 개국하였다. 이러한 IPTV 시스템에 있어서 가장 중요한 것이 신뢰성인데, 즉 '중단 없는 방송'이 무엇보다도 중요하다. 따라서 IPTV 시스템에 있어서는 서비스 제공보다는 신뢰성 테스트가 우선되어야 한다. 그러나 실제 현장에서는 서비스 제공에 우선순위를 두고 있으며, 신뢰성 테스트를 후순위로 미루다가 사고가 발생하였을 때 이를 보강하는 것이 대부분이다. 시스템은 한번 구축이 되고나면 유지보수에 더 많은 비용이 들기 때문에 설계 초기에 신뢰성 테스트를 수행하는 것은 매우 중요하다.

본 논문은 이를 위하여 설계중인 IPTV 시스템을 페트리 넷으로 표현하고, 시뮬레이션을 통하여 설계 중인 시스템이 막힘없이, 의도한 대로 운행됨을 검증한다.

II. 관련 연구

<그림 1>은 IPTV 서비스 제공 및 IPTV 시스템을 시공하는 Backspace사의 IPTV 시스템에 대한 개략적인 구성도이다. 가입자 서비스는 실시간 방송 서비스와 VOD 서비스가 있으며, 셋탑박스를 통하여 이 두 가지 서비스를 모두 받게 된다. 실시간 방송을 위해서는 선형 방송장비(Linear Broadcast)가 제공되는데, 위성에서 받은 방송 신호를 실시간으로 제공하는 것과 비디오 콘텐츠를 일방적으로 내보내는 서비스가 있다. VOD 서비스는 오프라인으로 확보한 비디오 콘텐츠나 위성을 통하여 받은 방송내용을 저장하여 해당 콘텐츠를 서비스한다. <그림 1>에 나온 PROTON, FISSION, CORE, NUCLEUS, REACTOR, FUSION, ELECTRON 등은 Backspace사가 제조하고 있는 제품명임을 밝혀둔다.

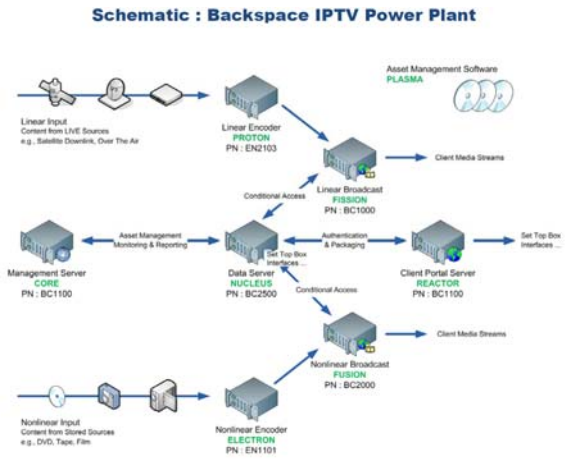


그림 1. IPTV 시스템의 개략적 구성도
Fig. 1. A Schematic Diagram of an IPTV System

현재, IPTV에서의 실시간 방송은 multicast 방식을 이용하여 통신대역폭을 효율적으로 사용하고 있다. VOD(Video on Demand)의 경우에는 각 나라마다 하나 혹은 두셋뿐인 SHO(Super Hub Office)에 콘텐츠를 모두 저장하고, 지역별로 VHO(Video Hub Office)에 콘텐츠들이 cache되어 있어서 한 고객은 정해진 VHO로부터 서비스를 받게 된다. 만약, 현재 해당 VHO에 저장되지 않은 비디오 콘텐츠를 고객이 원하는 경우는 해당 VHO는 SHO에서 그 콘텐츠를 다운로드 받아야 한다. [1]은 고객들을 광역단위로 그룹을 지어, 여러 VHO들이 상호 협력하여 광역의 고객들에게 서비스를 제공함으로써 서비스를 더욱 빠르게 제공하는 방안을 모색하고 있다.

모바일 IPTV는 사용자가 텔레비전 신호, 비디오, 오디오, 텍스트 및 그래픽 서비스를 포함한 각종 멀티미디어 트래픽을 QoS/QoE, 보안, 이동성 그리고 상호작용 기능 등을 지원하는 IP 기반 유무선 네트워크를 통하여 수신 및 송신하는 기술이다. 따라서 사용자는 모바일 IPTV를 통하여 IPTV 서비스를 어디에서든 받을 수 있으며 이동 중에도 받을 수 있다. [2]에서는 전통적인 인터넷 기반의 모바일 IPTV 서비스 구조를 보였다. <그림 2>는 간략한 모바일 IPTV의 구조를 보인 것인데, 첫 단계에서는 네트워크 엔터티와 수신자 사이의 통신을 위하여 무선이 사용되었다.

ITU-T FG IPTV의 정의에 의하면 IPTV에 사용되는 네트워크에 대한 규제가 없으므로 WLAN, WiMAX, Cellular 등 어떠한 무선 기술이 사용되어도 무방하다. <그림 2>의 두 번째 단계에서는 무선 부분이 송신자에게 확장되어 모바일 장치가 송신자와 수신자 모두에게 사용된다. 오늘날에는 UCC(User Created Contents)라고 불리는 사용자가 작성한 콘텐츠가 인터넷에서 매우 인기가 있으며, 여기저기를 여행 중인 어떠한 사용자라도 IPTV 콘텐츠를 작성하여 다른 모바일 IPTV 사용자들에게 제공할 수 있다.

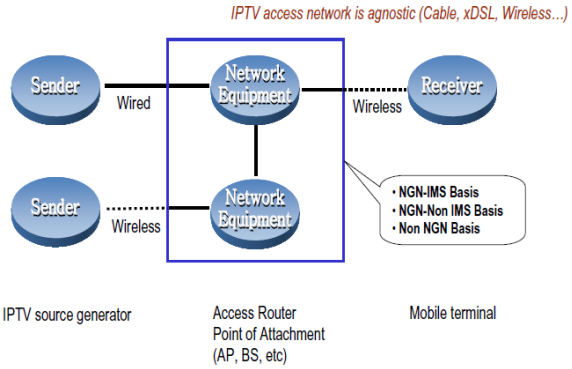


그림 2. 모바일 IPTV의 총체적인 구성
Fig. 2. A Conceptual model of a Mobile IPTV

현재, 글로벌 IPTV 시장이 급성장하면서 IPTV 서비스의 질을 보장하는 것이 IPTV 사업 성공의 관건이 되고 있다. IPTV 서비스의 질을 보장을 위한 하나의 방법으로 여러 개의 OSS(Operations Support System)를 통합하여 IPTV 관리 플랫폼을 구성하는 방법이 있는데, [3]은 단대단 IPTV 네트워크 관리구조인 코어 네트워크와 접근 네트워크 및 가정 네트워크를 통합 관리하는 통합 네트워크 관리 시스템을 소개하였다. 이 시스템에는 여러 OSS가 SOA(service-oriented architecture) 방법으로 통합되어 있다.

IPTV 사업의 성공은 올바른 콘텐츠와 서비스를 올바른 가입자에게 올바른 시각에 편리하게 사용하도록 제공하는 것이다. 이에 따라 [4]는 서비스 제공자의 성공을 보장하는 IPTV 사업 모델을 제시하고 있다. 이 사업 모델은 IPTV 콘텐츠와 서비스를 효율적으로 패키징하고 배송하는데 기반을 두고 있다. 컴퓨터보다 TV가 더 널리 보급되어 있는 상황에서 IPTV 기반의 학습 서비스는 매우 유용하다. 그러나 IPTV는 입력기능이 매우 제한적이기 때문에 웹기반 학습 프로그램을 IPTV 기반 학습 프로그램으로 변환하기는 그리 쉽지 않다.

III. 본론

본 연구에서는 <그림 3>에 보이는 '문화관광 IPTV 글로벌방송 시스템'을 모델로 하여 페트리넷으로 표현하였다. 텔레비전 방송에서는 아날로그 컬러 텔레비전을 위한 코드화 시스템으로 PAL(Phase Alternating Line), SECAM(Sequential Color with Memory) 그리고 NTSC(National Television System Committee)가 일반적으로 사용된다. NTSC 표준은 1941년에 개발되었고 1953년에 컬러까지 포함하도록 개선되었으며, 현재 북미와 우리나라가 사용하고 있다. PAL은 NTSC 표준의 약점을 보강하기 위하여 서유럽 국가들이 개발하였으며, 현재 서유럽과 호주, 중국 등에서 사용하고 있다. SECAM은 프랑스가 개발한 유럽 최초의 칼라 TV 표준이며 현재 러시아 등지에서 사용하고 있다.

MPEG2는 '이동하는 사진들과 이 사진들에 연합된 소리 정보의 일반적 코딩'에 관한 표준으로 디지털 텔레비전의 신호와 DVD 영화

형식으로 널리 사용되고 있다. 위성 수신기는 PAL, NTSC, MPEG2 신호를 모두 수신할 수 있으며, 위성 STB(Set Top Box)에서 사용자가 원하는 신호만 선택하여 실시간 인코더로 내보내게 된다. 실시간 인코더는 입력신호를 HD(High Definition) 비디오 녹화와 압축 및 배포에 가장 널리 사용되고 있는 비디오 압축 표준인 H.264로 변환하여 스트리밍 송출 서버로 보낸다. 그리고 NLE(Non-Linear Edit)는 영화, 비디오, 오디오, 컴퓨터 그래픽 등을 편집하여 원하는 영상 콘텐츠를 제작하는 도구이다. 제작된 콘텐츠는 트랜스코더를 통하여 H.264 형식으로 변환되는데, avi(Audio Video Interleave), mov (QuickTime File Format: QTFF) 등의 영상물을 편집 과정을 거치지 않고 그대로 트랜스코더를 통하여 H.264 형식으로 변환하기도 한다. 그리고 H.264 형식의 파일은 NAS(Network-attached storage) 장치에 저장된다. <그림 3>에서는 실시간 VOD를 위한 NAS와 VOD용 NAS가 분리되어 있다. 본 논문에서 '실시간 VOD'란 IPTV 운영자가 미리 정해놓은 스케줄에 따라 비디오를 스트리밍 서비스하는 것을 의미한다.

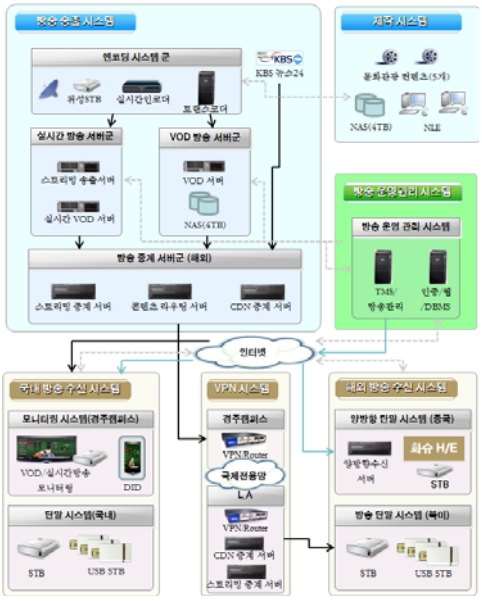


그림 3. IPTV 시스템 구성도 예
Fig. 3. An Example IPTV System

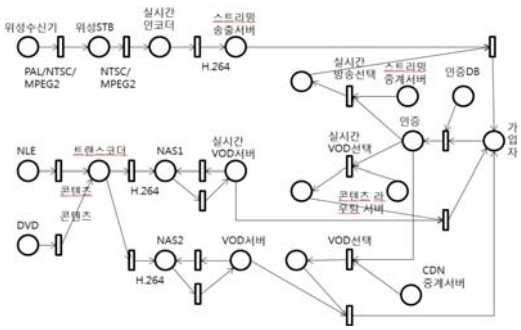


그림 4. 〈그림 3〉의 페트리넷 표현
Fig. 4. A Petri Net Representation of Fig. 3

<그림 3>을 가입자 입장에서 살펴보면 다음과 같다. 가입자가 접속을 하게 되면 권한이 있는 회원인지에 대해 인증 테스트를 한다. 인증 받은 가입자는 실시간 방송, 실시간 VOD 혹은 VOD를 선택할 수 있다. 그 이후의 시나리오는 세 가지가 모두 비슷하므로 실시간 방송의 경우만 살펴보기로 한다. 가입자가 실시간 방송을 선택하면 '스트리밍 중계 서버'가 '스트리밍 송출 서버'의 IP 주소를 제공하여 가입자가 접속할 수 있도록 한다. 그러면 '스트리밍 송출 서버'가 그 가입자에게 위성에서 받은 방송을 실시간으로 인터넷을 통하여 제공한다. <그림 3>의 IPTV 시스템을 페트리넷으로 표현한 사례를 <그림 4>에 보였다. <그림 4>의 의미는 앞서 소개한 <그림 3>에 대한 설명으로 대신한다.

본 연구에서는 페트리넷의 성질을 분석하기 위하여 칼라 페트리넷 모형을 구축하는 환경과 시뮬레이션 실행 기능을 제공하는 칼라 페트리넷 분석 도구인 CPN Tools[5]를 사용하였다. <그림 4>를 CPNTools로 구현한 결과는 <그림 5>에 보였다. 가입자(subscribers)는 <그림 5>에서 정수 '1'로 표현하며, subscriber 플레이스의 마킹으로 「1'1」이라고 명시하여 가입자가 한 명임을 나타내었다. 인증을 받은 가입자는 앞서 설명한 바와 같은 세 가지 서비스 중 하나를 선택하게 되는데 VOD 서비스를 선택하는 빈도가 가장 많고 나머지 두 가지를 선택하는 빈도는 비슷하다고 가정한다. 이러한 현상을 표현하기 위하여 floor(uniform(1.0, 99.0))라는 난수발생기를 사용하였으며, 이 난수발생기는 1부터 99 사이의 정수를 난수로 발생시킨다. 발생되는 난수는 모델에서 M으로 표기하였고, M 값은 다음과 같은 의미가 있다.

1 <= M < 50	–> VOD 서비스
50 <= M < 75	–> Live VOD
75 <= M <= 99	–> Live Broadcast

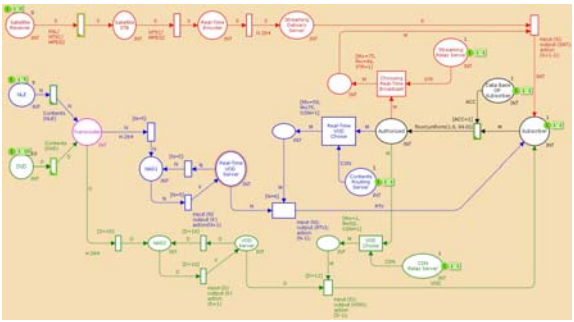
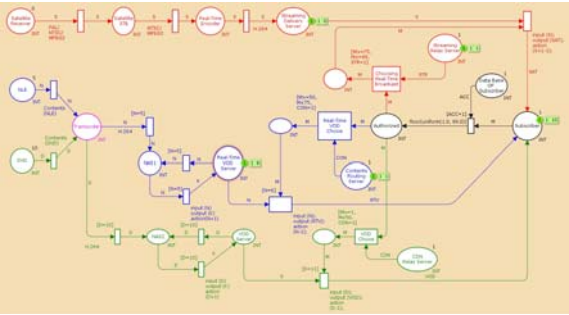


그림 5. CPNTools로 작성한 〈그림 4〉의 컬러 페트리 넷 모형
Fig. 5. A Colored Petri Net Model of Fig. 4

'실시간 VOD 서버'에는 방송 스케줄을 작성할 때, 선택된 콘텐츠 파일이 복사되어 있는데 한번 선택된 파일이 다시 선택되는 일이 없다는 현상을 나타내기 위하여 '실시간 VOD서버'로 들어오는 간선이 생성하는 토큰 값을 1 증가시키고 트랜지션에 가드를 두었다. 비슷한 이유로 'VOD 서버'로 들어오는 간선과 트랜지션에도 마찬가지로 하였다. <그림 5>에서는 가입자와 위성 수신 콘텐츠 및 NLE와 DVD 콘텐츠들이 모두 각각 하나만 있는 것으로

가정하였으며, 각각 '1'(가입자), '0'(위성수신 채널), '5'(NLE로 작성한 파일), '10'(DVD 파일)으로 나타낸다.

<그림 5>에서 시뮬레이션을 실행한 결과를 <그림 6>에 보였다. <그림 6>에서 가입자 플레이스에 놓인 토큰이 '10'이라는 의미는 가입자가 VOD 서비스를 받고 있음을 나타낸다. 가입자가 실시간 방송이나 실시간 VOD를 선택했다면 '0'이나 '5'가 Subscriber 플레이스에 나타나게 된다. 이와 같이 <그림 6>은 가입자가 한 명인 경우에 설계 중인 시스템이 알맞게 서비스를 제공함을 보인다.



〈그림 6〉 〈그림 5〉를 시뮬레이션하여 실행한 결과 화면

Ⅳ. 결론

본 연구는 IPTV 시스템을 페트리넷으로 표현하고, CPN Tools 라는 도구를 이용하여 무결성의 한 가지 조건인 '교착상태가 없음'을 분석하였다.

참고문헌

[1] S. Meng, L. Liu, J. Yin, "Scalable and Reliable IPTV Service Through Collaborative Request Dispatching," IEEE International Conference on Web Services, 2010, pp. 179-186

[2] S. Park, S. Jeong, C. Hwang, "Mobile IPTV Expanding the Value of IPTV," Seventh International Conference on Networking, 2008, pp. 296-301

[3] C. Hu, Y. Hsu, C. Hong, S. Hsu, Y. Lin, C. Hsu, T. Fang, "Home network management for IPTV service operations — A service provider perspective," IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium Workshops (NOMS Wksps), 2010, pp. 1-7

[4] B. Obele, S. Han, J. Choi, M. Kang, "On building a successful IPTV business model based on personalized IPTV content & services," 9th International Symposium on Communications and Information Technology, 2009, pp. 809-813

[5] http://cpntools.org/download