

일반논문-11-16-2-10

케이블방송의 효율적 주파수 활용을 위한 SDV 전송 기술

최진철^{a)}, 이채우^{a)‡}

Switched Digital Video for the Efficient Utilization of Bandwidth In Cable Systems

Jinchul Choi^{a)} and Chaewoo Lee^{a)‡}

요약

스위치드 디지털 비디오(SDV; Switched Digital Video) 기술은 시청자들이 특정 채널을 선택할 때마다 그 채널에 해당되는 방송 데이터만을 실제로 송출해주는 선택형 송출기술로 현재 주파수 대역폭 부족 문제를 겪고 있는 케이블사업자들에게 주목받고 있다. 미국에서는 이미 SDV 서비스를 성공적으로 상업화하여 2300만 이상의 가구가 SDV 기술을 적용한 케이블 방송을 시청하고 있다. 우리나라 역시 HD 방송, 초고속 인터넷, VoD, VoIP 등의 광대역 고품질 서비스의 수요가 폭발적으로 증가되고 있어 주파수 자원 확보 및 효율적인 자원 관리 방안으로 SDV 기술의 도입을 고려하고 있다. 본 논문에서는 SDV 기술의 특징 및 동작 구조, 주파수 절감 효과, 기술적 요구사항에 대해 고찰한다. 그리고, SDV 기술의 채널 스위칭 성능 및 시스템 안정성을 검증하기 위해 SDV 테스트베드를 구축하고 실시된 기술 시험 결과를 분석한다.

Abstract

Since switched digital video (SDV) provides specific programs only to the subscribers who request the programs, SDV has attracted considerable interest of MSOs for bandwidth efficiency. In North America, MSOs service over 2.3 million households with the SDV for cable networks. In Korea, since demand of HD program, high-speed Internet, VoD, and VoIP is noticeably rising, the SDV is considered as the alternative for bandwidth saving and efficient managing. In this paper, the characteristics, operating structure, and bandwidth saving of the SDV are discussed and technical requirements for the SDV are also introduced. The channel switching performance and stability of the SDV are analyzed through the test-bed.

Keyword : CATV, Switched Digital Video, 선택형 송출기술, SDV 기술 시험

1. 서론

국내 케이블 TV 사업자들은 광동축 혼합망(HFC; hybrid fiber coax)을 활용하여 디지털방송, 주문형 비디오 서비스

(VoD), 초고속인터넷, 인터넷전화(VoIP), 양방향 데이터 서비스, 전자상거래(T-commerce) 등의 다양한 서비스를 제공하고 있다. HFC망은 케이블 방송 전송망의 주요 트렁크 부분을 광섬유 케이블로 개선한 망으로 방송국과 광단국(ONU; optical network unit)까지는 광케이블로, 광단국에서 가입자에게까지는 동축케이블로 연결하는 방식이다. 가입자 양단에는 케이블 모뎀(CM; cable modem)을 시설하여 고속의 데이터 접속 서비스를 제공한다. HFC망은 높은 대

a) 아주대학교 전자공학과

Division of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

‡ 교신저자 : 이채우(cwlee@ajou.ac.kr)

· 접수일(2010년11월1일), 수정일(2011년1월31일), 게재확정일(2011년3월15일)

역폭의 셀을 구성할 수 있으며, 가입자에게 전파를 직접 전달하기 때문에 전파의 유실(장애물에 의한 감쇄 현상)이 없고, 증폭기를 통한 원거리 전송이 가능하기 때문에 방송국과의 거리에 따른 전송속도 및 품질의 제약이 거의 없다. 또한, HFC망은 상향 대역과 하향 대역으로 주파수가 구분되어 있어, 양방향 서비스를 구현할 수 있으며, 기존 공중파와는 달리 라디오, 이동통신, 군사용 등으로 사용되는 주파수가 없어, 방송 이외에 초고속인터넷, 인터넷전화 등의 서비스를 제공할 수 있다. 디지털케이블TV를 통해 방송·통신 융합 서비스를 제공할 수 있었던 것은 이와 같은 HFC망의 특성에서 기인한다^[1].

이렇게 케이블을 통해 가입자에게 직접 연결되는 HFC망의 특성상 가용 주파수 영역이 자유로울 것으로 생각되지만, 실제로는 방송통신위원회(이하 방통위)의 제약을 받고 있다. 현재 적용되고 있는 방통위고시 '유선방송국 설비 등에 관한 기술 기준'에 따르면, 상향 대역을 5.75~65MHz로 하향 대역을 54~1002MHz로 제한하고 있다. 이와 같은 주파수 대역은 현재 이루어지고 있는 각종 서비스 제공에 걸림돌로 작용되지 않지만 향후 디지털 전환이 이루어지면 다양한 양방향 멀티미디어 서비스 수요를 모두 수용하기 어려울 것이라 분석이 나오고 있다. 특히 IP망을 활용하여 탄력적으로 채널을 운용할 수 있는 IPTV에 비해 이러한 주파수 제약 문제는 케이블 방송의 취약한 부분으로 지적받고 있다. 따라서 효과적으로 주파수 이용 효율성을 높이기 위한 다양한 기법의 적용이 요구되고 있다^{[2][3]}.

케이블망에서 주파수 대역을 확보하기 위한 방안으로 i) 트래픽 셰이핑(traffic shaping), ii) 주파수 변조방식의 개선, iii) H.264 등의 최신 압축 기술 도입, iv) HFC 망의 대역 확장, v) 아날로그 방송용 주파수 재활용, vi) SDV(switched digital video) 기술의 도입 등이 고려되고 있다. 트래픽 셰이핑은 명시된 트래픽 비율을 초과하는 트래픽에 대해서는 별도의 버퍼링(buffering)을 사용하여 트래픽의 흐름을 부드럽게 완화시키는 기법을 말한다. 트래픽 셰이핑 기법은 버스트 트래픽(burst traffic)의 발생으로 인한 네트워크상의 정체현상을 감소시킬 수 있어 국내 디지털 헤드엔드(headend) 시스템에서 활발히 사용되고 있지만 이미 성능 개선의 한계에 도달하였다. 변조방식의 개선과 최신 압축

기술의 사용은 주파수 대역 사용의 효율성을 높여 보다 고속으로 정보를 처리할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 가입자의 케이블 모델과 셋톱박스(STB; set-top box)의 교체가 요구되어 많은 비용문제가 발생할 수 있다. 유사하게 망의 대역 확장 또한 막대한 시설 투자비가 소요되는 단점이 있다. 이외에도 일부 아날로그 채널을 재활용하여 디지털 라디오 등의 서비스를 동시방송(simulcast)할 수도 있지만, 채널 용량의 한계로 인해 제공할 수 있는 서비스의 양이 한정되어 주파수 고갈 문제를 해결하기 위한 근본적인 대안은 될 수 없다.

앞선 방안들의 단점을 극복하면서 주파수 대역폭 사용을 절감해 케이블 사업자들이 가장 저렴한 비용으로 서비스 채널수를 확장할 수 있는 방안으로 주목받고 있는 방안이 SDV 기술이다. SDV 기술은 스위치드 브로드캐스트(switched broadcast) 또는 SDB(switched digital broadcasting)라는 용어로 명명되기도 하는데 시청자들이 즐겨 찾는 채널들은 기존 케이블방식과 동일하게 STB에 전달해 놓은 상태에서 서비스를 하고 나머지 채널들은 가입자의 요청 시에만 선택적으로 전송해주는 형태의 서비스로 효율적인 대역폭 관리와 더 많은 채널 전송을 가능하게 한다. SDV 기술은 가입자당 7-10달러 정도의 도입 비용이 요구되어 비용측면에서도 가장 현실적인 방안으로 주목받고 있다^[4]. 본 논문에서는 SDV 기술의 동향, 동작 구조, 기술적 요구사항, 주파수 절감 효과 등에 관해 고찰한다. 또한 SDV 서비스의 채널 스위칭 성능 및 시스템 안정성 검증을 위해 실시된 실험실 시험 결과를 분석한다. 이를 통해 국내 케이블방송에서 SDV 기술 도입의 필요성과 앞으로의 전망에 대해 살펴볼 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 SDV 기술 관련 동향을 소개하고, III장에서는 SDV 기술의 기본 구조 및 동작을 설명한다. IV장에서는 SDV 기술 시험 결과를 기술하고, V장에서 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

II. SDV 기술 관련 동향

SDV 시스템의 개발사로는 BigBand Networks^[5], Cisco's

Scientific Atlanta^{[6][7]}, Motorola^[8], Vecima Networks^[9], Tandberg, Arris 등이 있다. 이들 중 BigBand의 SDV 시스템이 가장 먼저 상용화되어 SDV 시장을 선도하고 있다. 2010년 상반기 기준으로 Time Warner Cable, Cox Communications, Cablevision, Charter, BrightHouse 등 북미 시장의 대다수 MSO에서 BigBand의 SDV 시스템을 도입하여 2300만 가입자를 대상으로 서비스 중이다. 또다른 MSO인 Comcast는 Motorola와 Cisco의 SDV 솔루션을 이용하여 서비스 중이다. 북미 케이블 사업자들은 SDV 기술을 통해 매일 1억 회 이상의 채널 스위칭 서비스를 제공하고 있으며, 상당수의 사업자들이 300% 이상의 오버서브스크립션(oversubscription) 스위칭을 제공하고 있어 주파수 대역 효율이 크게 개선되었다. 오버서브스크립션은 스위칭 프로그램들을 기존 방식(브로드캐스트)으로 각각 전송하기 위해 필요한 대역폭의 총합과 스위칭 기술로 전송하기 위해 할당된 대역폭의 비로 정의된다. 예를 들어 300%의 오버서브스크립션은 1개의 SD 프로그램을 전송할 수 있는 주파수 대역으로 3개의 SD 프로그램이 스위칭 기술로 제공됨을 의미한다. 따라서 높은 오버서브스크립션은 채널당 제공 가능한 프로그램 수의 증가로 해석할 수 있다. 표 1에 주요 북미 지역에 서비스 중인 SDV 서비스의 구축 통계치

를 나타내었다.

표 1에 따르면 케이블 사업자들은 일반적으로 SDV 서비스를 위해 6~8개의 QAM 채널을 할당하고 80~150개의 SD, HD 프로그램을 스위칭 채널을 통해 제공한다. 오버서브스크립션 또한 적게는 150%에서 300%이상을 기록하는 사업자도 있어 주파수 대역 및 네트워크 자원의 효율이 크게 향상됨을 알 수 있다. 이러한 주파수 절감 효과를 통해 사업자들은 확대된 방송 채널과 초고속 인터넷, 인터넷 전화 서비스 등의 융합 서비스를 원활하게 제공하고 있다.

SDV 기술의 도입비용은 솔루션 제공 업체에 따라 다양하며, 동일 업체라도 할당 QAM채널의 수, 스위칭 프로그램의 수, 서비스 그룹의 설정 및 규모 등에 따라 도입 비용이 달라진다. 표 2에 주요 SDV 솔루션 제공 업체별 도입 비용을 나타내었다. 표를 통해 확인할 수 있듯이 SDV 솔루션은 업체를 통틀어 Homes passed(케이블방송 시설이 설치된 지역 내에 있는 가구 중에서 케이블에 가입하지 않은 가구) 기준 \$32이하의 도입 비용을 요구하기 때문에 HFC 망의 대역 확장(Homes passed 기준 \$50), STB의 변경이 필요한 변조/압축 방식의 개선(Homes passed 기준 \$300) 등의 방안보다 CAPEX(capital expenditures; 미래의 이윤을 창출하기 위해 지출된 비용) 측면에서 훨씬 유리하다^{[4][11]}.

표 1. 주요 북미 지역의 SDV 구축 통계치 (출처: SDV Applications and Benefits SCTE^[10])
Table 1. Statistics of SDV deployments in North America (Sources: SDV Applications and Benefits SCTE^[10])

지역	디지털 가입자수	SD프로그램 스위칭	HD프로그램 스위칭	QAMs	서비스 그룹 사이즈	서비스 개시	오버서브스크립션
New York-1	2,400,000	114	18	6	3000	2006.10	310%
Virginia	355,000	84	0	6	500	2008.10	140%
New York-2	350,000	63	15	8	500	2008.02	154%
Texas-1	299,000	101	25	8	500	2006.11	251%
Texas-2	264,000	162	24	8	1000	2005.06	323%
South Carolina	198,000	114	23	8	462	2005.11	258%
Maine	139,000	82	15	8	500	2006.05	178%
New York-3	110,000	61	31	8	500	2008.03	231%
North Carolina-1	82,000	80	17	8	500	2006.06	185%
North Carolina-2	75,000	85	17	8	500	2007.07	191%
Texas-3	73,000	128	22	8	500	2007.10	270%
Wisconsin	67,000	105	7	7	500	2007.02	190%

표 2. SDV 도입 비용 비교 (출처: SDV 도입 현황 및 효과^[4])
 Table 2. Comparing SDV cost metrics (Sources: Present condition and effect of SDV^[4])

제공업체	SDV 솔루션 도입 비용
BigBand networks	Homes passed 기준 QAM 채널당 \$1~\$2
CableLabs	Homes passed 기준 \$16 Homes served(케이블 서비스 가입자) 기준 \$23
Harmonic	500개로 구성된 튜너 그룹 기준 \$5000~\$7000
Morgan Keegan & Co.	Homes passed 기준 \$5~\$20
Rogers Cable	Homes passed 기준 \$32
Scientific Atlanta	Homes passed 기준 \$4~\$15 Homes served의 디지털 STB 기준 \$9~\$26
Vyyo	광노드(fiber node) 기준 \$5,175 Homes passed 기준 \$10

북미지역에서 SDV 기술은 2000년대 중반부터 서비스되기 시작하였으며, 현재 SDV를 도입하는 케이블 사업자의 수는 점차 증가하고 있다. 북미지역에서 SDV 서비스가 활발히 제공되는 이유는 주파수 대역 효율 증가를 통한 융합 서비스 제공 목적이외에도 소수 인증 및 다양한 문화를 가진 마니아(mania) 가입자들에 대한 프로그램 수요를 충족할 수 있기 때문이다. 알려져 있다시피 미국은 다민족/다문화 국가로 다양한 문화와 종교적 배경을 가진 사람들로 구성되어 있기 때문에 다국적/다문화 방송 프로그램에 대한 요구 또한 다양하다. 이처럼 다양한 방송 프로그램 수요를 기존의 브로드캐스트 방식으로 충족시키는 것은 불가능하기 때문에 비교적 저렴한 비용으로 제공 프로그램 확대가 가능한 SDV 서비스가 각광받게 되었다. 이에 반해 북미를 제외한 지역에서는 프로그램 확대에 대한 수요가 그리 크지 않기 때문에 아직 SDV 기술의 도입에 소극적이다. 그러나 최근 한국, 중국을 중심으로 초고속 데이터 서비스 및 양방향 멀티미디어 서비스 수요가 증가하고 있어 이에 대한 대안으로 SDV 기술의 도입이 추진되고 있다.

III. SDV 기술의 기본 구조 및 동작

1. SDV 기술 개요

기존 브로드캐스트 방송 시스템에서는 시청자의 채널 선

택 여부와는 관련 없이 모든 채널을 전송한다. 하지만 일반적으로 시청자들이 주로 시청하는 채널은 상위 몇 개 채널로 한정되는 경우가 많기 때문에 시청빈도가 낮은 채널에 의한 주파수 대역 낭비의 소지가 있다. 이렇게 시청자들이 주로 보는 채널이 한정돼 있다는 점에서 착안하여 SDV 서비스는 방송채널을 두 종류의 묶음으로 구분해, 기본 채널 묶음에서는 대중 시청자용 브로드캐스트 채널로 활용하고 다른 한 묶음은 프로그램 스위칭이 가능한 SDV용 채널대역으로 활용한다. 이러한 프로그램 제공 방식의 분리를 위해 SDV 기술은 일정수의 가입자들을 하나의 서비스 그룹으로 정의하고, 양방향 통신이 가능한 STB를 활용하여 서비스 그룹 내 가입자들이 시청하는 방송채널을 통계적으로 분석한다. 이러한 분석을 통해 시청빈도가 높은 채널은 일반적인 브로드캐스트 방식으로 송출하고, 시청빈도가 낮은 채널 중 서비스 그룹 내 가입자들이 시청하지 않는 채널은 프로그램 채널 스위칭 기술을 사용하여 전송을 하지 않음으로써 주파수 대역의 효율을 향상시킨다^[12].

예를 들어 그림 1과 같이 헤드엔드에 위치하는 SDV 관리 서버는 시청률이 높은 일정수의 프로그램은 기존 방식과 같이 브로드캐스트 채널을 통해 전송하고, 시청률이 그리 높지 않은 전문 프로그램을 위한 채널분량을 별도로 설정해둔다. 이때 가입자가 브로드캐스트 채널에 해당하는 프로그램을 요청할 경우에는 해당 채널을 바로 튜닝해서 시청할 수 있으며, 전문 프로그램을 선택하면 해당 서비스 그룹을 관리하는 서버가 스위칭 채널의 빈 대역폭으로 해

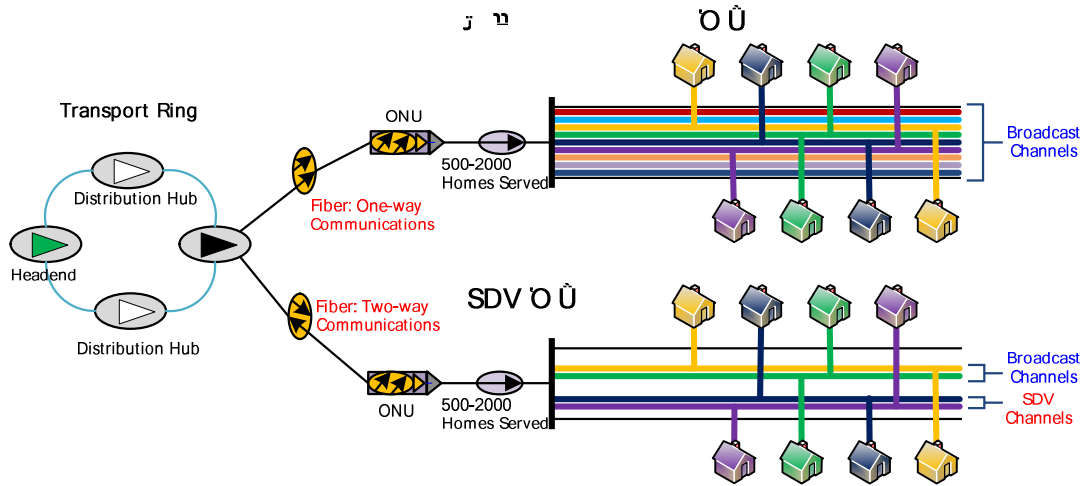


그림 1. 주파수 효율성 증가를 위한 SDV 기술 (참고: Wikipedia^[16])
 Fig. 1. SDV for bandwidth efficiency (Referred to Wikipedia^[16])

당 프로그램을 송출해 가입자에게 서비스한다. 만약 가입자의 전문 프로그램 시청이 종료될 경우에는 해당 SDV 채널의 대역을 회수하여 주파수 자원을 절약한다. 이와 같이 SDV 기술은 마치 매장 진열장의 일부를 회전식으로 설치해서 한정된 공간에 보다 많은 상품을 진열하는 것과 같다. 또한 케이블 사업자에게는 스위칭 채널을 이용하는 시청자 개인의 시청패턴을 파악해 각 시청자들의 취향에 맞춘 맞춤형 광고를 편성할 수 있다는 장점도 노릴 수 있다^[13].

SDV 서비스를 위해서는 SDV 서버와 가입자간의 양방향 서비스가 필수적이며, 프로그램 관리 및 채널 스위칭을 위한 장비가 필요하다. 또한 원활한 SDV 서비스 제공을 위해 가입자 시청 패턴 분석을 통한 브로드캐스트 및 스위칭 채널 선정, 서비스 그룹에 포함되는 가입자 및 규모의 적절한 선정이 요구된다. 만약 스위칭용 할당 채널에 비해 채널 자원 할당이 적을 경우에는 가입자가 요청한 프로그램의 제공이 불가능할 수도 있으며, 그 반대의 경우 주파수 자원의 효율이 떨어질 수 있다.

2. SDV 기술의 구성 요소

SDV 기술은 아직 표준화 작업이 완료되지 않아 장치의 명칭과 구성은 개발 회사에 따라 다르지만 기본적인 개념

과 동작 방식은 상당히 유사하다. 그림 2에 SDV 서비스의 기본 구조를 나타내었으며, 기존의 방송 시스템에 SDV 서비스를 위한 장치를 추가해서 구현된다.

SDV 시스템에서 스위칭 채널의 선택은 기본적으로 가입자의 시청 패턴 분석을 통해 이루어지며 이러한 가입자의 시청 정보는 맥내 셋톱박스로부터 수집되어 SDV 관리 서버로 전송된다. 이를 위해 기존의 셋톱박스에 채널 시청 정보 수집, 전송을 위한 기능이 요구된다. 이러한 기능을 담당하는 소프트웨어를 SBC(switched broadcast client)라고 통칭하며, 셋톱박스의 간단한 펌웨어 업그레이드를 통해 구현될 수 있어 가입자의 추가적 비용부담은 없다. 가입자의 시청 정보 이외에도 SBC는 가입자의 신규 방송 채널(가입자에게 송출중이지 않은 채널)을 SBSS (switched broadcast session server)라고 명명되는 SDV 서버에 요청한다. 이러한 정보들은 셋톱박스의 대역외(OOB; Out Of Band) 주파수 채널 또는 CMTS(cable modem termination system)을 통해 전달된다.

SBSS는 가입자 셋톱박스의 SBC에서 전달된 정보에 근거하여 각 서비스 그룹의 요청에 적합하도록 송출 채널 라인업을 재구성하고 각 주파수 대역을 통해 전송되어야 할 방송 콘텐츠의 맵핑(mapping) 정보를 EQAM(edge QAM)에 전달한다. 이러한 맵핑 정보가 필요한 이유는 채널 스위

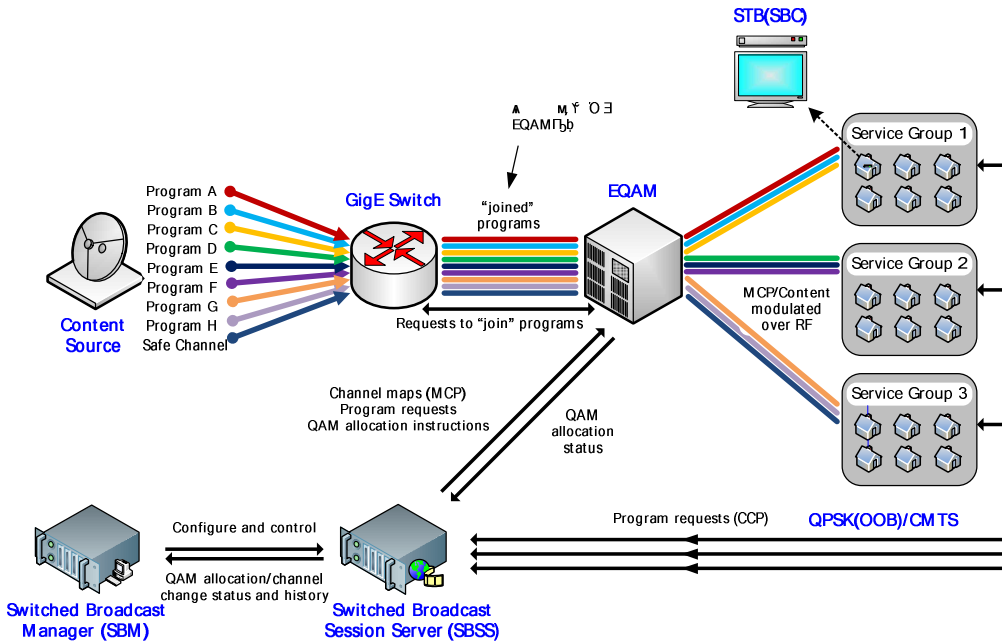


그림 2. SDV 시스템의 기본 구조
Fig. 2. Basic architecture of SDV system

칭의 특성상 각 물리적 주파수 대역을 통해 전송되는 방송 콘텐츠가 시시각각 변화하기 때문이다. EQAM은 방송 콘텐츠를 HFC망을 통해 각 가입자에게 송출해 주는 장치로 SBSS로부터 수신한 채널 라인업 정보에 기반을 두고 송출한다. 각 서비스 그룹의 시청 패턴이나 요청 채널 등은 다를 수 있기 때문에 EQAM에서 각 서비스 그룹으로 송출되는 채널 라인업은 다를 수 있다. 또한 EQAM은 방송 콘텐츠의 맵핑 정보를 함께 전송하여 각 가입자가 원하는 방송 콘텐츠를 올바르게 튜닝할 수 있게 한다.

EQAM은 IP기반의 고속의 기가비트 이더넷 스위치 (GigE switch; gigabit ethernet switch)와 연결되어 각종 방송 콘텐츠 소스(contents source)를 제공받는다. 이 때 EQAM은 현재 시청 요청이 있는 방송 콘텐츠만 제공받으며, 새로운 방송 콘텐츠의 요청이 있을 경우 IGMP(internet group management protocol)를 통해 GigE switch로부터 방송 콘텐츠를 추가로 제공받아 가입자에게 서비스한다. GigE switch는 멀티캐스팅 방식을 통해 방송 콘텐츠를 다수의 EQAM에게 제공하는 멀티캐스트 라우터로서 콘텐츠

의 그룹별 소속원(group membership)을 관리하기 위해 IGMP를 사용한다. 즉, EQAM은 방송 콘텐츠를 서버로부터 IP 패킷 형태로 제공받으며, 각 가입자에게는 QAM 주파수 변조를 통해 제공한다. 이러한 EQAM, GigE switch, SBSS, SBM 등의 장치들은 대개 헤드엔드에 위치하기 때문에 가입자 망의 교체를 요구하지 않아 유사목적 기술 대비 비교적 저렴한 도입비용과 단기간 내 구축이 가능한 장점을 지닌다.

SDV 서비스를 위한 장치들의 역할을 다음과 같이 요약될 수 있다.

SBC

- 양방향 통신이 가능한 STB에 탑재되는 S/W로 펌웨어 업그레이드와 같은 간단한 절차를 통해 기존 STB에 설치 가능
- 서비스 그룹 ID, 각 프로그램이 어느 주파수(frequency)에 포함되어 있는지를 알려주는 채널 튜닝 정보, SBSS의 IP주소 정보 등이 포함된 MCP(mini-carousel

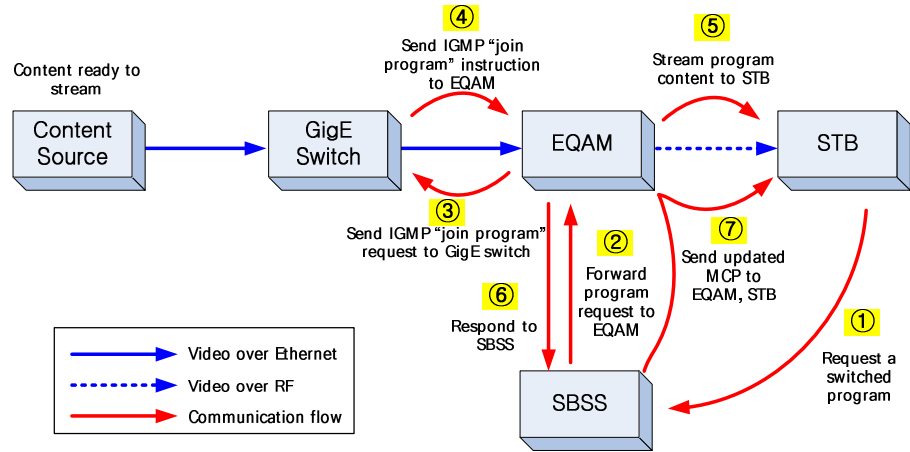


그림 3. SDV 서비스 동작 흐름도
Fig. 3. Communication flow for the SDV service

control protocol) 데이터를 EQAM으로부터 수신, 참조하여 SBSS에 등록

- 수신된 MCP 데이터를 참조하여 가입자 요청 프로그램을 튜닝. 만약 요청 프로그램이 송출되고 있지 않다면 신규 프로그램 요청 메시지 CCP(channel change protocol)를 SBSS에 전송하여 가입자의 요청 프로그램 서비스

SBSS

- MCP 데이터를 생성/업데이트하고 EQAM으로 전송
- EQAM의 가용 QAM 자원 및 세션 관리
- STB가 CCP를 통해 프로그램 송출을 요청하면 가용한 QAM 자원을 확인 후 해당 프로그램 전송을 EQAM에 요청

EQAM

- SBSS로부터 수신된 MCP를 STB로 전송
- GigE switch과 가입자 요청 프로그램의 IGMP요청/해지
- GigE switch로부터 수신된 스트림들을 SBSS의 요청에 의해 STB로 전송

SBM

- SBSS의 제어, 설정을 위한 중앙 관리 시스템

- STB/tuner 모니터링을 통한 가입자의 시청 정보를 수집

그림 3에 채널 스위칭 서비스를 위한 communication flow를 나타내었으며, 구체적인 동작 순서는 다음과 같다.

- STB는 EQAM으로부터 수신한 MCP를 참조하여 현재 송출중인 프로그램은 바로 튜닝, 송출되지 않는 프로그램에 대해서는 CCP를 통해 SBSS에 요청
- SBSS는 EQAM의 가용 자원을 확인하고, 해당 프로그램의 전송을 EQAM에 요청
- EQAM은 GigE switch에게 프로그램 요청을 위한 IGMP참가 질의(join request) 전송
- GigE switch는 EQAM의 IGMP 참가(join)를 허용하여 해당 스트림을 EQAM으로 전송
- EQAM은 가입자 요청 프로그램을 STB로 전송
- EQAM은 SBSS로 가입자의 프로그램 요청이 서비스 중임을 응답
- SBSS는 MCP 데이터를 업데이트하고 EQAM과 STB에 전송
- STB는 업데이트된 MCP 데이터를 참조하여 가입자 요청 프로그램을 튜닝

MCP 데이터에 포함된 채널 라인업 정보는 SDV 솔루션

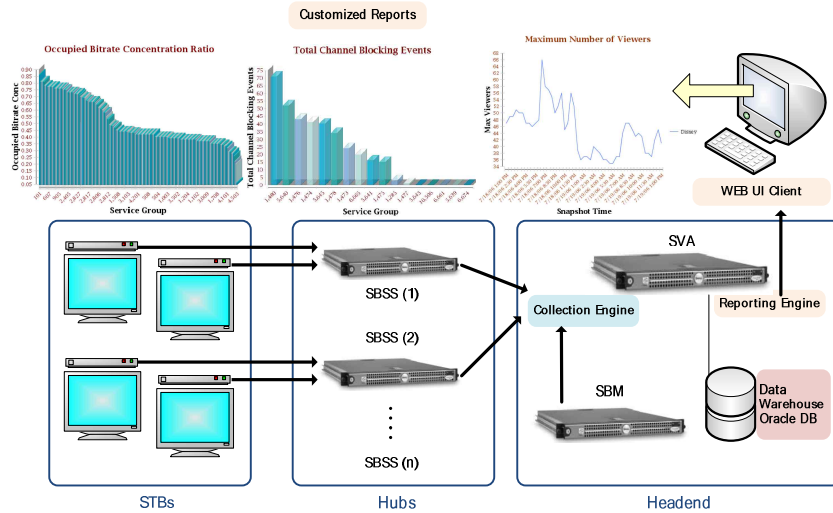


그림 4. SVA(Switched Video Analyzer)의 기본 구조 (출처: BigBand Networks^{[17])}
 Fig. 4. Operation architecture of SVA (Sources: BigBand Networks^{[17])}

개발 업체에 따라 그림 3과 같이 SBSS에서 EQAM을 거쳐 RF(radio frequency)방식으로 STB에 전송될 수 있으며, CMTS를 통해 직접 전송될 수도 있다. 북미에서는 아직 CMTS를 통한 양방향 통신이 구현되어 있지 않는 경우도 있기 때문에 대개의 경우 EQAM을 통해 내려 보내는 방식이 일반적으로 사용되고 있다.

SBSS는 SDV 운영을 위한 중앙 관리 시스템인 SBM과 연계되어 채널 라인업 및 TSID(transport stream ID) 관리, 서비스 그룹 설정 및 EQAM 자원 관리, STB/tuner 모니터링이 가능하다. SBSS는 MCP 데이터의 생성/업데이트, EQAM의 자원 관리 및 프로그램 요청 등을 담당하며 STB로부터 수신된 CCP를 통해 STB들의 실시간/전체 채널 튜닝 정보를 DB에 저장한다. 이러한 DB를 활용하여 리포트(report) 형식으로 가입자들의 시청 패턴 정보를 관리자에게 제공할 수 있다. 대부분의 SDV 솔루션에서는 별도의 SDV 분석툴(SVA; switched video analyzer)을 제공하는데, 이러한 툴은 DB를 통해 브로드캐스트 및 스위칭 채널에 대한 시청률 분석, 서비스 그룹에 대한 대역폭 사용량 및 채널 당 active STB의 수량 집계, 채널 변경 관련 이슈 등의 정보를 제공한다. 이러한 정보를 CRM(customer relationship management) 데이터로 활용하여 맞춤형 광고나 장애

진단에 사용할 수 있으며, 스위칭 채널 라인업 최적화 및 운영 방향의 수립(서비스 그룹 설정 및 QAM 채널의 추가 등)의 근거 자료로 활용할 수 있다.

3. SDV 기술의 주파수 대역 절감 효과

SDV 기술을 통한 주파수 대역 절감 효과는 다양한 필드 테스트를 통해 이미 입증되었다^{[14][15]}. SDV 서비스의 효율을 평가하기 위한 근거로는 크게 두 가지를 들 수 있다. 첫째는 기존 방식 대비 서비스 그룹(또는 튜너 그룹)당 사용되는 QAM 채널의 수를 비교하는 것이며, 두 번째 방식은 스위칭 채널의 오버서브스크립션(oversubscription rate)을 비교하는 것이다. [6]에서 CISCO사는 표 3과 같은 두 가지 SDV 시스템을 통해 SDV 기술의 주파수 대역 절감 효과를 평가하였다.

그림 5는 두 시스템에 의해 절약되는 주파수 대역을 보여 준다. 그림에서 x축은 스위칭 되는 프로그램(SD급)의 수이며, y축은 스트림을 서비스하기 위해 필요한 QAM 채널의 수를 나타낸다. 그림에서 linear QAMs는 기존의 브로드캐스트 방식, 즉 전 대역에 걸쳐 방송 프로그램을 송출할 때 사용되는 QAM 채널수를 나타내며, 튜너 그룹별 실선과 점

표 3. SDV 시스템들의 스위칭 특성 (출처: The Economics of Switched Digital Video^[6])

Table 3. Switch-Specific Characteristics of SDV Systems (Sources: The Economics of Switched Digital Video^[6])

Switching Attributes	System 1	System 2
Homes passed	100,000	400,000
Digital STBs served	36,000	144,000
DVR penetration	25%	25%
Total tuners served	45,000	180,000
Tuner group size	1,000	500
Number of QAMs switched	4	8

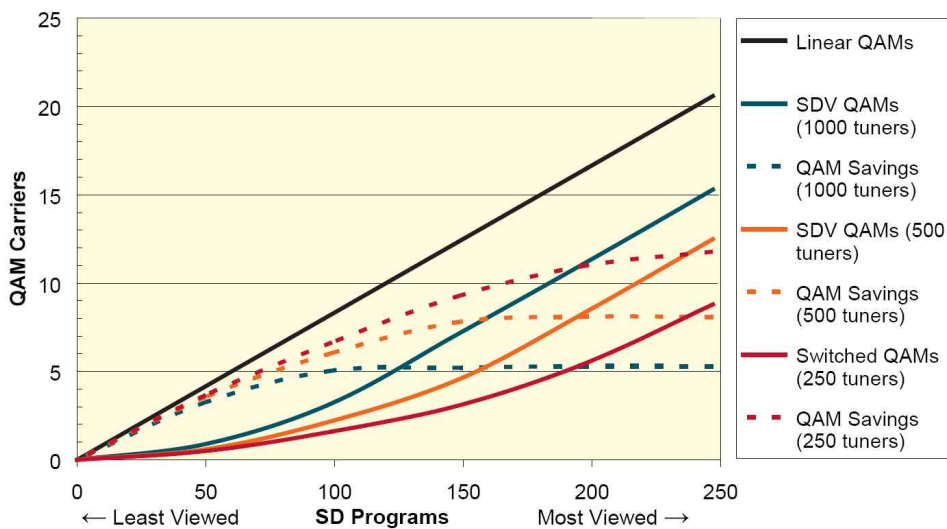


그림 5. 튜너 그룹당 필요 주파수 대역 및 절약된 주파수 대역 (출처: The Economics of Switched Digital Video^[6])

Fig. 5. SDV Bandwidth Required and Bandwidth Saved for Various Tuner-Group Sizes (Sources: The Economics of Switched Digital Video^[6])

선은 각각 서비스를 위해 사용되는 QAM 채널수와 기존 브로드캐스트 방식 대비 절감된 QAM 채널수를 나타낸다. 그림에서 STB를 기준으로 하는 서비스 그룹이 사용되지 않고 튜너 그룹이 사용된 이유는 TV를 보면서 다른 채널을 통해 방송되는 프로그램을 DVR을 통해 레코딩하는 경우처럼 최근 디지털 STB에 탑재/사용되는 튜너의 수가 하나 이상인 경우가 많아 서비스 그룹을 튜너 수를 기준으로 정의하였기 때문이다. 그림에서 기존의 브로드캐스트 방식에 비해 SDV 솔루션을 도입한 시스템 1, 2의 경우 각각 최대로 5, 8개 정도의 QAM 채널을 절약할 수 있다. 대역폭 절약의 정도는 튜너 그룹의 크기와 제공되는 프로그램의 수

에 의존하는데, 튜너 그룹의 크기와 제공하는 프로그램의 수가 작을수록 그 효과가 크다. 이 이유는 튜너 그룹의 크기와 제공 프로그램의 수가 클수록 스위칭하는 프로그램이 다양해져 사용되는 QAM 채널 자원의 양이 많아지기 때문이다. 그림에서 시스템 2의 튜너 그룹 사이즈를 절반으로 줄였을 경우(250튜너) 주파수 절약 효과가 더 커지는 것을 알 수 있다.

앞서 언급한 오버서브스크립션은 스위칭 프로그램을 기존 방식처럼 각각 전송하기 위해 필요한 대역폭의 총합과 스위칭 기술로 전송하기 위해 할당된 대역폭의 비로 정의된다. 4개의 QAM 채널을 사용하는 시스템 1이 60개의 SD

급 프로그램(개당 약 3.8Mbps로 압축됨을 가정)과 10개의 HD급 프로그램(개당 약 15Mbps로 압축됨을 가정)을 스위칭할 때를 고려해 보자. 그리고 각 QAM채널은 오픈케이블 256QAM 방식으로 변조될 때, 각 채널(6MHz 대역)에서 롤-오프 0.12의 제곱근 올림 코사인 필터를 사용해 초당 약 5.36M의 심볼(symbol)을 전송하면 약 38Mbps의 비트 전송률을 갖는다¹⁸⁾. 따라서, 이러한 프로그램들을 전송하기 위해서 기존 브로드캐스트 방식에서는 약 10개의 QAM 채널이 필요하다. 즉,

$$(60 \times 3.8 + 10 \times 15) \div 38 \text{Mbps per QAM} \approx 10 \text{QAMs} \quad (1)$$

시스템 1의 할당 QAM 채널수는 4개이므로 오버서브스크립션은 250%(:10÷4)가 된다. 이러한 SDV 기술을 통해 시스템 1이 동일한 수의 방송 콘텐츠를 서비스하면서도 6개의 여유 채널을 확보하여 고화질 방송 콘텐츠나 신규 디지털 서비스의 추가 제공, DOCSIS 3.0 케이블 모뎀의 서비스 속도 향상의 효과를 거둘 수 있게 해준다¹⁹⁾. 표 1의 주요 북미 지역의 SDV 구축 통계치를 보면 현재 SDV 서비스 중인 지역에서 약 140~320%의 오버서브스크립션을 나타내고 있다. 최근 SDV 시스템의 최적화를 통해 안정적인 채널을 스위칭하면서 높은 채널 오버서브스크립션을 제공하고 있어 주파수 대역 효율이 크게 개선되고 있다.

한편, SDV 시스템의 오버서브스크립션은 시스템에 할당되는 QAM 채널수와 SDV 서비스의 안정성 등과 연계되기 때문에 적절한 오버서브스크립션 선택이 중요하다. 낮은 오버서브스크립션은 시스템에 할당된 QAM 채널의 낭비를 야기할 수 있으며, 너무 높은 오버서브스크립션은 원활한 채널 스위칭을 불가능하게 할 수 있다. 예를 들어 위의 예에서 시스템 1의 스위칭 QAM채널 수를 유지한 채 스위칭 프로그램 수를 2배로 증가시킬 경우 오버서브스크립션은 두 배가 되겠지만, 가입자가 요구하는 채널의 종류가 다양해지질 수 있어 특정 가입자의 신규 채널 요청이 QAM채널 자원 부족으로 블록당할 수 있다. 따라서 오버서브스크립션은 튜너 그룹의 크기, 스위칭하는 프로그램 수 및 프로그램 간 상대적 인기도에 따라 적절히 선택되어야 한다¹⁹⁾. 현재 권장되는 오버서브스크립션은 2.5~4.1의 범위이다⁷⁾.

IV. SDV 기술 시험

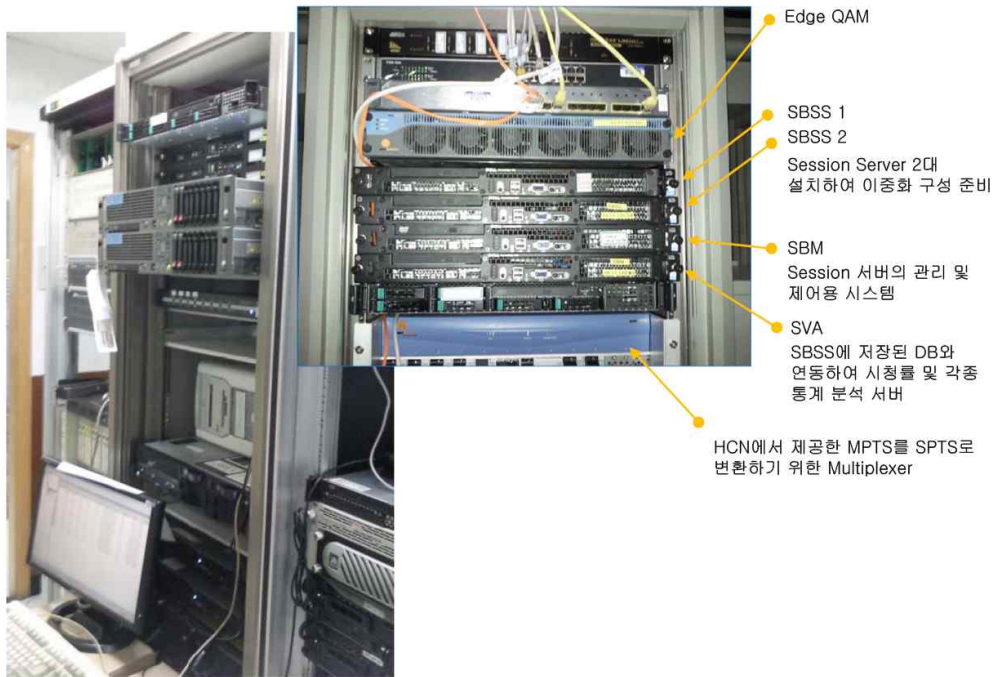
미국 등 케이블 방송이 앞선 나라에서 SDV 기술은 이미 2000년대 중반부터 활발히 적용되고 있다. 최근 국내에서도 초고속인터넷, 인터넷 전화, 방송의 동시 서비스에 따른 주파수 용량의 한계 문제가 대두되고 있으며, 투자비용 대비 주파수 절감효과가 큰 SDV 기술의 도입이 예상된다. 하지만 아직 국내 디지털 케이블 환경에서의 적용 및 운용에 대한 근거자료가 없어 이에 대한 대책이 필요하다.

이번 장에서는 SDV 시스템 성능 및 안정성, 국내 케이블 시장 적용 가능성을 확인하기 위해 실시된 SDV 기술 시험 결과를 소개한다. 본 기술 시험은 SDV 트라이얼 시스템을 HCN 서초 방송국에 설치하여 수행되었다. 본 기술 시험을 통해 i) SDV 솔루션의 국내 케이블 적용/운용 가능성 확인, ii) SDV 시스템 운용 방식 구조 확인, iii) 국내 STB용으로 개발된 SDV client S/W의 동작/운용 여부 확인, iv) SDV 서비스를 통해 획득되는 시청률, 채널 현황 등의 부가 정보 획득 등을 검증한다.

1. SDV 기술 시험 환경

그림 6에 본 기술 시험을 위해 설치된 SDV 솔루션의 테스트베드를 나타내었다. 기술 시험을 위한 SDV 시스템 구성과 기본 동작방식은 앞서 2장에서 설명한 것과 유사하다.

SDV 서비스를 위해서는 STB로 전송되는 각 스트림들이 MPTS(multiple program transport stream)가 아닌 SPTS(single program transport stream)로 스트림들이 개별 구성되어야 한다. 멀티플렉서(multiplexer)는 지상파, 위성, VOD 등의 VBR(variable bit rate)/MPTS 다양한 콘텐츠 소스를 수신하여 CBR(constant bit rate)/SPTS 특성을 가진 프로그램으로 재구성하고 각 방송들을 IP기반의 gigabit로 변환하여 EQAM으로 전송하는 역할을 수행한다. EQAM은 멀티플렉서로부터 GigE switch를 거쳐 IP방식으로 수신된 방송 콘텐츠를 가입자의 STB까지 기존 케이블방송의 RF방식으로 송출해 준다. 본 테스트베드에서 MCP 생성/업데이트 및 세션 관리를 담당하는 SBSS는 2대의 이중화 구조로 설치되는데, 1대는 stand-by상태로 대기하며 주(primary) SBSS



SDV Test Headend

그림 6. SDV 기술 시험을 위한 SDV 테스트베드
Fig. 6. SDV Testbed for the Test

의 백업(backup) 용도로 사용되어 장애로 인해 동작중인 SBSS가 스위치오버(switch over)하는 동안에 작동하여 기존 방송에 영향 없이 서비스를 제공한다. SDV 기술에 사용된 SBSS는 리눅스(Linux)기반의 고가용성(high availability) 서버로 최대 24,000개의 STB를 관리할 수 있다.

2. SDV 기술 시험 결과 분석

본 기술 시험은 채널 스위칭의 동작 성능(channel switching operability)과 시스템 안정성 및 회복력(system reliability and resilience) 검증에 목적을 두고 시행되었다. 채널 스위칭 동작 성능 검증을 위해 채널 스위칭 동작, 다수 STB와의 연동, 시청되지 않는 채널의 대역폭 회수, 채널 라인업상의 모든 채널 수신 여부 등 총 8가지의 시나리오로 테스트하였다. 표 4에 SDV 시험 시스템의 채널 스위칭 성능 평가를 위한 시험 내역 및 판정 기준, 시험 결과를 나타

내었다. 본 기술 시험은 그림 7에 나타난 것처럼 채널 라인업, 서비스 그룹 및 개별 STB 관리가 가능한 SBM 관리툴을 활용하여 시험환경을 설정하였으며, EQAM의 EM (Element Manager)을 통해 EQAM 상의 전송 프로그램 및 사용 대역폭을 모니터링하여 결과를 분석하였다.

표 4에서 보듯이 SDV 기술의 기본적인 채널 스위칭 기능은 안정적으로 동작되며, 국내 SDV 서비스를 위해 개발된 STB용 SDV client S/W(BigBand SDV 솔루션의 경우 Alticast가 개발)가 정상적으로 동작함을 알 수 있다. 시스템 안정성 및 회복력 검증을 위해 SDV장비의 리부팅, STB의 프로그램 요청 메시지 CCP 차단, 업데이트된 MCP의 적용, STB의 서비스 그룹 변경 등 10가지의 시나리오로 테스트하였다.

표 5에 SDV 시험 시스템의 안정성 및 회복력 평가를 위한 시험 내역 및 판정 기준, 시험 결과를 나타내었다. 표 5에 따르면 대부분의 SDV 장치가 재부팅되더라도 1~3분

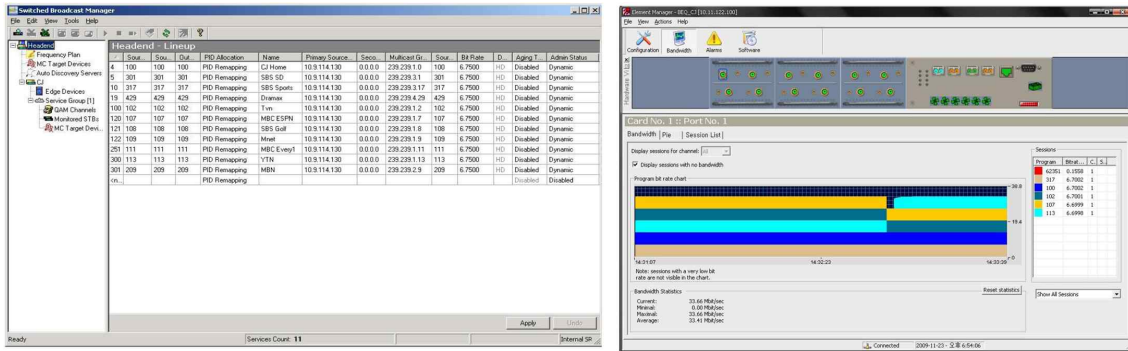


그림 7. GUI기반의 SDV 관리, 모니터링 툴
Fig. 7. GUI-based tools for SDV management and monitoring

표 4. 채널 스위칭 성능 평가

Table 4. Evaluation of channel switching operability

항목	시험 내역	시험 결과
SDV 채널 스위칭	STB의 SDV 채널 연동 확인	1.0초 이내 채널 변경
	다수의 STB를 사용하여 다양한 SD & HD 채널들과 연동	채널 변경시 각 채널들이 정상적으로 수신
SDV 주파수 대역 활용도	여러개의 STB가 SG(서비스 그룹)내의 가용대역폭을 모두 활용하여 제공 가능 최대치의 채널 서비스 가능 여부 확인	STB에서 서비스 가능 채널 최대치 정상 수신
	SG상의 BW가 Full인 상태에서 새로운 채널이 요청되었을 때 시정되지 않는 채널의 BW를 회수하여 채널요청 서비스 가능 여부	비시청 채널의 BW회수하여 신규 채널 서비스 가능
SDV 채널 라인업	SDV 채널 라인업이 업데이트되었을 때 STB들이 바뀐 내용 정상 수신 여부 확인	변경된 채널 라인업에 맞게 각 채널이 정상 수신
	STB에서 SDV 라인업 상에 존재하는 모든 채널이 수신 가능함을 확인	채널 변경시 모든 채널 정상 수신
SDV 채널 블로킹	채널 블로킹 상황 동안 바껴화면(수신 불가 안내 화면)을 확인	수신 불가상태를 만들어 바껴화면 확인
SDV/Broadcast 채널 전환	헤드엔드에서 SDV (switching) 채널과 브로드캐스트(non-switching) 채널 라인업을 임의로 변경하더라도 모든 채널이 정상 수신 가능함을 확인	채널 변경시 각 채널들이 정상 수신

표 5. 시스템의 안정성 및 회복력 평가

Table 5. Evaluation of system reliability and resilience

항목	시험 내역	시험 결과
SDV 시스템 장애 및 재부팅	STB상의 SDV 세션이 있는 1개의 포트를 재부팅(reboot)	1분 20초 후 해당 포트의 프로그램이 정상 수신됨
	STB 재부팅	STB 재부팅 후 모든 채널들의 정상 수신
	EQAM 재부팅	2분 후 프로그램이 정상 수신됨
	SBSS 재부팅	3분 5~10초 이후 STB의 SDV 채널의 변경 정상 동작
	SBM을 재부팅	SBM 정상동작에 약 2분 50초가 소요되며, 재부팅 도중에는 방송 서비스에 영향 주지 않음
	3rd Party 시스템들의 장애시 정상 서비스 확인	Network Switch 차단중 SBSS와 BEQ의 통신단절로 신규채널변경불가 EQAM으로 입력되는 GigE switch의 전원차단시 STB에서 방송수신불가
CCP(신규 프로그램 요청 메시지) 차단	현재 시청채널과 제공되는 채널의 변경 서비스는 정상적으로 제공되나 EQAM을 통해 전송되지 않던 신규 방송 선택시 시청 불가	
SBSS의 이중화구조	이중화된 SBSS의 이중화기능 확인	Primary SBSS 재부팅에도 STB의 채널 변경 정상 동작
채널 및 사용자 그룹 변경	MCP(채널 라인업 정보)의 업데이트	STB에서 업데이트된 MCP 확인 가능
	SG의 변경	SG변경 후에도 SDV 서비스 정상 동작

이후 오퍼레이터의 별다른 조작없이 정상적인 SDV 서비스가 가능하다. STB상의 SDV 포트 및 EQAM 장치의 재부팅, GigE switch의 전원차단 등은 물리적으로 스트림의 전송이 끊어지는 결과를 초래하기 때문에 이들이 정상적으로 동작할 때까지 방송 수신이 불가능하다. 반면 SBSS 및 SBM의 재부팅, CCP의 차단 등은 현재 전송중인 스트림의 수신에는 영향을 주지 않기 때문에 EQAM으로부터 제공 중인 방송의 수신은 가능하다. 다만 이들이 정상적으로 동작하기 전까지 EQAM을 통해 STB로 전송되지 않던 프로그램의 신규 요청이 불가능하다. 그리고, STB으로부터의 CCP처리, 세션 및 EQAM 자원 관리, MCP의 생성/업데이트를 담당하는 SBSS는 이중화로 구성되어, 예상치 못한 장애에도 정상적인 채널 스위칭을 제공할 수 있음을 확인하였다.

V. 결 론

SDV 기술은 사업자가 대역폭을 늘리지 않고도 더 많은 채널을 제공할 수 있게 해주는 기술이다. 이 기술은 모든 프로그램을 시청자에게 늘 제공(브로드캐스팅)하는 것이 아니라 시청자가 채널을 선택했을 때만 프로그램을 제공한다. 인기가 높은 주요 프로그램만 브로드캐스팅하고, 비인기 채널은 스위칭 기술을 사용하여 선택적으로 전송해주기 때문에 그만큼 방송 대역폭을 절감할 수 있다. 기존의 방식에서는 특정 가입자들이 간혹 이용하는 ‘롱테일 콘텐츠(long-tailed content)’도 늘 브로드캐스팅하고 있어야 되기 때문에 대역폭 부담이 크다. 따라서 서비스 비용이 많이 드는 만큼 개인맞춤형 서비스가 비싸질 수밖에 없다. 하지만 SDV 기술을 도입하면, 자주 찾은 콘텐츠들만 브로드캐스팅하고 나머지 콘텐츠는 요청이 올 때만 제공하면 되기 때문에 인프라에 부담을 주지 않으면서도 개인맞춤형 서비스가 가능할 뿐만 아니라 확대된 채널에 따라 소수의 마니아 가입자를 배려하는 효과도 얻게 된다. 또한, SDV 기술은 가입자가 어떤 채널을 선택하는지에 반응해 채널을 제공하는 특성을 갖고 있기 때문에 해당 방송과 관련된 광고를 내보내거나, 시청률과 가입자의 시청형태 분석에 근거하여 개인화된 광고를 내보낼 수도 있다.

본 논문에서는 트라이얼 시스템을 통해 SDV 기술의 기본 동작에 대한 결과를 인지하고, 타 시스템의 기본 동작 테스트 시 기준 및 항목들을 참고할 수 있도록 기여하였다. 본 논문에서 다루고 있는 SDV 기술은 PP(방송 콘텐츠 제공자)에서 헤드엔드까지 전송되는 부분까지 IP기반으로 동작하며, 헤드엔드에서 STB까지 기존의 케이블방송 전송 방식인 RF방식으로 전송한다. 현재에도 많은 MSO에서 헤드엔드 내부에는 IP 방식으로 콘텐츠를 제공받고 있어 SDV 기술을 도입하는데 큰 어려움은 없을 것으로 생각된다. 또한, 방통위고시 “유선방송국 설비 등에 관한 기술 기준”과 관련하여 기술 규약의 변경 또한 요구되지 않는다. 다만 도입 비용에 다른 금전적 부담은 국내 케이블 사업자에게 있어 해결하기 쉽지 않은 숙제로 남아있다. 또한, SDV 시스템의 효율적인 운용을 위해서는 가입자의 채널 시청 정보를 수집 및 분석하여 스위칭에 사용할 프로그램을 결정하고 대상 서비스 그룹의 규모를 적당히 조정할 수 있어야 한다. 더 나아가 서비스 그룹 당 QAM 장비의 결정 및 동시 시청률 최대화를 위한 지능적 설계, 최신 압축 기술 및 개선된 주파수 변환 방식과의 결합 등이 필요하다.

전면 디지털 방송 전환이 예고된 2012년 말 시점까지 케이블 사업자들이 주파수 대역을 추가로 확보할 수 없다면, 원활한 디지털 방송 송출 및 증가하는 양방향 멀티미디어 서비스 제공을 위해 SDV 기술은 가장 매력적인 투자대상이다. 케이블 업계는 경쟁 플랫폼인 IPTV에 맞서 경쟁력 있는 신기술의 도입과 투자에 나서야 향후 디지털 방송 시대에 도태되지 않을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 조성민, 박승권, “HFC 기반 가입자 전달망 기술,” 한국통신학회지, Vol. 22, No. 12, pp. 21-32, 2005. 12.
- [2] 조성민, 박승권, “케이블방송의 IPTV 도입 전망,” 대한전자공학회 텔레콤, Vol. 22, No. 1, pp. 43-50, 2006. 6.
- [3] Marc Tayer, “Attack the HDTV Bandwidth Challenge with a Powerful Technology: VBR/StatMux for Digital Broadcast, VOD and SDV,” in Proc. of SCTE Cable-Tec Expo 2007, June 2007.
- [4] 심재훈, “SDV 도입 현황 및 효과,” Klabs Conference, 2007.
- [5] BigBand Networks Inc. White Paper, J. Nguyen; E. Oz, “Evolving Switched Broadcast Beyond First Generation Deployments”. 2007. Available at: http://www.bigbandnet.com/index.php/tech_white

paper_evolve.html

[6] CISCO Inc. White Paper, G. Hardy; B. Chen; M. Lebar, "The Economics of Switched Digital Video", September 2008. Available at: http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns797/networking_solutions_solution.html

[7] Scientific Atlanta Inc. White Paper, L. Rovira; L. Bombelli; P. Brooks, "An Open Architecture for Switched Digital Services in HFC Networks", in Proc. of SCTE 2006 Conference on Emerging Technologies, January 2006.

[8] Motorola Inc. White Paper, "Using Bandwidth More Efficiently with Switched Digital Video", June 2008. Available at: http://www.motorola.com/web/Business/Home/_Documents/_StaticFiles/Switched%20Digital%20Video%20June%202008%20537340-001-c.pdf?localeId=33

[9] Vecima Networks Inc. White Paper, "Switched Digital Video Architecture Overview", November 2008. Available at: http://www.vecima.com/com_pdf/sdvoverview_wp_d01.pdf

[10] BigBand Networks Inc. "SDV Applications and Benefits SCTE", August 2010. Available at: <http://www.scte-rockymountain.org/documents/Reister-BBND-SCTE-SDV-20May2010-v3%20RMC.pdf>

[11] A. Brenznick, "A Switch in Time: The Role of Switched Digital Video in Easing the Looming Bandwidth Crisis in Cable," IEEE Comm. Mag. Vol.46, No.7, pp. 96-102, July 2008.

[12] 이호숙, "케이블 망을 위한 IP기반 SDV 전송 기술", ICT Forum Korea, 2009.

[13] BigBand Networks Inc. White Paper, S. Riedl, P. Delzio, "Individually Targeted Advertising In A Switched Services Environment". In Proc. of NCTA, April 2006.

[14] N. Sinha; R. Ozo, "The Statistics of Switched Broadcast", in Proc. of SCTE Cable-Tec Expo 2005, January 2005.

[15] S.V. Vasudevan, "Switched Broadcast: Statistics From the Field", in Proc. of SCTE Cable-Tec Expo 2003, January 2003.

[16] Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Switched_video

[17] Available at: <http://www.bigbandnet.com/index.php/switched-video-analysis-overview.html>

[18] 조창연, 허준, 김준태, "초 고화질 텔레비전 방송을 위한 차세대 오픈 케이블 방식에 대한 연구", 방송공학회논문지, 제14권 제2호, pp. 228-237, 2009. 3.

[19] Wauters, T., De Bruyne, J., Martens, L., Colle, D., Dhoedt, B., Demeester, P., Haelvoet, K., "HFC Access Network Design for Switched Broadcast TV Services", IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 53, Iss. 2, pp. 588-594. 2007.

저 자 소 개



최진철

- 2005년 : 아주대학교 전자공학부 학사 졸업.
- 2007년 : 아주대학교 전자공학과 석사 졸업.
- 2007년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 전자공학과 박사과정.
- 주관심분야 : Network Modeling, Optimization, Ubiquitous Networking, Broadcast System, Traffic Engineering.



이채우

- 1985년 : 서울대학교 제어계측 학사 졸업.
- 1988년 : 한국과학기술원 전자공학과 석사 졸업.
- 1995년 : University of Iowa 박사 졸업.
- 1985년 1월 ~ 1985년 12월 : (주)금성통신 연구원.
- 1988년 9월 ~ 1999년 3월 : 한국통신 선임연구원.
- 1999년 3월 ~ 2001년 9월 : Lucent Technologies Korea 이사.
- 2001년 9월 ~ 2002년 2월 : 한양대학교 겸임교수.
- 2002년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 전자공학과 부교수.
- 주관심분야 : 광대역 통신망, Ubiquitous Networking, Traffic Engineering.