

개인화된 콘텐츠 소비를 위한 인터랙티브 방송 시스템 및 서비스

진성호, 노용만(한국정보통신대학교 공학부)

1. 서론

1990년대부터 본격적으로 연구가 시작되었던 디지털 방송 기술은 기존 아날로그 방식의 방송 시스템과 서비스들에 비교해 다양한 변화를 나타내고 있다. 지상파, 케이블, 위성 디지털 방송 뿐만 아니라, DMB(Digital Multimedia Broadcasting)과 IPTV(Internet Protocol Television)에서 보여주듯 방송과 통신이 융합되는 형태로 방송 인프라가 발전되고 있으며, 과거 단순히 AV(Audio/Video) 방송 콘텐츠만을 제공하던 방송이 보다 풍부한 부가 데이터 및 통신망에 기반한 양방향성의 서비스를 제공할 수 있는 방송으로 진화되고 있다. 이러한 방송에 대한 수요 및 역할 변화와 발전되는 방송 인프라와 더불어 다양한 방송 콘텐츠들의 개발과 진보된 방송 서비스들의 개발이 요구된다¹⁾.

디지털 방송 서비스의 장점은 크게 “고화질”, “다채널”, 및 “다기능”으로 정리된다. 특히, 전송 방식의 디지털화는 채널 용량을 대폭적으로 증대시켜, 단일 아날로그 채널 상에 동일한 화질의 다수의 디지털 방송 채널들을 전송할 수 있게 되어 시청자에게 다채널들의 방송 콘텐츠를 제

공하게 되었다. 또한, 디지털화된 AV 콘텐츠와 함께 다양한 부가 데이터를 다중화시켜서 전송할 수 있게 되고, 상기 설명된 방통 융합 인프라를 통해 새로운 형태의 부가 서비스도 가능하게 되었다. 즉, 방송 서비스가 기존의 단순히 시청하는 형태의 방송 서비스에서, 시청자가 적극적으로 참여할 수 있는 방송을 서비스할 수 있게 된 것이다²⁾.

따라서, 차세대 방송 서비스는 시청자의 취향 및 선호에 따라 요구되는 데이터를 선별하여 정보를 제공받을 수 있는 시청자 맞춤형 방송과 단방향성을 벗어나 시청자의 요구가 반영되는 양방향 대화형 방송 형태로 발전될 것으로 기대된다. 이를 실현하기 위한 연구들^{3),4)}이 진행되고 있으며, 지상파 데이터 방송이나 MPEG-4 BIFS(Binary Format for Scenes)를 이용한 차세대 DMB 방송 서비스를 통해서도 이러한 경향을 확인 가능하다^{4),5)}. 상기 방송 서비스의 변화 흐름은 기존의 아날로그 방송 서비스에 비해 TV 단말에서 시청자 의도와 선호도와 같은 시청자의 인터랙션(Interaction)을 적용하는 것으로부터 기인된다.

본 고에서는 개인화된 방송 환경을 위해 요구되는 시청자 인터랙션이 적용된 새로운 형태의 시청자 인터랙티브 방송 시스템 및 서비스들에 대해 소개하고자 한다.

II. 진보된 인터랙티브 방송 시스템 및 서비스

방송환경에서 적용될 수 있는 시청자의 인터랙션은 상호작용의 개체에 따라, TV 단말과 시청자간의 상호작용과 시청자와 서비스 제공자간의 상호작용 형태로 나눌 수 있다. 본 고에서 소개하는 실시간 콘텐츠 필터링과 시청자 기록 정보 재사용은 전자 형태의 상호작용에 기반한 방송 시스템 및 서비스이고, 시청자 선호도 기반 비디오 스키밍(Skimming)은 후자 형태의 상호작용에 기반한다.

1. 실시간 콘텐츠 필터링

시청자가 하나의 주 채널에서 자신의 선호 방송 프로그램(예, 드라마)을 시청하는 동시에 타 채널에서는 관심 있는 방송 프로그램(예, 생방송 축구 경기 결승전)이 방송되는 상황을 가정할 수 있다. 시청자는 타 채널의 흥미 있는 장면(예, 슈트이나 골 장면)들을 실시간으로 시청하길 원한다. 즉, 시청자가 전체 축구 경기를 녹화한 후에 보는 것보다, 흥미 유발 장면들이 발생함과 동시에 그 결과를 시청하고 싶어한다. 특히, 이런 상황은 생중계 되고 있는 스포츠 경기들이 있는 경우 빈번히 발생될 수 있다.

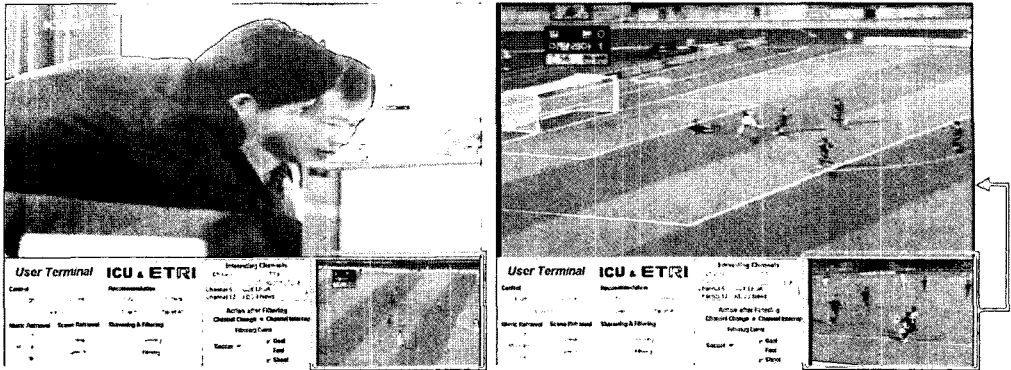
만약 방송 프로그램을 서술하는 메타데이터가 방송 콘텐츠 레벨 인덱싱이나 검색을 제공하지 못한다면 상기 언급한 서비스 시나리오는 불가

능하다. 또한, 프로그램의 메타데이터는 방송 전 사전 제작되어야 하기 때문에 생방송 프로그램에 대해서 충분한 메타데이터를 제공하지 못한다. 따라서, 생방송 프로그램에 대한 콘텐츠 레벨의 실시간 필터링이 셋톱 박스(Set-Top Box)나 개인용 녹화기(Personal Video Recorder)와 같은 TV 단말에서 수행되어야 한다.

필터링 처리의 과정은 다음과 같다.

- ▷ TV를 시청하는 동안 시청자는 실시간 필터링 기능을 작동시킨 후, 자신의 관심 있는 채널을 선택한다. 이 때 TV 단말의 필터링 에이전트 혹은 필터링 모듈이 선택된 기능에 따라 필터링 작업을 수행한다.
- ▷ 필터링 모듈은 TV 수신 단으로부터 방송 콘텐츠의 비디오 스트림을 전송 받고 일정한 간격으로 비디오 프레임을 샘플링 한다.
- ▷ 샘플링 된 비디오 프레임의 컬러 특징 값들이 추출되고, 에지(Edge) 특징 값들은 프레임 내에 공간적 변화 정보를 획득하기 위해 추출된다.
- ▷ 추출된 특징 값들을 이용하여 입력 프레임의 뷰(View) 타입을 결정한다.
- ▷ 뷰 타입의 패턴 변화가 나타나는 시간적 프레임의 특징을 고려함으로써 선호 장면을 검출한다.
- ▷ 필터링 모듈은 시청자에게 필터링된 장면 결과를 제공한다.

스포츠 장르는 생중계라는 조건과 시청자들의 관심을 유발하는 장르이며, 장면 검출 알고리즘들은 현재까지 많은 연구들이 되어 있는 장르이다. 따라서, 본 고에서 소개하는 실시간 콘텐츠 필터링 서비스는 스포츠 장르 중 하나인 축구 콘텐츠에 대한 필터링 모듈을 구현한다. 축구 콘텐



〈그림 1〉 관심 채널(이 경우는 축구 경기)에 대해 실시간 콘텐츠 필터링을 수행하는 화면

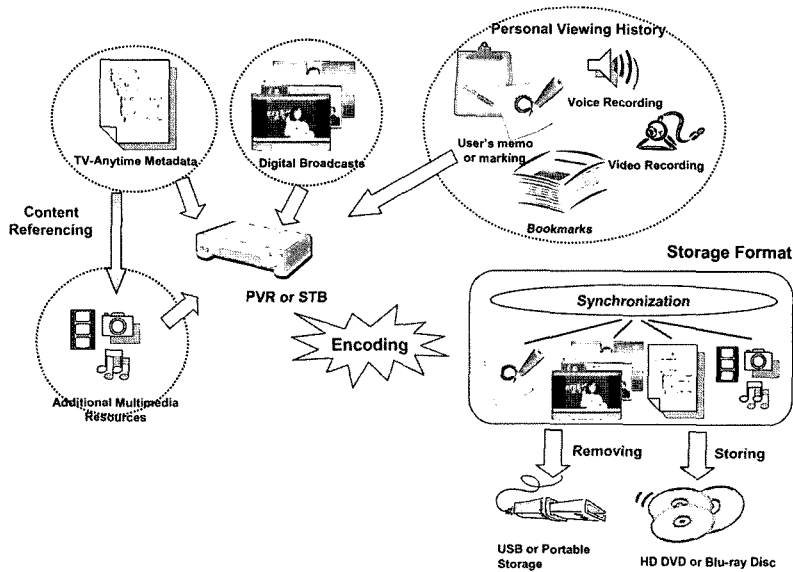
츠의 장면 정보를 실시간으로 필터링하기 위해서, 축구 콘텐츠의 시네마 특징을 이용한다. 입력 프레임들을 클로즈 업 뷰(Close-up view), 미디엄 뷰(Medium view), 골대가 있는 글로벌 뷰(Global view with a goal post), 골대가 없는 글로벌 뷰(Global view without a goal post)와 같이 4가지 형태의 뷰 타입들로 구분한다. 각 뷰 타입을 검출을 위해서, 샘플링된 비디오 프레임의 컬러 도메인을 RGB에서 HSI로 변환하여 3x3 빈(Bin)들로 나뉜 컬러 맵(Color map)에서 휴(Hue)값을 추출 하여, 미디엄 뷰를 검출한다. 예지 정보를 위해서 소벨 마스크(Sobel masking), 세선화(Thinning), 그리고 허프(Hough) 변환이 수행되고, 축구 경기장을 형성하는 예지의 방향 정보와 추출된 컬러 정보를 이용하여, 나머지 뷰들을 검출한다. 검출된 뷰들의 시간적 패턴을 이용하여, 슛 장면(골 포함)의 후보 군을 검출할 수 있다. 필터링 성능을 향상시키기 위해서, 검증 단계로 리플레이 샷(Replay shot)을 검출하여, 후보들 중에서 슛 장면을 검출한다. 리플레이 샷은 점수판 영역을 추출하여 입력 프레임의 해당되는 영역의 점수판 유무에 따라 판단한다⁶⁾.

그림 1에서 주 화면의 오른쪽 하단의 작은 화면은 관심 채널로부터 방송되는 콘텐츠를 디스플레이하고 있다. 시청자는 관심 채널로서 축구 콘텐츠를 선택하고, 흥미있는 장면 정보로써 “슛”과 “골인” 장면을 선택한다. TV 단말의 필터링 모듈은 시청자가 희망한 장면 정보를 필터링과 동시에 시청자에게 필터링 수행 결과를 알려준다. 실제의 TV 단말에서 PIP(Picture in Picture) 기능이나 타임머신 저장 기능으로 필터링 결과를 효과적으로 나타낼 수 있을 것으로 기대된다.

2. 개인화된 방송 콘텐츠 통합 저장

방송의 디지털화가 진행되면서, 시청자는 방송 콘텐츠 뿐 아니라 부가 콘텐츠들을 소비하거나 시청자 데이터를 입력하는 등 다양한 패턴으로 방송 콘텐츠를 소비하는 것이 가능하다. 방송 환경에서의 부가 콘텐츠는 TV-Anytime 메타데이터에 의해 기술되며, CRID(Contents Referencing Identifier)를 통해 기술되며 접근 및 사용이 가능하다⁷⁾.

또한, TV 단말의 기능이 향상으로 인해, 보다 풍부한 시청자 데이터를 입력이 가능할 것으로



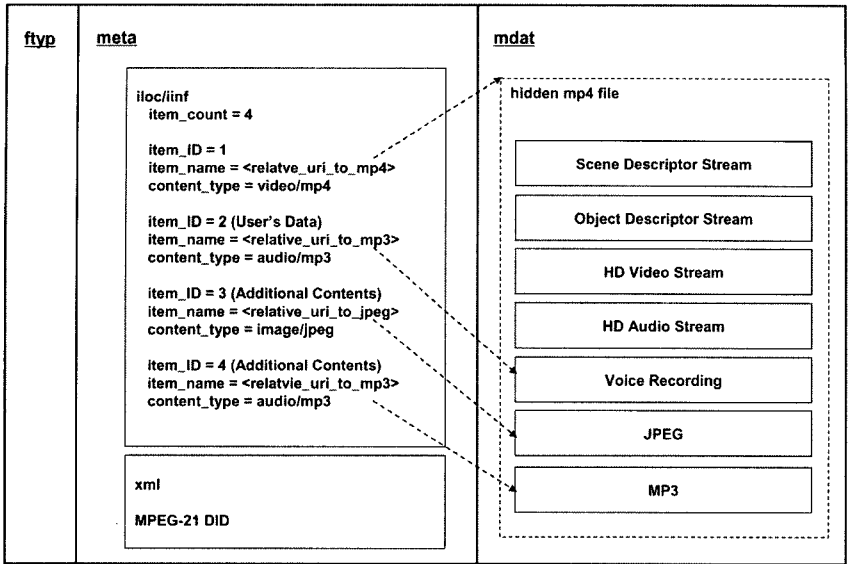
〈그림 2〉 통합 형식 개요

기대된다. 즉, 방송 콘텐츠의 특정 부분을 반복 재생한다거나 시청 정지 와 같은 시청자 기록 정보뿐만 아니라, 시청자가 방송 프로그램 시청 시 중요한 부분에 체크를 한다거나 간략한 메모를 적거나 자신의 목소리를 녹음하는 등 시청자의 의도가 들어간 시청자 데이터를 TV 단말에 저장할 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 정보들은 시청자 자신에게 의미 있는 정보이므로, 개인용 단말에 녹화된 방송 콘텐츠를 시청자가 소장이나 단말 이동의 목적을 가지고 HD-DVD, 블루레이 디스크와 같은 저장 매체로 저장 보관 시, 방송 콘텐츠 뿐만 아니라 TV-Anytime 메타데이터, 다운로드 된 부가 콘텐츠, 시청자 데이터 및 시청 기록을 함께 저장함으로써 시청자에게 만족스러운 맞춤형 방송 서비스를 제공할 수 있다.

통합 저장 시 기존의 메타데이터에 기술된 정보만으로는 부가 콘텐츠 및 시청자 기록 정보에 대한 접근 및 추출이 불가능하다. 따라서 방송 콘텐츠를 저장 매체에 저장한 후에도 시청자 및

축형 방송 서비스를 제공하기 위해서 새로운 저장 형식이 필요하다.

그림 3에서 제안된 저장 형식은 MPEG-21 파일 구조를 기반으로 한다. MPEG-21 파일 구조는 다양한 종류의 멀티미디어 데이터를 디지털 아이템(Digital Item) 형태로 관리한다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 가장 상위에 “ftyp”, “meta”, “mdat” 박스를 가지고 있다. “ftyp”은 파일의 형식을 기술하여 주는 부분이고, 실제 데이터의 내용은 “mdat” 박스 안에 들어가게 되고, “meta” 박스에서 “mdat” 박스 안에 들어있는 각 디지털 아이템들의 이름, 파일 형식 등의 정보와 접근 정보(즉, 오프셋과 데이터 길이)를 포함한다. 그리고 “meta” 박스 내부에 있는 MPEG-21 DID (Digital Item Declaration)를 통해 각 아이템들에 대한 권한 관리 등을 수행할 수 있다. 본 고에서 제안한 저장 형식에서는 “mdat” 박스 안에 MPEG-4 파일이 “hidden mp4 file”의 형태로 삽입된 형태로 구성된다.



〈그림 3〉 저장 형식 구조

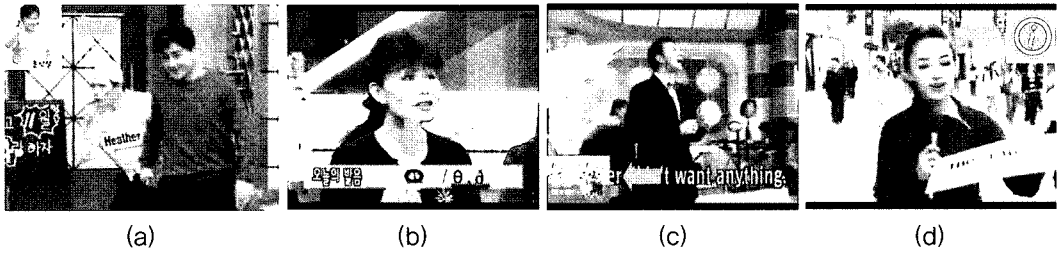
제안된 저장 형식에서는 부가 콘텐츠 및 시청자 데이터와 방송 콘텐츠는 MPEG-4 파일 구조에서 저장하고, 각각의 MPEG-4 파일들을 MPEG-21 파일 구조를 통해 디지털 아이템으로 포함하는 구조이다. 즉, 방송 콘텐츠 자체에 대한 권한 관리 및 접근, 추출과 각 부가 콘텐츠들에 대한 권한 관리 및 접근, 추출을 독립적으로 수행할 수 있다.

제안된 저장형식에서는 방송 콘텐츠와 함께 부가 콘텐츠 및 시청자 데이터를 렌더링 하기 위해서, MPEG-4 Part 11, BIFS(Binary Format for Scene)의 Scene Graph Core2D 프로파일을 이용한다. BIFS는 오브젝트 기반인 MPEG-4파일의 각 오브젝트들에 대한 정보를 가지고 있는 Object Descriptor(OD), 오브젝트들의 시간, 공간 정보를 가지는 Scene Descriptor를 가지고 있다. Initial Object Descriptor(IOD)를 통해 OD와 Scene Descriptor를 초기화하고, 각 장면에 대해 이들을 업데이트해 줌으로써 영상을 구성

할 수 있다. BIFS 정보를 통해 방송 콘텐츠를 부가 콘텐츠 및 시청자 데이터와 동기화시켜 하나의 MPEG-4 파일을 생성하고, 저장 형식에서 "hidden mp4 file"의 형태로 삽입된다.

메모, 북마크(Bookmark), 음성 녹음 등과 같은 시청자 입력 데이터 및 부가 콘텐츠들과 방송 콘텐츠간의 시간 및 공간적 동기화 정보를 기술하는 메타데이터와, 시청자 데이터의 정보뿐만 아니라 부가 콘텐츠들의 TV-Anytime CRID 정보를 저장 형식 내의 실제 데이터의 위치를 연결할 수 있는 참조 테이블(Look-up table)를 저장 형식내에 삽입한다.

방송 콘텐츠를 소비하는 다양한 패턴의 유지 및 재사용 가능성을 검증하기 위해서 다양한 종류의 부가 콘텐츠 및 시청자 데이터를 방송 콘텐츠와 함께 소비하는 경우를 본 고에서는 구성하였다. 터치 스크린을 통한 시청자 데이터의 입력이 용이한 태블릿 PC를 이용하여 사용자 인터랙션을 수행하였다. 영어 교육용 방송 콘텐츠를 대



〈그림 4〉 시청자 데이터 및 부가 콘텐츠 BIFS 렌더링을 통한 재생 (a) JPEG 영상, (b) 터치펜에 의한 마킹, (c) 비디오 클립, (d) 북마크

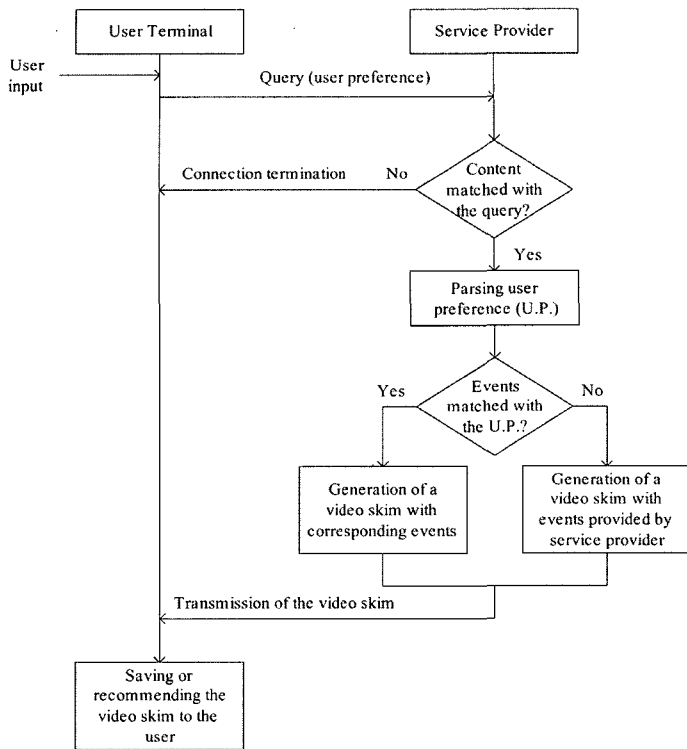
상으로 CRID로 획득 가능한 MPEG-1 비디오 클립 및 JPEG 영상과 사용자에 의해 입력 가능한 터치펜 입력 및 URL를 그림 4에서와 같이 방송 콘텐츠에 MPEG-4 BIFS를 이용하여, 이미지, 마킹, 비디오 클립, 웹 링크 삽입하여 방송 콘텐츠의 시간, 공간적 동기화 정보에 맞추어 재생한다.

3. 시청자 선호도 기반 방송 콘텐츠 스키밍

시청자들은 방송 콘텐츠의 의미있는 장면들에 대해서 서로 다른 각자의 취향들을 가진다. 따라서, 시청자들은 동일한 콘텐츠에 대해 서비스 제공자의 의해 생성된 획일적인 방송 프로그램 예고편이 아닌 그들의 선호도에 기반하여 차별화된 프로그램 예고편들을 제공 받을 수 있다. 예를 들어, 하나의 영화에 대해서 액션장면을 선호하는 시청자들, 로맨틱한 장면을 선호하는 시청자들과 같이 여러 시청자 군들로 나눌 수 있다. 따라서, 시청자들의 콘텐츠 선택의 효율성과 콘텐츠 제공자의 콘텐츠 소비 촉진 목적을 위해 시청자들의 선호도에 기반한 비디오 요약물을 제공하는 방송 서비스를 제안한다. 제안하는 방법에서의 맞춤형 서비스는 콘텐츠 제공자에서 해당 콘텐츠에 대해서 미리 세그먼트(Segment)된 장면 정보들을 이용하여, 각각의 시청자들의 선호

도 정보에 따라 서로 다른 비디오 요약들을 생성하고 제공한다. 따라서, 서비스 제공자 또는 콘텐츠 제작자는 개인화된 비디오 스키밍 서비스에 의해서 그들의 콘텐츠에 대한 소비를 촉진시킬 수 있으며, 수 많은 방송 콘텐츠들 중 자신에게 적합한 콘텐츠 및 채널을 선택함에 있어서, TV 시청자에게 편의성을 제공할 것으로 예상된다. 본 서비스는 동일한 방송 콘텐츠에 대해 서로 다른 시청자들의 만족감을 증대시키는 것이다.

그림 5는 제안된 시청자 개인별 차별화된 비디오 스키밍 서비스에 대한 과정을 나타낸다. 상기 서비스는 시청자의 선호도에 대한 보안 및 선호도 정보 제공을 고려하여, 가입자 기반의 서비스 형태로 개발될 수 있다. 따라서, 다음과 같은 서비스 절차를 보여준다. 먼저, 각각의 시청자 단말에서 시청자의 요구에 의해서, 서비스 제공자나 콘텐츠 제공자로 질의를 한다. 이때, 질의는 시청자 선호도 정보를 포함한다. 서비스 제공자는 먼저, 해당되는 콘텐츠가 자신의 콘텐츠들의 목록과 비교하여, 해당 콘텐츠가 없는 경우 연결을 종료하고, 해당 콘텐츠를 보유하고 있는 경우, 시청자 선호도를 파싱(Parsing)한다. 파싱된 정보로부터 획득된 선호 장면 정보를 가지고, 해당 콘텐츠에 대해, 미리 파싱된 장면 정보와 비교를 한다. 시청자의 선호 장면이 미리 파



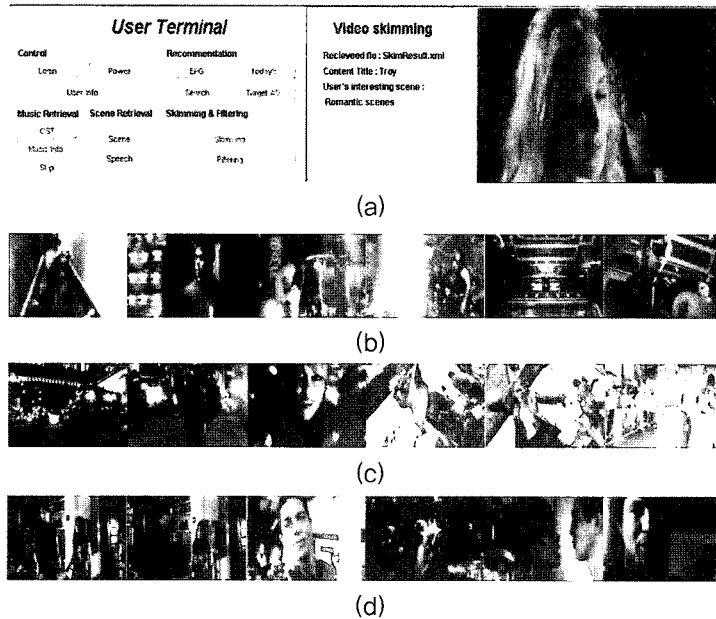
〈그림 5〉 개인화된 비디오 스키밍 서비스의 흐름도

싱된 장면 목록에 속하면, 해당 장면을 가지고, 비디오 스킴(Skim)을 생성한다. 장면 목록에 해당 장면이 없는 경우, 서비스 제공자에 의해서 제공되는 비디오 스킴을 생성하게 된다. 생성된 비디오 요약은 시청자 단말에 전송이 되게 되고, 전송된 비디오 스킴은 시청자 단말에서 저장을 하거나, 혹은 직접적으로 추천할 수 있게 된다.

시청자 선호도란 시청자가 시청자 단말에서 행하는 행동 패턴과 행동 패턴에 따라 예측되는 시청자의 방송 콘텐츠에 대한 시청자의 성향을 의미한다. 상기 서비스에서 적용하는 시청자 선호는 TV-Anytime에 기반하며, 콘텐츠 레벨의 선호 장면 정보 전달을 위하여, TV-Anytime 선호도 정보를 확장한다. TV-Anytime의 시청자 선호도 정보 중 ClassificationPreferences DS는

시청자가 선호하는 장르 또는 언어와 같이 콘텐츠에 대한 여러 가지 classification들에 관한 선호도를 나타낸다. 개인화된 비디오 요약 방송 서비스를 위해서 필요한 장면 정보는 ClassificationPreferences DS의 자식 엘리먼트(Element)들에 “Events”로 삽입되어 확장된다. “Events”의 내용은 콘텐츠의 각 장르에 따라 달라진다. 예를 들어 영화 장르의 경우, “Action”, “Romantic”, “Comic” 등과 같은 장면 타입으로 구분될 수 있다. 장면의 분류는 선호도 정보의 업데이트를 고려하여, TV-Anytime의 메타데이터들의 규격 중 Segmentation DS에서 규정하는 장면 타입을 따른다.

시청자 선호도를 시청자 단말에서 업데이트하는 방법은 TV 단말에서 장르에 의해서 구분되는 각 콘텐츠에 대한 장면 선호도는 시청자에 의



〈그림 6〉 개인화된 비디오 스키밍 서비스 (a) 실행 화면, (b) 액션 장면, (c) 스포츠 장면, (d) 로맨틱 장면들로 구성된 비디오 스킴들

한 직접 입력 방식과, 시청자의 액션 히스토리 (Action History) 정보를 이용하여 업데이트하는 방식이 가능하다. 직접 입력 방식은 시청자가 자신이 원하는 각 장르에 대한 선호 장면을 기록하고, 이 정보를 중심 정보로 이용한다.

그림 6 (a)는 시청자 단말에서 차별화된 비디오 스키밍 서비스의 구현된 화면을 나타낸다. 제안하는 개인화된 비디오 스키밍 서비스의 유효성을 테스트하기 위해 영화 장르의 비디오에 대해서 장면들을 세그먼트하고, 해당 선호도 정보에서 추론된 선호 장면 정보에 따라 비디오 스킴을 생성하고, 시청자 단말에 제공하는 실험을 하였다. 네트워크를 통해서 시청자 3명에 동일한 콘텐츠(영화) 대한 시청자 선호도들을 입력 받은 서비스 제공자는 그림 6 (b)-(d)에서 보여주는 것과 같은 시청자의 선호 장면들로 구성된 비디오 스킴들을 각각의 시청자 단말에게 전송하였다.

III. 결 론

본고는 디지털 방송 환경에서 개인화된 콘텐츠 소비를 위해 3가지 형태의 시청자 인터랙티브 방송 시스템 및 서비스를 소개하였다. 실시간 방송 콘텐츠 필터링은 실시간에 근접하게 시청자의 선호도나 의도에 대응하는 장면들에 대해서 콘텐츠 레벨에서 효과적이고 효율적으로 필터링하여, 시청자가 다 채널 방송 환경에서, 원하는 장면을 방송하는 채널을 추천 받을 수 있는 시스템을 보여주고 있으며, 개인화된 방송 콘텐츠 통합 저장에서는 시청자에 따라서, 서로 다르게 소비된 방송 콘텐츠, 부가 콘텐츠 및 시청자 입력 데이터를 동기화 정보와 함께 저장할 수 있는 방법을 제안함으로써, 저장 매체를 통해 방송 콘텐츠를 소장, 단말 이동, 공유를 함으로써 방송 콘텐츠의 소비 형태가 더욱 더 개인화 될 수

있을 것으로 기대된다. 마지막으로, 시청자 선호도 기반 방송 콘텐츠 스키밍은 시청자 개인에게 차별화된 비디오 요약물을 제공함으로써, 시청자들의 만족도도 증가와 함께 콘텐츠 소비를 유발한다. 본 고에서 제안하는 방송 서비스의 아이디어들을 확장하여 실제의 디지털 방송 서비스에 충분히 적용 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] 홍진우, “디지털 방송 기술 및 서비스 전망”, 주간기술동향 1234권, 2006.
 [2] 오승준, “IT839 전략표준화-디지털 방송”, TTA 저널 100호, pp. 58-69, 2005.
 [3] ETRI, “지능형 통합정보 방송(SmarTV) 기술 개발수행계획서,” 2006.
 [4] 무선관리단, “데이터 방송 활성화를 위한 정책 방안 연구”, pp. 105-129, Feb. 2005.
 [5] 한중수, 배성수, 김철목, 최규태, “DMB 기술과 시스템”, 세화, pp. 524-622, June 2005.
 [6] S. H. Jin, J. H. Cho, and Y. M. Ro, “Meaningful Scene Filtering for TV Terminals,” IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 52, no. 1, pp. 263-267, Jan. 2006.
 [7] TV-Anytime specifications, [online available] <http://www.tv-anytime.org>
 [8] S. H. Jin, J. H. Cho, J. S. Jang, Y. M. Ro, and H. K. Lee, “Multimedia Packaging for TVAF-based Broadcasting Contents”, IPCV06, vol. I, pp. 167-172, June 2006.
 [9] 진성호, 조준호, 배태면, 노용만, 강경욱, 홍진우, “개인화된 비디오 요약 방송 서비스” 한국방송공학회 학술대회, pp. 93-96, 2004.

저자소개



진 성 호

2000년 중앙대학교 전기전자제어공학부 학사
 2002년 한국정보통신대학교 공학석사
 2006년 한국정보통신대학교 공학박사
 2001년 (주)스핀테크 위촉연구원
 2003년 (주)인터정보 위촉연구원
 2004년 한국전자통신연구원 위촉연구원
 2006년-현 재 한국정보통신대학교 Post doc. 연구원

주관심분야 Digital broadcasting, Image and Video Retrieval, Video Indexing and Segmentation, Multimodal feature processing, Intelligent Agent, MPEG-7, MPEG-A



노 용 만

1985년 연세대학교 전자공학과 학사
 1987년 한국과학기술원 전자공학부 석사
 1992년 한국과학기술원 전자공학부 박사
 1987년-1988년 Columbia University, New York, Staff Associate
 1993년-1995년 University of California, Irvine, Researcher
 1992년-1997년 대전대학교 조교수
 1996년-1997년 University of California, Berkeley, Research Fellow
 1997년-현 재 한국정보통신대학교 교수

주관심분야 Image/Video processing, MPEG-7, MPEG-21, Scalable Video Coding, Watermarking, Information filtering, Image reconstruction (MRI and CT, PET), Spectral analysis of image signal, Feature recognition, and Functional imaging