

특집/방송관련 표준화

MHEG-5의 디지털 TV에서의 응용

이동일, 정광수, 강경진, 박형모
LG LCD 소프트웨어 사업본부

1. 서론

1970년대 이후로 급속한 발전을 거듭한 디지털 컴퓨팅 기술은 인간 삶의 여러 형태를 바꾸어왔고, 새롭고 다양한 문화를 창조하고 있다. 특히 디지털 컴퓨팅 기술은 정보 표현과 전달의 중요한 도구로 사용되어, 이미 통신의 중요한 기반기술이 되어버렸다. 특히 오랫동안 변함없이 아날로그 기술이 기반을 유지하고 있던 방송 분야에 있어서도 디지털 기술의 유용성이 인식되어 기술전환을 계획하고 있는 시점이 되었다.

하지만 방송의 거대한 시장에 있어서 기반 기술을 전환하는 것은 쉬운 일이 아니다. 특히 기반 기술의 전환에 따른 비용 부담의 문제는 디지털 방송의 상용화의 앞에 놓인 가장 큰 걸림돌이다. 디지털 방송의 상용화 및 대중화를 위해서는 일단 사용자의 의식변화를 유도하는 것이 가장 중요한 과제이다.

그런데, 현재의 디지털 고화질 서비스 만으로는 일반인들의 소비를 유도하기에는 불충분한 실정이다. 이러한 상황의 타개책으로 고려되고 있는 것이 바로 데이터 방송 서비스이다. 데이터 방송은 디지털 방송을 통해 기존 아날로그 방송과의 차별화된 서비스를 할 수 있는 가장 유용한 응용기술이다. 따라서 이를 실현하기 위해 각 표준화 기구에서 활발한 활동을 진행중이다. 특히 데이터 방송을 가장 빠르게 준비하고 있는 유럽에서는 데이터 방송 수신을 위한 표현도구로 MHEG-5를 채택하고 있다. 따라서, 본 논고에서는 데이터 방송 수신을 위해 채택되고 있는 MHEG-5 표준과 그 응용 가능성을 살펴보기로 한다.

2. MHEG-5 개요

ISO/IEC JTC1 SC29 (Coding of Audio, Picture, Multimedia and Hypermedia Information) 위원회는 멀티미디어 시스템의 교환 포맷을 표준화하고 있다. SC29의

대표적인 표준화 그룹을 살펴보면 다음 그림과 같다.

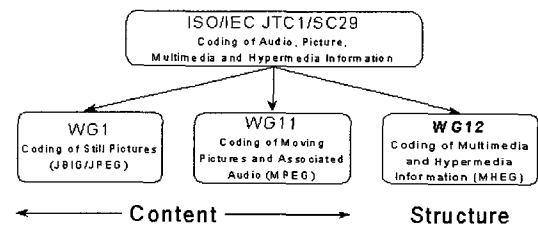


그림 1. SC29의 대표적인 표준화그룹

위의 그림1에 나타난 작업그룹 중 WG12의 활동은 앞의 두 그룹과 성격상 차이가 있다. 앞의 WG1과 WG11은 화상, 동영상, 오디오의 부호화 방식을 표준화하며, 주로 데이터의 압축과 관련된 신호처리가 주된 작업이라면, WG12는 이들 그룹에서 표준화하고 있는 각각의 모노미디어 정보를 연결하여 완성된 형태의 멀티미디어/하이퍼미디어 표현을 할 수 있도록, 멀티미디어/하이퍼미디어 정보 부호화의 표준화가 주된 작업이며 정보공학적이라고 할 수 있다.

이러한 MHEG 표준화는 1994년에 ISO/IEC 13522 Part 1 (MHEG-1)의 표준화를 시작으로 Part 3, Part 4, Part 5, Part 6, Part 7(각각 MHEG-3, MHEG-4, MHEG-5, MHEG-6, MHEG-7)의 표준화가 진행중이다. 아래에 각 Part의 제목을 표시하였다.

- ISO/IEC 13522 Part 1 (MHEG-1): MHEG object representation - Base notation (ASN.1)
- ISO/IEC 13522 Part 3 (MHEG-3): MHEG script interchange representation
- ISO/IEC 13522 Part 4 (MHEG-4): MHEG registration procedure
- ISO/IEC 13522 Part 5 (MHEG-5): Support for base-level interactive applications

- ISO/IEC 13522 Part 6 (MHEG-6): Support for enhanced interactive applications
- ISO/IEC 13522 Part 7 (MHEG-7): Interoperability and Conformance Testing for ISO/IEC 13522-5

MHEG-1은 멀티미디어 객체 및 동적 특성, 이들 객체에 가할 수 있는 행위(Action: 객체에 가할 수 있는 오퍼레이션), MHEG 인터프리터들이 MHEG 객체를 공유할 수 있도록 ASN.1으로 기술한 교환포맷을 정의하였다. MHEG-1은 표현미디어(Representation Media: 상호교환되는 데이터의 양식, 즉 부호화된 형태로 기술되는 정보의 포맷)로서의 MHEG 객체 생성모델을 기술하였으나, 멀티미디어 표현의 실행에 관하여는 비중있게 고려되지 못했다.

MHEG-2는 MHEG-1에서 정의한 MHEG 객체를 SGML에 기반을 둔 교환포맷을 정의하려 하였으나 결국은 표준화 되기 전에 취소된 Part이다.

MHEG-3는 1995년에 표준화된 Part로 virtual machine 상에서 동작하는 스크립트 언어를 정의하였다.

MHEG-4도 역시 1995년에 표준화된 Part로 MHEG에서 사용하는 Content Data의 포맷 ID를 등록하는 ISO의 공식적인 절차를 정의하였다.

MHEG-5는 1997년에 표준화 되었으며, 적은 자원을 요구하는 MHEG 엔진(인터프리터)의 개발이 가능하도록 하는 표준이다. 이 표준은 상당부분 DAVIC(Digital Audio-Visual Council)의 요구사항에 부합하여 VOD에 적합하도록 작성되었다. 현재는 영국을 선두로 유럽 각국이 이 표준을 기반으로 디지털 방송 서비스를 시도하고 있다.

MHEG-6는 MHEG-5의 기능적으로 약한 부분을 확장하기 위해 제작된 표준이다. 이 Part은 MHEG-5에서 하기 힘든 산술연산 부분과 통신 부분을 Java 언어를 통해 해결할 수 있도록 MHEG-5 API(Java package 형태, iso.mheg5 package) 및 이를 위한 Java Virtual Machine 환경을 정의하였다. Java code 는 이 API를 통해 MHEG-5 엔진의 서비스를 사용할 수 있다.

MHEG-7은 현재 FCD(Final Committee Draft)상태까지 표준화 되었으며, MHEG-5 엔진의 상호연동성(Interoperability) 및 적합성(Conformance) 시험을 위해 표준화되었다. 이 표준에서는 특정 MHEG-5 Application Domain(ISO/IEC 13522-5를 사용하고, 실제 MHEG-5 시스템을 구현하기 위해 특정 값을 지정하는 프로파일을 가진 응용의 영역)에서의 MHEG-5 엔진의 적합성을 시험하기 위한 테스트 스위트(test suite)를 정의한다.

현재는 Internet 사용자를 고려하고, DB(Data Base) 연동을 위하여 MHEG-5 객체를 XML로 정의하는 작업을 하고 있으며, Part 8(MHEG-8)으로 등록될 예정이

다.

이상에서 설명한 것처럼 MHEG-5는 분산환경 또는 방송환경에서 대화형 멀티미디어/하이퍼미디어 응용을 사용자에게 제공하기 위해 개발되었다. 이를 위해 MHEG-5가 제공하는 기능은 다음과 같다.

- 멀티미디어/하이퍼미디어 문서 처리 및 동기화
- 사용자 상호작용
- 실시간 상호교환 및 실시간 표현
- 멀티미디어/하이퍼미디어 응용의 이기종 상호교환
- 멀티미디어 자료의 재사용성 향상

MHEG-5는 멀티미디어/하이퍼미디어 표현을 위하여 객체지향적인 정보 구조와, 시공간적 동기화 메커니즘을 정의하였다. 이들 사항은 다음 장에서 살펴보기로 한다.

3. MHEG-5 클래스 계승구조

MHEG-5 표준에서는 응용들 사이에서 상호교환되는 멀티미디어 및 하이퍼미디어 정보의 내용과 행위에 따라 이들의 클래스를 정의하였다. 클래스의 분류는 멀티미디어 및 하이퍼미디어 정보들의 공통 특성과 행위의 분석 결과에 토대를 두었으며 각 객체는 능동적, 자율적이며 다른 응용에서 재사용하기가 용이하도록 객체 지향적 정보 표현방식을 채택하였다. 클래스는 객체의 구조를 기술하며 이로부터 여러 개의 실체(instance), 즉 객체들이 생성된다. 그림 2는 클래스와 객체의 관계를 나타낸 것이다.

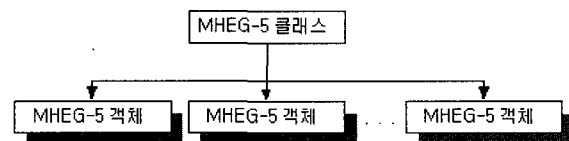


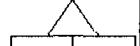
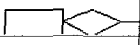



그림 2. 클래스와 객체

MHEG-5 표준이 제시하는 멀티미디어 정보의 자료 구조는 클래스의 형태로 되어 있으며, 하나의 클래스 정의로부터 실제적인 값을 포함하고 있는 여러개의 객체가 생성된다. MHEG-5 클래스는 ASN.1으로 기술되며, 객체들은 DER(Distinguished Encoding Rule)로 인코딩된다.

MHEG-5에서는 각 클래스 별로 상호 교환에 사용되는 외부 속성(exchanged attribute)과 상위 클래스로부터

표 1. 클래스 다이어그램의 설명

	사각형의 박스는 MHEG-5 클래스를 의미한다. 클래스의 이름이 볼트체인 것은 concrete 클래스를 의미한다. Concrete 클래스는 객체로 정형화 될 수 있는 클래스를 의미한다.
	클래스의 이름이 normal 스타일인 경우 추상 클래스(abs를 의미하며 하위 클래스에 상속 될 정보만을 기술할 뿐 객체가 생성되지는 않는다.)
	삼각형은 상속의 관계를 나타낸다.
	다이아몬드형은 조합을 의미한다.
	검은 점은 0 또는 그 이상의 관계를 의미한다.

상속되는 상속 속성(inherited attribute), MHEG-5 엔진 및 시스템에 내에서 사용될 내부 속성(internal attribute)을 정의하며 객체들의 여러 행위를 정의한다. MHEG-5 클래스들의 계승 구조에 대한 이해를 돕기 위해 표준에서는 클래스 다이어그램을 제공하는데, 여기에서 사용되는 기호들의 의미는 표1과 같다. 그림3은 MHEG-5 클래스들 중 상위 클래스의 계승 관계를 나타낸 것이다.

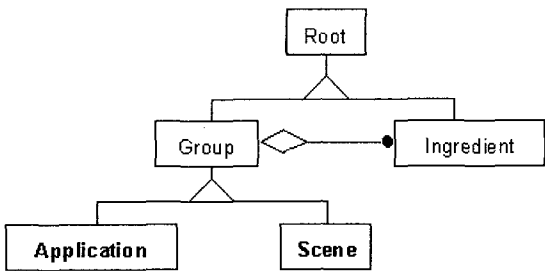


그림 3. 상위 클래스 계승구조

Root 클래스는 모든 MHEG-5 클래스의 기본 추상 클래스이며, 주된 기능은 일반적인 MHEG-5 객체의 행위들(activation, deactivation, preparation, destruction)을 정의하고 객체의 식별 메커니즘을 제공하는 것이다. Group 클래스는 Application 클래스와 Scene 클래스의 기본 추상 클래스로, 주된 기능은 정보 객체들의 교환을 위해 서로 다른 클래스의 그룹화를 지원하는 것이다. Group 클래스에 의해 그룹화되는 객체들은 Ingredient 객체들이다. 각각의 Ingredient 객체들은 항상 하나의 Group에만 포함된다. Application 클래스는 한 응용내에서 공유할 Ingredient 객체들을 그룹화 한다. Application 클래스는 다음과 같은 제약 조건이 있는데, 첫째로 한번에 하나의 Application 만이 활성화(active) 상태가 될 수 있다는 것과, 둘째로 Application 객체가 활성화 상태가 아니면 다른 어떤 객체도 활성화 상태가 될 수 없다는 것이다. Scene 클래스는 동시에 활성화될 Ingredient 객체들을 그룹화한다. 주된 기능은 한 장면을 이루는 여러 MHEG-5 객체들을 시·공간 좌표계 상에 동기화시키고 이를 표현하는 것이다. Ingredient 클래스의 주요 기능은 Scene이나 Application 객체의 구성요소가 될 객체

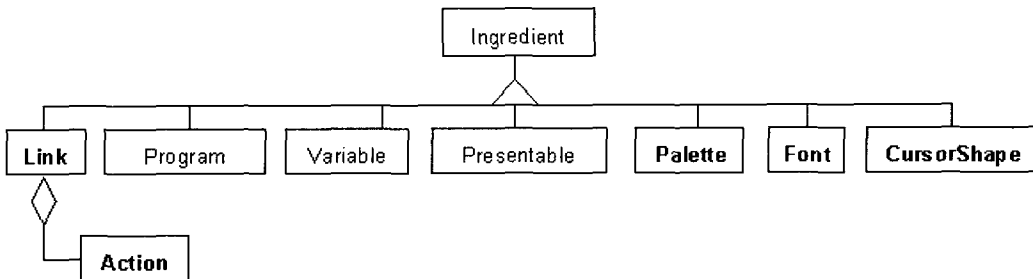


그림 4. Ingredient 클래스와 하위 클래스의 계승도

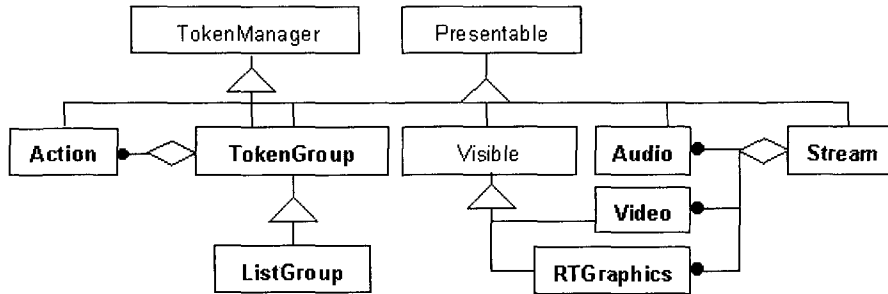


그림 5. Presentable 클래스와 하위 클래스의 계승도

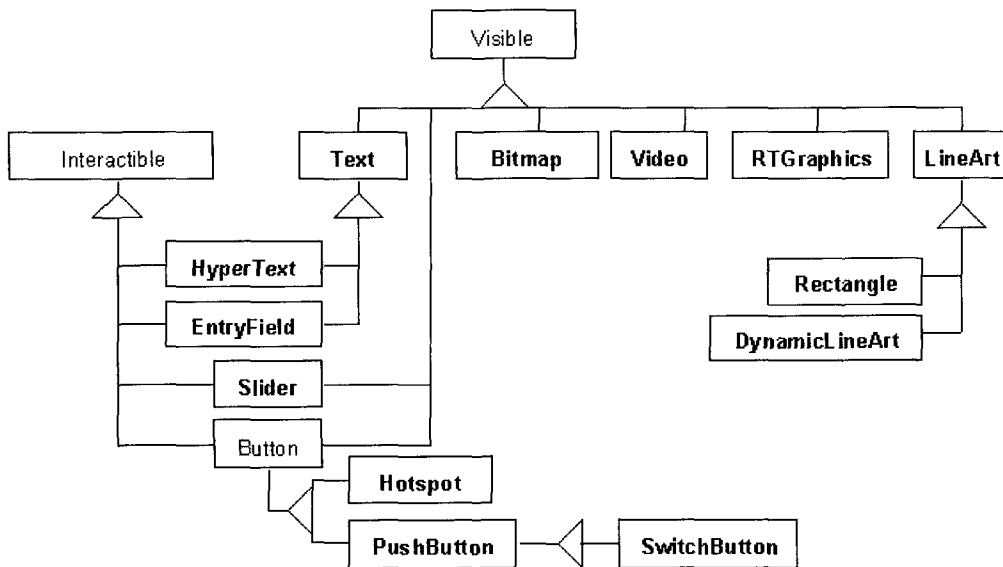


그림 6. Visible 클래스와 하위 클래스의 계승도

들의 일반적인 행위를 정의하는 것이며, Link, Program, Palette, Font, CursorShape, Variable, Presentable 클래스들의 기본 추상 클래스이다. 다음에 하위 클래스의 계승도를 나타내었다.

4. MHEG-5 동기화 메커니즘

멀티미디어는 개별적인 모노미디어들 사이에 시·공간적인 동기화 관계 및 링크 관계를 부여하여 이들을 통합시킨 형태이므로 멀티미디어 동기화 및 하이퍼미디어 링크 관계의 기술을 위한 메커니즘의 정의는 매우 중요하다. 동기화는 시간축과 공간축 상에서 객체

의 위치를 정의함으로써 이루어진다. 공간축 상의 동기화는 서로 다른 객체가 공간축 상에 어떻게 배치되는가에 해당되며, 시간축 상의 동기화는 객체들이 시간축 상에 어떤 순서로 나타나는가를 의미한다. 또한 사용자와의 상호 작용에 의한 대화형식의 정보 검색을 위해 하이퍼미디어 링크 관계도 기술할 수 있어야 한다. MHEG-5에서는 Scene 객체에서 제공하는 좌표계를 이용하여 객체의 크기와 위치를 정의한다. 또한 시간축 상의 동기화는 타이머를 이용하거나 스트림 객체에서 제공하는 이벤트를 이용하여 수행된다. 객체의 음량은 dB 단위로 지정하여 정보를 교환하며 Audio 클래스에서 제공하는 행위로 음의 크기를 조정할 수 있다.

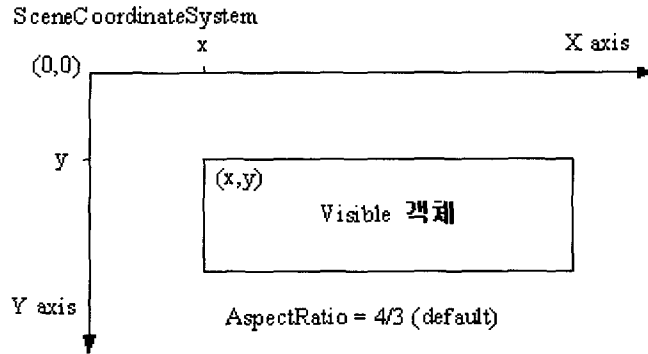


그림 7. Scene 객체의 좌표계와 Visible 객체의 표현

4.1 공간축 상의 동기화

공간축은 Scene 객체에 부호화 되어있는 좌표계(SceneCoordinateSystem)의 x, y 크기에 의해 결정된다. 그리고 이 Scene객체에 속한 Visible 객체들은 크기(OriginalBoxSize)와 위치(OriginalPosition) 속성에 의해 그 크기와 위치가 정해진다. 위치는 좌표계 상에서 좌측상단 지점을 의미한다. 그림7은 Scene 객체의 좌표계와 Visible 객체의 표현을 나타낸다.

4.2 시간축 상의 동기화

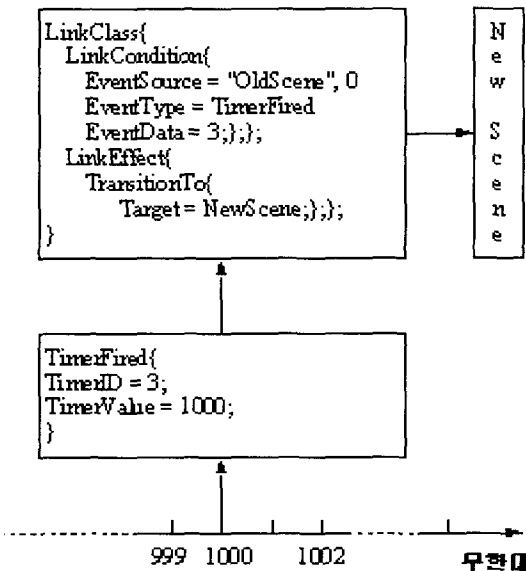


그림 8. 타이머를 이용한 동기화의 예

시간축 상의 동기화는 밀리 초(millisecond)를 단위로 하는 시간축에 의해 이루어진다. 시간축 상의 동기화를 위해서 MHEG-5에서 지원하는 기능은 SetTimer 행위와 타이머 속성, 타이머 이벤트(TimerFired event)이다. 먼저 SetTimer 행위에 의해 현재 활성화(active) 상태에 있는 Scene 객체의 타이머 속성이 타이머 식별자(TimerId)와 타이머 값(TimerValue)으로 설정된다. 그리고 설정된 시간이 경과한 후 MHEG-5 엔진은 타이머 이벤트를 발생시키고, 이 이벤트에 의해 조건이 만족되는 링크 객체를 찾아 내부에 포함된 Action 객체를 수행함으로써 시간축 상의 동기화가 이루어진다. 그림8은 타이머를 이용하여 다른 Scene 객체를 활성화 시키는 예를 나타낸 것이다.

4.3 음량축 상의 동기화

MHEG-5에서 음량은 개개의 시스템에 의존적으로 표현되도록 되어있다. 객체의 상호 교환시 전달되는 음량은 dB 단위로 표현되며 기본 값으로 0dB를 갖는다.

4.4 객체 연결(object linking)

MHEG-5에서는 멀티미디어 동기화와 하이퍼미디어 링크를 위해 '객체 연결'이라는 메커니즘을 제공한다. 그림9는 객체 연결 방법을 이용하여 객체들의 시·공간적 관계, 하이퍼링크 관계를 기술하는 예를 나타낸 것이다. 링크 조건이 만족되면 대상 객체의 위치가 변하게 된다.

MHEG-5 객체 중 동기화 기능을 수행하는 객체는 Link 객체와 Action 객체이다. Link 객체는 링크가 적용되기 위한 링크 조건(link condition)과 그 조건이 만족되었을 때 취해져야 할 링크 효과(link effect)를 기술한다.

Action 객체는 취해져야 할 단위 행위(elementary Action)와 행위가 가해져야 할 대상으로 구성되어 있다.

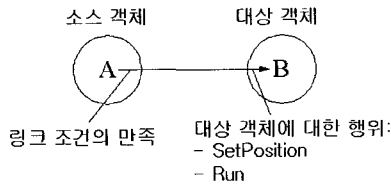


그림 9. 객체 연결을 이용한 동기화의 예

5. MHEG-5 엔진의 일반적인 구조

3, 4장에 서술한 MHEG-5의 각 요소를 구현하여 사용자에게 표현하는 시스템이 MHEG-5 엔진이다. 이 장에서는 MHEG-5 엔진의 일반적인 구조를 설명한다.

그림 10에 MHEG-5 엔진의 일반적인 구조를 나타내었다. 엔진은 크게 인터프리터, 표현모듈, 객체관리자로 나뉘어지며 각각 다음과 같은 기능을 수행한다.

- 인터프리터: 객체들이 가지고 있는 정보를 해석하여 동기화 기능을 수행하거나 표현 모듈을 통하여 사용자에게 미디어를 표현한다. 또한 사용자와의 상호 작용 기능을 수행한다. 이 기능을 수행하기 위해 인터프리터는 내부적으로 이벤트 처리 모듈, 행위 처리 모듈, Application 관리 모듈, Connection 관리 모듈로 구성되며, 이들이 상호 작용하여 객체 해석 과정이 수행된다.

- 객체관리자: 부호화된 MHEG-5 객체들을 내부 자료 구조로 변환하며 MHEG-5 엔진 상에 존재하는 객체들을 관리한다. 이를 위하여 객체 테이블을 두고 객체에 관한 여러 상태값과 속성값 등을 기록한다. Visible 객체들의 정확한 표현을 위해서는 디스플레이 스택(Display Stack)을 가진다.

다른 모듈들로부터 객체의 속성에 관한 질의가 들어오면 객체 테이블에서 해당 정보를 검색하여 관련된 속성을 반환하고, 행위 처리 모듈에서 객체에 대한 행위를 적용하는 경우, 객체 관리자는 객체 테이블에서 해당 객체의 테이블 포인터를 전달한다. 객체가 시스템 내부에 존재하지 않는 경우는 통신 시스템을 호출하여 해당 객체를 전송하도록 한다.

- 표현모듈: 표현 모듈은 인터프리터의 요구에 의해 사용자에게 미디어를 표현하거나 사용자와의 상호 작용을 처리한다. 미디어 데이터가 참조 되어있는 경우 파일 시스템이나 통신 시스템을 이용하여 해당 미디어를 전송받아 표현한다. 이때 표현되는 각 Presentable 객체들은 각각 Display Stack의 한 층을 차지하게 되며 Display Stack에서의 위치 변경을 통해 중첩된 부분에 대한 다양한 처리가 가능하다. 표현 모듈은 텍스트, 오디오, 그래픽, 이미지, 동화상 등을 화면에 출력하기 위한 모듈과 사용자 인터페이스, 사용자 입력 처리 모듈로 구성된다.

6. MHEG-5의 디지털 TV에서의 응용

MHEG-5의 최초 응용은 DAVIC 시스템이었다. 여기서 MHEG-5 엔진은 분산환경과 연동되어 VOD를 구현하는 표현시스템으로 사용되었다. 이 시스템에서 MHEG-5 엔진은 하위 통신 프로토콜로 MPEG 그룹에

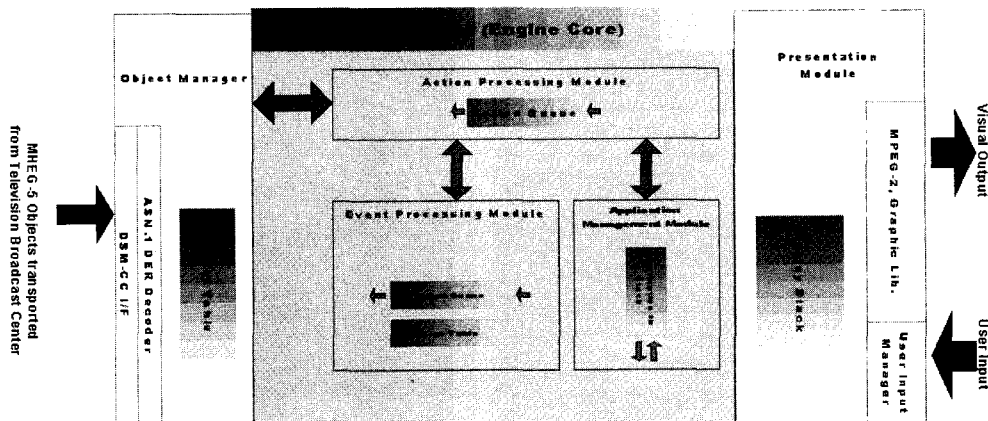


그림 10. MHEG-5 엔진의 일반적인 구조

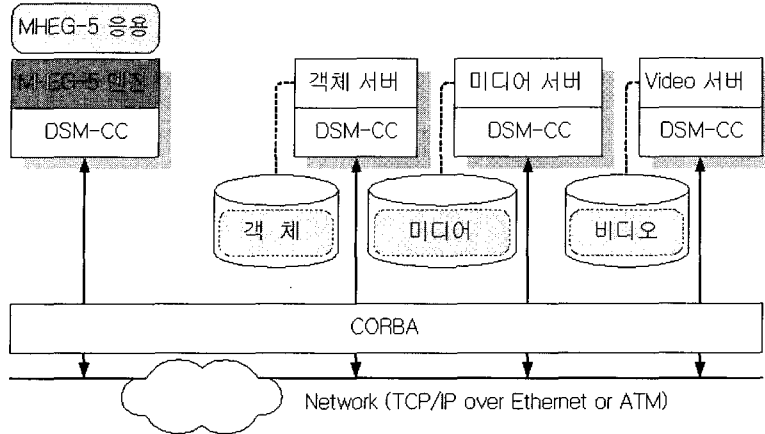


그림 11. 분산환경을 이용한 VOD 시스템

서 표준화한 DSMCC(Digital Storage Media Command & Control, ISO/IEC 13818-6)을 사용하도록 설계되었으며, DSMCC는 기본적으로 CORBA(Common Object Request Broker Architecture) 분산환경과 연동되도록 설계되었다. 그림 11에 분산환경에서 구현된 VOD 시스템이 예를 나타내었고, 그림 12에 DAVIC 시스템의 프로토콜 스택과 MHEG-5 엔진을 나타내었다.

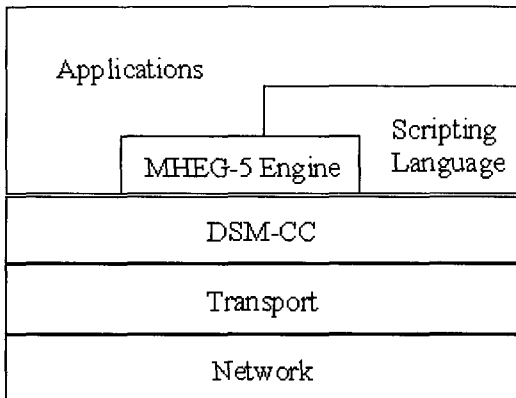


그림 12. DAVIC 시스템에서 MHEG-5의 위치

이후 디지털 방송 표준화가 진행되면서 디지털 방송 수신기 쪽에서도 표현 시스템이 필요하게 되었으며, DAVIC 시스템의 디자인이 디지털 방송 수신기에도 적합하다고 확인되어 MHEG-5 엔진이 디지털 방송 수신기용 표현 시스템으로 채택되었다.

그런데, 디지털 방송 수신기는 현재로서는(지금은

지상파를 사용한 송신기능까지 고려되고 있다) 수신만 가능하기 때문에 특정 프로그램을 수신하고 있을 때 그와 관련된 부가정보를 수신하기 위해서는 방송국 쪽에서 부가정보를 주기적으로 송신할 수 밖에 없다. 왜냐하면 수신기가 정보를 잃어버릴 수도 있고, 사용자가 수신기를 언제 작동시킬지도 불명확하기 때문이다. 따라서, DVB(Digital Video Broadcasting) 그룹과 DTG(Digital Television Group) 그룹에서는 지상파 방송시스템을 위해 오브젝트 캐러셀/ 데이터 캐러셀(Data Carousel/Object Carousel)이라는 모듈을 사용하여 이러한 데이터를 오류 없이 수신할 수 있도록 하고 있다. 디지털 방송 수신기에서 사용된 MHEG-5 엔진을 그림으로 나타내면 다음과 같다.



그림 14. MHEG-5를 이용한 데이터방송 응용

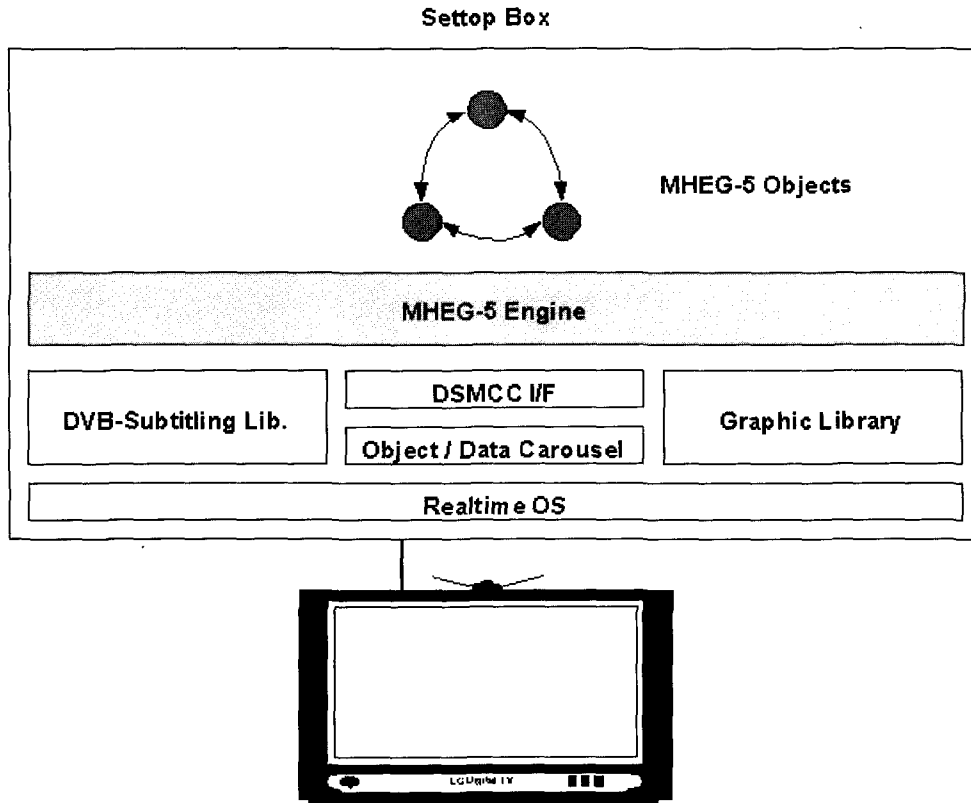


그림 13. 디지털 방송 수신기에서의 MHEG-5 엔진

그림 13에서 DSMCC I/F 아래쪽에 오브젝트 캐러셀/데이터 캐러셀(Object Carousel/Data Carousel)이 위치하고 있는데, 이는 MHEG-5 엔진이 방송 환경에서 전달 받은 데이터를 CORBA 환경에서 처럼 사용할 수 있도록 BIOP(Broadcast Inter-ORB Protocol)를 구현하는데 사용된다. 추후 디지털 방송 수신기가 송수신을 위한 별도의 통신모듈을 가지게 될 경우에도 MHEG-5 엔진은 변함없이 DSMCC I/F를 통해 실제 분산환경(Real Distributed System)과 연동될 수 있을 것이다.

아래 그림은 디지털 방송환경에서 MHEG-5 응용서비스를 구현한 모습을 보인 것이다.

7. 결론

서론에서 설명하였던 것처럼, 차세대 디지털 방송서비스의 실현과 성공을 위해서 데이터 방송 서비스가

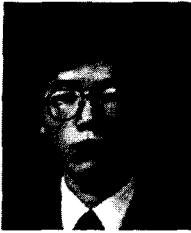
반드시 필요하며, 또한 데이터 방송 서비스의 사용을 위해 멀티미디어 표현시스템이 필요하다. 현재 이러한 요건을 잘 갖추고 있는 표준화된 시스템의 하나로 MHEG-5가 있으며, 영국을 비롯한 유럽 각국에서 디지털 지상파 방송 표현시스템으로 채택하고 있다. 따라서, 관련업계의 이와 관련된 지속적인 연구/개발 노력과 국내 디지털방송 표준화가 절실히 필요하다.

참고문헌

1. 이동일, 최상기, 정광수, 손승원, 조세형, "MHEG-5 엔진의 설계 및 구현", 한국정보과학회 춘계 학술대회 논문집 A, 24권 1호, 1997, 4.
2. ISO/IEC 13522-5, Information Technology - Coding of Multimedia and Hypermedia Information - Part 5: Support for Base-Level Interactive Applications, 1997, 4

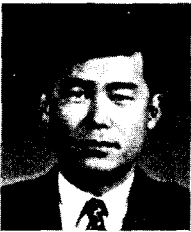
3. Ralf Steinmets and Klara Nahrstedt, Multimedia : Computing, Communications and Applications, pp. 485-491, Prentice Hall, 1995.
4. <http://www.mheg.org/>
5. <http://www.mhegcentre.com/mheg/tour.htm>

필자소개



이 동 일

- 1996. 2. 광운대학교 공학사 (전자통신공학)
- 1998. 2. 광운대학교 공학석사 (컴퓨터통신)
- 1998. 2.~현재 LG LCD(주) 소프트웨어본부 연구소 연구원
- 주관심분야 : 컴퓨터통신, 멀티미디어 시스템, DTV



정 광 수

- 1981. 2. 한양대학교 공학사 (전자공학)
- 1983. 2. 한국과학기술원 공학석사 (전기 및 전자공학)
- 1991. 1. University of Florida 공학박사 (컴퓨터공학)
- 1983 ~ 1993 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1991 ~ 1992 한국과학기술원 대우교수
- 1993 ~ 현재 광운대학교 전자공학부 부교수
- 주관심분야: 멀티미디어통신, 컴퓨터통신, 분산처리 시스템, 인터넷



강 경 진

- 1985. 2. 고려대학교 공학사 (전자공학)
- 1990. 8. 고려대학교 공학석사 (전자통신공학)
- 1994. 2. 고려대학교 공학박사 (전자공학)
- 1984. 12. ~ 현재 LG전자(주) DTV(연) 책임연구원
- 주관심분야 : 디지털 영상처리, DTV



박 형 모

- 1985. 2. 한양대학교 공학사 (전자공학)
- 1989. 5. Drexel Univ. 공학석사 (의용공학)
- 1990. 1. ~ 현재 LG전자(주) DTV(연) 책임연구원
- 주관심분야 : DVB-T 시스템