

# 테이프리스 방송 환경에서의 자동화된 콘텐츠 품질검사 시스템 개발

\*이문식 \*\*하명환 \*\*김윤창 \*\*박성춘 \*\*\*안기욱 \*\*\*김민기 \*\*\*이정현

\*,\*\*한국방송공사, \*\*\*미디어코러스

\*celestia@kbs.co.kr

## Development of Automated Content Quality Check System for Tapeless Broadcasting Environments

\*Lee, Moonsik \*\*Ha, Myunghwan \*\*Kim, Yunchang \*\*Park, Sungchoon \*\*\*Ahn, Kiok

\*\*\*Kim, Min-Gi \*\*\*Lee, JungHeon

\*,\*\*Korean Broadcasting system, \*\*\*Mediachorus inc.

### 요약

방송사에는 수십만 시간에 이르는 아카이브된 콘텐츠가 있으며, 수십시간에 이르는 콘텐츠가 매일매일 생산되고 있다. 이러한 콘텐츠를 고품질로 빠르고, 다양하게 서비스하기 위하여 방송 환경은 파일 기반의 테이프리스 환경으로 전환되고 있다. 이러한 방송 환경의 변화는 전통적인 콘텐츠 품질 관리에 새로운 이슈를 제기하고 있다. 테이프를 사용하는 전통적인 방송 제작 환경에서의 품질검사 방식은 대량의 콘텐츠, 빠른 서비스 그리고 파일 기반의 환경에는 적합하지 않기 때문이다. 이를 해결하기 위하여 더욱 빠르고, 일관성있게 파일 기반의 콘텐츠 오류를 검사할 수 있는 자동화된 콘텐츠 품질검사 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 방송환경에서 발생할 수 있는 다양한 A/V 오류의 유형에 대하여 정리하였고, 컨테이너와 A/V 에센스를 검사할 수 있는 자동화된 콘텐츠 품질검사 시스템의 구현에 대하여 기술하고자 한다. 컨테이너 검사는 헤더 정보에 포함되어 있는 메타데이터에 대한 검사이고, A/V 오류 검사는 에센스 내부에 포함된 블록 오류, 인터레이스 오류, 뮤트 등의 검사이다.

## 1. 서론

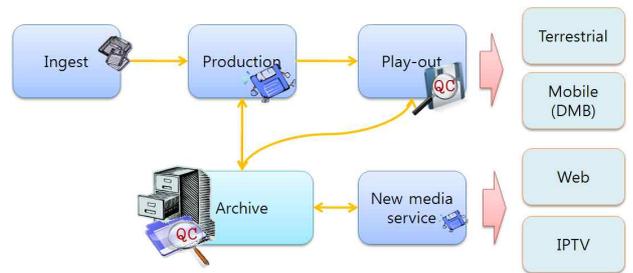
최근 10여년동안 방송 환경은 파일 기반의 테이프리스 환경으로 변화하고 있다. 즉, 파일 기반으로 촬영, 편집, 저장, 송출, 서비스 등이 이루어지고 있다. 이러한 방송 환경 변화는 시청자들에게 더 나은 품질의 콘텐츠를 더 빠르고, 다양하게 서비스하고자 함에 있을 것이다. 파일 기반 시스템에서의 콘텐츠는 다른 시스템에서도 쉽게 재사용되고 서비스(인터넷 VOD 등)될 수 있다.

그런데, 방송 제작 프로세스 상에서 VCR이나 인코더 장비 등의 오류에 의해 콘텐츠를 생성하거나 변환할 때 예기치않은 A/V 오류들이 발생할 수 있다. 콘텐츠에 포함된 오류들로 인해 품질에 대한 시청자들의 불만족이 발생하거나, 오류를 가진 채 아카이브 되어 오류가 포함된 형태로 계속 재활용될 수도 있다. 따라서, 가능한 한 빠르게 오류를 찾아서 복구해야 할 필요가 있다.

이러한 오류를 찾기 위한 가장 단순한 방법으로는 사람이 눈으로 검사를 하는 것이다. 하지만, 기존의 방대한 자료를 아카이브 할 경우 오류를 찾기 위한 시간과 비용이 막대하게 들 것이다. 또한, 사람의 눈으로 찾지 못하는 경우도 많을 것이고, 일관성을 보장할 수도 없다. 따라서, 콘텐츠 품질을 검사하고 유지하기 위해 쉽고 용이한 자동화된 방법이 필요하다. 파일 기반의 제작 환경에서는 이러한 오류들이 발생하기도 쉽지만, 반대로 이를 찾기도 용이한 구조를 가지고 있다. 파일로 제작되고 활용되기에 저장장치에 대한 접근이 가능하다면 언제 어디서든 품질검사를 일관성 있고 빠르게 수행할 수 있다.

<그림 1>의 방송 워크플로우에서 보면 콘텐츠의 변화는 어느 프

로세스에서든 일어날 수 있기에 콘텐츠 오류 또한 어디에서든 발생 가능하다. 각각의 시스템 별로 검사를 해서 문제를 바로 복구하는 것은 시간과 비용의 소모가 크다. 방송 워크플로우 상에서 가장 중요한 송출과 아카이브 위주로 검사를 한다면 효율적으로 구성할 수 있을 것이다.



<그림 1> 방송 워크플로우에서의 품질검사

## 2. 콘텐츠 오류 유형

현재 방송제작에는 카메라, VCR, 스위처 같은 전통적인 장비들과 비디오 서버, NLE, 인코더, 트랜스코더 등의 파일 기반 IT 장비들이 혼합되어 사용되고 있다. 방송 환경에서 발생하는 이러한 오류의 원인을 정리해보면 다음과 같다.

### ◆ 장비 요인

• 원본 테이프 열화, VCR 헤더 불량, 인코더 장비 불량, 전송 라인 불량, 하드웨어/소프트웨어의 불안정성 등

### ◆ 환경 요인

· 장시간 사용시 열에 의한 성능저하, 불안정한 전원, 진동, 운용상의 실수, 먼지 등

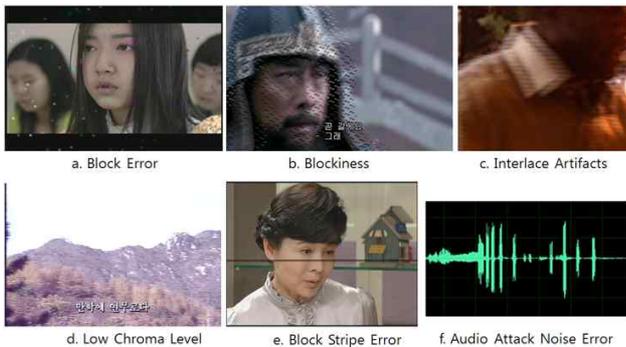
앞서 설명한 여러 원인에 의해 다양한 오류 형태가 나타나게 된다. VCR과 테이프 등의 전통적인 장비에서는 블록 오류, 낮은 크로마 레벨, 노이즈 등의 오류가 많이 발생하고, IT 장비들에 의해서는 블록 스트라이프 오류, 인터레이스, 픽셀레이션 등의 새로운 타입의 오류가 추가적으로 발생하고 있다. 비디오는 기본적으로 블록 기반의 압축을 사용하므로 블록 관련된 오류 형태가 가장 많이 발생하고, 오디오는 노이즈나 싱크의 어긋남으로 인한 오류가 많이 발생한다.

<표 1> 비디오 오류 유형

분류	비디오 오류 유형
블록	Block error, Blockiness, Pixelation
스트라이프	Block stripe error, Stripe error, Boundary movement error, Letter box detection
신호 레벨	Min/Max/Average signal level, Brightness/Contrast/ Chroma level
기준	Color bars level/position error
인터레이스	Interlace artifacts error, Field dominance error
프레임	Freeze frame, Black/Single color frame, White noise, Blurriness, Boundary blow error, Elementary stream error

<표 2> 오디오 오류 유형

분류	오디오 오류 유형
변형	Attack noise, Phase mismatch, Clipping, Wow and Flutter
노이즈	High frequency noise, Transient noise, Background noise
기준	Test tone level/frequency error, Loudness
신호 레벨	Min/Max/Average signal level, Mute, Silence, Level mismatch, Volume dropdown



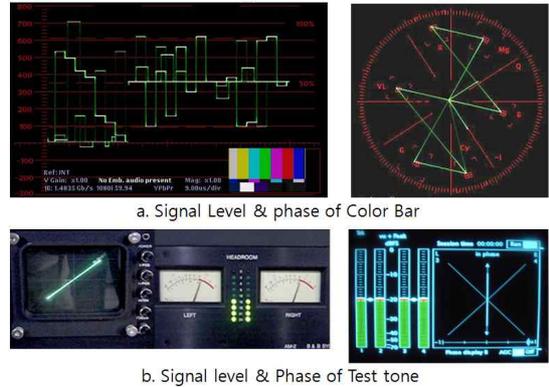
<그림 2> A/V 오류의 예

### 3. 방송환경에서의 품질검사

#### 가. 테이프 기반 시스템에서의 품질검사

테이프 기반 시스템에서는 콘텐츠가 테이프에 존재하게 된다. 이에 대한 품질검사 방법은 일반적으로 다음과 같이 이루어진다. 비디오 분석기를 이용하여 525라인, 29.97Hz 등의 비디오 설정값을 비교하며, 설정값과 다를 경우 알려주기도 한다.[1] 테이프의 제일 앞에는 레퍼런스 신호인 컬러바/테스트톤이 들어있으며, 이를 웨이브폼 모니터, 벡터스코프를 이용하여 테이프나 장비의 상태가 정상적이며, 콘텐츠가 규격에 맞게 잘 들어 있다는 것을 간접적으로 분석하였다. 컬러바 이후의 프로그램 내용에서는 신호 레벨이 정상 범위에 포함되어 있는지를

검사하였다. 그러나, 내용상의 오류가 포함된 경우에는 검출하기 힘든 단점이 있었기에, 실제 방송될 때 비디오 센터에서 사람이 직접 비디오를 보면서 확인하기도 한다. 이와같이 콘텐츠 품질에 대한 관리는 기술적/주관적 측면이 복합되어 수행되었다.[2]



<그림 3> 테이프 기반 시스템에서의 품질검사

#### 나. 파일 기반 시스템에서의 품질검사

파일 기반의 방송 시스템에서는 콘텐츠가 미디어 파일로 존재하게 된다. 미디어 파일에는 에센스인 비디오, 오디오와 이에 대한 메타데이터가 포함된다. 미디어 파일 규격에는 A/V 에센스의 용량을 줄이기 위한 압축 포맷과 이러한 에센스와 메타데이터를 규격화하여 담기 위한 컨테이너(래퍼) 포맷이 있다.

파일 기반의 콘텐츠는 검색, 랜덤 액세스, 대용량 처리, 다른 시스템과의 교환, 다양한 변환이 용이하다는 장점이 있다. 반면에 파일 기반의 시스템에서는 범용 장비를 위주로 사용하기에 기존의 전용 장비들보다 안정성과 내구성이 떨어질 수 있다. 미디어 파일에서 가장 중요한 사항은 오류없이 재생이 가능함을 확인하는 것이다. 파일의 헤더 정보를 분석하여 포맷 규격이 정확하진지 검사하고, 비디오/오디오 에센스의 압축 규격과 레벨이 정상적이라면 재생이 가능하다고 판단할 수 있을 것이다. 오류 여부는 에센스를 디코딩하여 비디오/오디오 신호 처리를 통해서 내용을 직접 검사하는 방법을 사용해야 한다.

### 4. 품질검사 시스템의 요구사항

방송에서 사용할 품질검사 시스템을 개발하기 위한 요구조건은 다음과 같다.

#### ◆ 방송용 코덱과 래퍼의 지원

방송에서는 아직까지 MPEG-2, DVCPRO 압축 포맷과 MXF, MOV 래퍼 포맷을 주로 사용한다. 새로운 코덱으로 H.264나 ProRes422, DNxHD 코덱들도 사용되고 있지만, 아직까지는 기존의 코덱 위주로 제작되고 있으며, 앞으로 점진적인 변경이 예상된다. 현재 사용되는 방송용 코덱들뿐만 아니라 새로운 코덱으로의 변화에 맞춰 지원 코덱도 늘려야 한다.

#### ◆ 자주 발생하는 오류 및 포맷 정합성 검사

방송에서 가장 많이 발생하는 오류는 블록 오류들과 오래된 콘텐츠에서 발생하는 낮은 크로마 레벨 등이 될 것이다. 블록 오류들은 압축 알고리즘이 블록 기반으로 이루어지기에 언제 어디서든 발생할 가능성이 가장 크다고 할 수 있다. 이 외에도 인터레이스 오류, 블록 스트라이프 오류, 뮤트, 오디오 위상 부정합 등도 종종 볼 수 있다.

래퍼/압축 포맷이 표준 규격에 맞지도 중요한 이슈 중 하나이다. 시스템간 교환이 활성화되면 다른 시스템에서 생성한 콘텐츠를 송출 또는 서비스해야 하는 경우가 발생하기 때문이다.

◆ 방대한 양의 검사 및 빠른 검사 속도

기준에 생성된 콘텐츠의 양은 수십만시간 정도에 이fms다. 이렇게 방대한 양의 콘텐츠를 검사하기 위해서는 많은 수의 검사 서버가 필요할 것이고, 빠른 검사 속도도 요구된다. 송출에서는 긴급하게 제작된 프로그램인 경우 검사 시간이 제대로 주어지지 않을 수 있다. 따라서, 파일을 분할해서 검사하거나, 전송을 하면서 빠르게 검사할 수 있으면 좋을 것이다.

◆ 오래된 콘텐츠에 대한 검사

방송국에서는 방송의 역사가 길기에 20년 이상 오래된 프로그램을 많이 보유하고 있다. 오래된 콘텐츠에서는 테이프 열화, 아날로그 노이즈 등이 발생하여 품질이 많이 떨어져 있다. 따라서, 이들을 잘 찾아내어 별도로 관리해 줄 필요가 있다. 더 깨끗한 원본을 찾거나, 테이프 프리닝, 화질 복원 작업 등의 방법으로 화질 개선 작업을 통해서 재생할 수도 있다.

◆ 편리한 검사 확인 및 미디어 자산 관리 시스템 연계

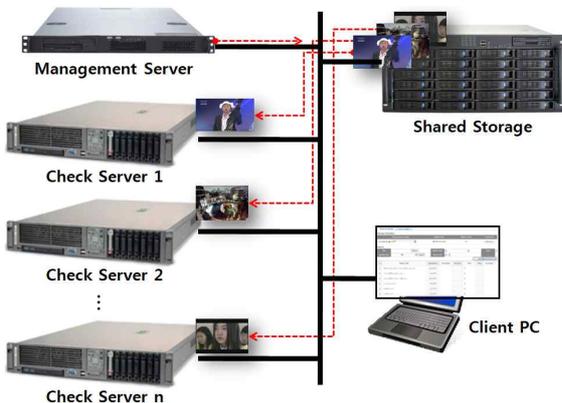
자동화된 품질검사 결과에 대하여 실제 오류인지 아닌지는 사람이 보고 판단을 하게 되는데, 많은 양의 콘텐츠 검사 결과를 보여주기 쉽고 빠르게 검사 확인이 가능해야 한다. 오류 프레임만을 모아서 요약 정보를 제공해주고, 오류 위치에서의 재생이 가능해야 한다.

품질검사 시스템은 하나의 모듈로서 제작, 아카이브 시스템 등에 포함되게 되므로, 미디어 자산 관리 시스템으로부터 콘텐츠에 대한 검사 요청을 받고 검사 결과를 전달하기 위한 API가 필요하다.

### 5. 시스템 설계 및 구현

품질검사 시스템은 대량의 콘텐츠 검사에 용이하도록 검사 서버와 이를 관리하는 관리 서버로 나누어 개발하였다. 검사 서버는 각각의 검사 알고리즘을 컴포넌트화하여 각각의 기능 개선과 새로운 오류 검사 기능 추가가 빠르게 이루어질 수 있도록 하였다. 관리서버는 다수의 검사 서버에 대한 작업 관리와 검사 결과, 작업 흐름을 관리한다. 관리 서버는 워치 폴더 기능을 통해 자동으로 작업 대상 파일을 설정할 수 있으며, 작업 우선순위와 검사 프로파일을 설정할 수 있다.

방송 워크플로우에 통합되기 위해서는 다른 시스템과 통신하기 위한 API가 필요하다. API는 HTTP URL 기반의 POST 메소드를 이용하며, 시스템 연계를 위해서는 새로운 작업, 작업 현황, 검사서버 현황, 검사 결과의 4개의 요청과 응답을 이용하여 수행할 수 있다.



<그림 4> 품질검사 시스템의 구성도

◆ 지원 포맷과 오류 유형

미디어 파일 포맷은 에센스와 메타데이터를 담을 수 있는 컨테이너 또는 래퍼 포맷이다. SMPTE의 표준 포맷인 MXF포맷이 제작, 송출, 아카이브 등 방송 전반에서 가장 많이 사용되고 있다. MOV 포맷은 애플의 FCP편집기를 사용하는 제작 시스템에서 주로 사용된다. 압축 포맷은 MPEG-2와 DVCPRO 포맷이 기본적으로 사용되며, DMB나 인터넷 서비스 등을 위해서는 H.264 또는 WMV를 사용하기도 한다. 오디오는 PCM/WAV/AES-3를 기본으로 하고 있으며, MP3를 보조적으로 활용하고 있다. 위에서 언급된 포맷들은 모두 지원하고 있으며, 더욱 효율이 좋은 새로운 코덱들도 향후 방송 시스템에 사용될 때에 맞춰 코덱의 확장이 필요할 것이다.

<표 3> 지원되는 포맷

미디어 유형	지원 포맷
Wrapper	MXF / MOV / MP4 / WMV WAV / MP3
Video	Uncompressed / MPEG2 / DVCPRO / WMV / H.264
Audio	PCM / AES-3 / WMA / MP3

오류 검출 기능은 방송 워크플로우에서 많이 발생하는 오류 위주로 개발되었으며, 지원되는 오류 유형은 다음의 표에 정리하였다.

<표 4> 지원되는 오류 유형

에센스 유형	오류 유형
Video	Block error, Blockiness, Color bars, Interlace errors, Freeze frame, Black/Single color frame, Block stripe error
Audio	Mute, Test tone, High frequency noise, Volume level, Volume dropdown

◆ 빠르고 정확한 검사 알고리즘

아카이브에서의 대용량 콘텐츠 검사 또는 송출에서의 긴급성 등을 위해서는 빠른 검사 속도가 필요하다. 따라서, 이러한 요구를 만족 시켜주기 위하여 사용 가능한 코어를 모두 이용하는 쓰레드(thread) 방식으로 개발하여 멀티 코어를 지원하도록 하였다. 검사 서버들도 풀(pool)로 관리함으로써 검사 서버의 수가 늘어날수록 검사 속도 또한 비례하여 늘어날 수 있도록 하였다.

검사 알고리즘도 속도향상을 위해 공통 사용 알고리즘과 개별 알고리즘을 구분하여 공통 사용 특성인 히스토그램, 블록 검출, 에지 검출 등을 집중적으로 코드 최적화를 시도했다. 개별 알고리즘에서는 하나의 예로서 인터레이스 오류 검출에 연산이 간단하면서도 성능이 좋은 LBP(Local Binary Pattern) 연산자를 적용하였다. LBP 연산자는 지역적 화소 비교를 통해 지역 패턴을 이진 코드화하여 단순화시킴으로서 처리 결과를 빠르게 얻어낼 수 있다.[3]

P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
P <sub>3</sub>	P <sub>C</sub>	P <sub>4</sub>
P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>

$$LBP_c = \sum_{i=0}^7 s(P_i - P_c) \times 2^i, \quad s(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

<그림 5> 3x3 마스크에서의 P<sub>c</sub> 화소 LBP 수식

일반적으로 이러한 방법은 노이즈에 민감하게 반응하여, 약간의 노이즈가 있을 경우 오류를 검출하지 못할 수도 있다. 또한 사람 눈으로 판단하기 어려운 미세한 변화에도 오류로 인식하게 될 수 있다. 이

를 해결하기 위하여 화소값의 차이가 사람이 인지하기 힘든 범위의 변화는 LBP 코드에서 제거할 수 있도록 문턱 개념을 도입하였다.

$$LBP_{C\_barrier} = \sum_{i=0}^7 s_b (P_i - P_c) \times 2^i, \quad s_b(x) = \begin{cases} 1, & x \geq T \\ 0, & x < T \end{cases}$$

T 문턱값 LBP방식은 <표 6>의 오류 검출율에서 보여주듯이 인터레이스 오류 검출에 있어서 속도뿐만 아니라 검출율에서도 상당히 높은 결과를 얻을 수 있었다.

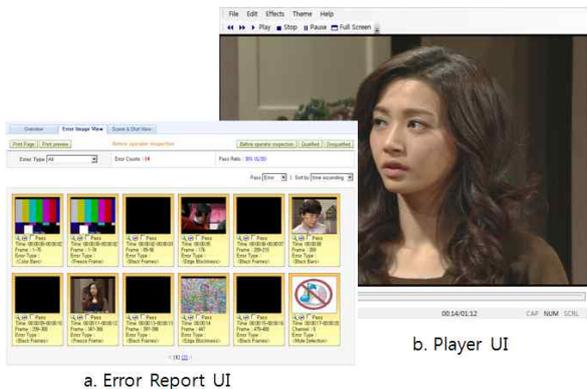
◆ 검사 프로파일

품질검사의 흐름은 이용하기 편하도록 파일을 선택하고, 검사 항목을 선택하고, 검사를 실행한 후, 검사 결과를 확인하는 단계로 진행하도록 설계하였다. 검사 항목을 선택하는 단계에서 이를 원활히 수행하기 위하여 검사 프로파일 기능을 구현하였다. 검사 프로파일은 해당 포맷의 콘텐츠에 동일하게 적용가능한 설정 세트로서 검사 종류를 선택하고 설정값을 넣을 수 있다.

검사의 종류에는 컨테이너 검사와 에센스 오류 검사가 있다. 컨테이너 검사는 콘텐츠의 헤더 정보에 대한 검사를 진행하는 부분으로 구문요소(해상도, 크로마 포맷, 프레임 레이트 등)를 설정된 값과 비교한다. 비디오/오디오 오류 검사 항목은 에센스를 디코딩하여 실제 비디오/오디오 픽셀 값을 분석하여 블록 오류, 인터레이스 오류, 뮤트, 시그널 레벨 등을 검사하도록 설정한다.

◆ 결과 리포트와 재생 기능

검사 결과는 각 검사 서버에서 전송되어온 결과를 관리서버의 DB에 저장한다. 사용자가 검사 결과를 쉽게 확인할 수 있도록 웹브라우저 기반으로 해당 파일에 대한 포맷 정보를 알려주는 요약 화면과, 오류 종류, 위치, 썸네일 등을 보여주는 오류 리포트를 제공한다. 썸네일만으로 오류를 판단하기 어려운 경우에도 도움이 될 수 있도록, 오류 위치에서의 재생, 프레임 단위 재생이 가능한 동영상 재생 기능을 구현하였다.



<그림 6> 오류 리포트 UI 및 재생 UI

6. 실험 및 결과

개발된 품질검사 시스템을 이용하여 검사 속도를 측정하였다. SD/HD 콘텐츠에 대하여 아래의 <표 5>와 같은 결과를 얻었다. 검사에 사용된 시스템은 인텔 제온 2.66GHz 쿼드 코어 두 개와 4GB 메모리에 윈도우즈 서버 2003이 사용되었다.

<표 5> 검사 속도

해상도	재생시간(초)	검사 시간(초)	검사 속도 (x 실시간)
SD	1396 / 2072	655 / 899	0.46

HD	720 / 900	1622 / 3325	3.65
----	-----------	-------------	------

오류 검출율은 다양한 오류가 포함된 50개의 콘텐츠를 대상으로 측정하였는데, 모든 오류 유형이 포함된 실험은 아니었지만 기본적인 검사율을 측정할 참조 모델로 활용할 수 있을 것이다.

<표 6> 오류 검출율

Error type	No. of Errors	No. of Correct Detection(rate)	No. of False Detection(rate)
Blockiness	117	116 (99%)	158 (57%)
Block stripe error	54	54 (100%)	101 (65%)
Black frame	89	82 (92%)	10 (11%)
Interlace error	5	5 (100%)	0 (0%)
Mute	90	90 (100%)	0 (0%)
Volume dropdown	8	8 (100%)	0 (0%)

전체 오류의 수는 사람이 직접 콘텐츠를 검사한 결과이며, 이를 품질검사 시스템의 검사 결과와 개별적으로 비교하였다. 오류 검출율은 잘 찾아진 오류 수를 전체 오류 수로 나누어서 계산하였으며, 오검출율은 잘못 찾아진 오류 수를 전체 검출 오류 수로 나누어 계산하였다.

사람의 눈으로 쉽게 찾을 수 있는 오류 또는 신호 레벨 등과 관련된 단순한 오류들은 검사 알고리즘과 계산이 단순하기에 높은 검출율을 얻을 수 있었다. 그러나 블록 관련된 오류 등 복잡한 형태의 오류들은 오검출율이 높았으며, 이에 대한 개선이 필요하다.

7. 결론

방송사에서는 시청자에게 최상의 품질로 콘텐츠를 서비스해야 한다. 이를 위하여 제작 과정에서 발생할 수 있는 세부적인 A/V 오류들에 대한 검출이 필요하다. 현재 파일 기반의 방송 환경에서 발생 가능한 오류에 대하여 조사/분석 하였으며, 빈번히 발생하는 오류를 자동적으로 검출할 수 있는 품질검사 시스템을 개발하였다. 검출 속도를 빠르게 하기 위하여 공통 피처를 추출하는 알고리즘에 대한 최적화를 하였으며, 인터레이스 오류에는 LBP 알고리즘을 적용하였다. SD 콘텐츠의 검사 속도는 실시간의 2배정도로 빠르게 수행되며, 여러가지 A/V 오류들에 대한 검출율은 만족할만한 수준이다.

향후 아카이브된 대용량의 미디어 파일에 대응할 수 있도록 속도 향상과 검출율을 높이기 위한 노력이 계속될 것이고, 오류 복원 기술까지 확장할 계획이다.

8. 참고문헌

[1] Thomas Dove, "The missing link in file-based video: Automated QC", NAB 2006  
 [2] Dave Guerrero, "Use of automated file based quality control tools in a broadcast environment", IBC 2007  
 [3] Ojala T, Pietikäinen M, Harwood D, "A comparative study of texture measures with classification based on featured distribution", Pattern Recognition 1996