

특집논문-03-08-4-03

## MPEG-21 디지털아이템 적응변환을 위한 시각 장애 서술자에 관한 연구

양승지\*, Truong Cong Thang\*, 노용만\*, 남제호\*\*, 홍진우\*\*

### Visual Impairment Description for MPEG-21 Digital Item Adaptation

Seungji Yang\*, Truong Cong Thang\*, Yong Man Ro\*, Jeho Nam\*\* and Jin Woo Hong\*\*

#### 요약

본 논문에서는 MPEG-21 디지털아이템 적응변환을 위한 시각 장애 서술자를 제안한다. 제안된 시각 장애 특성 서술자는 사용자가 가질 수 있는 시각 장애 특성인 저시력 장애와 색각 장애 특성을 포함한다. 제안된 서술자는 사용자의 시각 장애 특성을 충분히 서술할 수 있도록 시각 장애 중후 기반의 체계적인 시각 장애 서술 구조를 가지도록 하였고, 사용자가 용이하게 서술할 수 있도록 서술의 용이성 측면도 고려하였다. 본 논문에서는 제안된 서술자의 유용성을 증명하기 위해, 제안된 서술자를 이용하여 MPEG-21 프레임워크 내에서의 디지털아이템을 적응변환 실험을 수행하였다. 실험을 통해, 제안된 시각 장애 서술자가 시각 장애를 가진 사용자에게 향상된 접근성을 제공하기 위한 디지털아이템 적응변환에 유용함을 보일 수 있었다.

#### Abstract

In this paper, we propose visual impairment descriptions for MPEG-21 digital item adaptation. The proposed visual impairment descriptions include low vision impairment and color vision deficiency. It is symptom-based description so that the description is systematic enough to sufficiently describe user's any kind of visual impairment characteristics and easy enough to describe for any user with visual impairment. In this paper, we performed some experiments with the proposed description in MPEG-21 digital item adaptation. The experiments showed that the proposed description is effective to adapt visual resources in digital item for users with visual impairment and to give enhanced visual accessibility to them.

## I. 서론

오늘날 멀티미디어 단말 장치의 정보 처리 능력의 확대,

그리고 멀티미디어 콘텐츠의 디지털화를 위한 압축 및 복원 기술과 제작 및 표현 기술의 발전으로 디지털 멀티미디어 콘텐츠 수요가 급속도로 증가하였다. 그러나 아직까지 멀티미디어 콘텐츠의 전달 및 소비에 대한 통합 프레임워크의 부재로 인하여, 서로 다른 프레임워크에서 생산된 멀티미디어 콘텐츠의 거래가 원활히 이루어지지 않고 있다<sup>[1]</sup>. 이는 현재까지 멀티미디어 콘텐츠의 서로 다른 규격, 단말의 서로 다른 정보 처리 능력, 사용자의 개인적인 기호 및 특성, 그리고 유동적 네트워크 성능 등을 고려한 통합 프레임워크가 없기 때문이다.

현재 표준화가 진행 중인 MPEG-21은 멀티미디어 콘텐-

\* 한국정보통신대학원대학교 공학부 영상비디오시스템 연구실  
Image and Video System Lab., School of Engineering Information and Communications University (ICU)

\*\* 한국전자통신연구원 방송 미디어 연구부  
Dept. of Broadcasting Media Research Electronic Telecommunications Research Institute(ETRI)

※ 본 논문은 정보통신부 지원 MPEG-21 기반 방송 통신 융합 서비스 프레임 워크 기술개발에 관한 과제 수행의 결과로, 관계자 여러분께 감사의 글을 드립니다.

츠의 전달과 소비를 위한 하부 기반을 구성하는 많은 요소들의 상호 관계와 조화 방법에 대한 멀티미디어 통합 프레임워크이다. MPEG-21은 7가지 주요 요소를 통한 멀티미디어 통합 프레임워크를 규정하고 있다<sup>[2]</sup>. 각각의 요소는 사용자가 구조화된 멀티미디어 콘텐츠인 디지털아이템을 멀티미디어 전자상거래 환경에서 편리하게 생산 및 소비할 수 있는 기반을 제공한다. 이 요소 중에, 단말 및 네트워크 요소는 네트워크나 단말의 설치, 운영 및 구현과 같은 기술 서술적 문제들을 사용자가 직접 해결하지 않아도 멀티미디어 콘텐츠를 모두가 동등하게 이용할 수 있게 한다. 즉, 사용자가 자신의 네트워크 및 단말 특성에 대한 고려를 하지 않아도 멀티미디어 콘텐츠를 생산 및 소비할 수 있도록 하는데 목적이 있다<sup>[2][3]</sup>.

이런 관점에서 MPEG-21은 디지털아이템 적응변환 (digital item adaptation, DIA) 기술을 표준화하고 있으며, 이는 범용적 멀티미디어 접근을(universal multimedia access, UMA) 위한 새로운 방안이 되고 있다<sup>[1][2][3]</sup>. DIA의 사용자 환경에 대한 서술은 사용자의 네트워크 환경, 터미널 환경 및 개인적 특성 등이 포함된다. 오늘날 급속한 네트워크의 발달은 다양한 사용자가 단일 컨텐츠를 접근, 사용하게 되는 환경을 제공하고 있다. 그러나, 서로 다른 종류의 네트워크나 터미널의 사용으로 인하여 사용자간의 거래에 어려움이 발생한다. 서로 다른 사용자의 개인적 특성을 고려하지 않는다면, MPEG-21 네트워크 및 터미널 요소의 본래 목표인 사용자가 멀티미디어 컨텐츠를 이용함으로써 얻는 사용자 만족도를 보장할 수 없다. 이러한 관점에서, 장애를 가지고 있는 사용자들도 디지털아이템을 일반인과 동등하게 생산 및 소비하기 위해서 사용자의 장애 특성에 대한 서술이 필요하다. 장애를 가진 사용자의 특성 서술에 따라 디지털아이템이 적절하게 적응변환되어야 한다. 디지털 멀티미디어 시대에 문자보다는 그림을 통한 정보 전달이 증가하면서, 시각장애를 가진 사용자들이 느끼는 불편함은 오히려 증가하고 있다. 특히, 단말의 정보 처리 능력이 향상과 네트워크의 대역폭 증가 뿐만 아니라, 고급 멀티미디어 컨텐츠에 대한 사용자 요구의 증가로 멀티미디어 컨텐츠는 점점 더 많은 색상을 사용하고 있기 때문에, 색각 장애를 가진 사용자의 불편함을 날로 증가하고 있다. 색각 장애 뿐만 아니라 저시력 시각 장애를 가진 사용자들은 컨텐츠가 가지고 있는 시각 정보를 정상인과 동등하게 인지하기 어렵기 때문에, 멀티미디어 컨텐츠 내의 다양한 시각 정보는 시각 장애를 가진 사용자에게 오히려 역기능이 될 수 있다.

본 논문에서는 저시력 혹은 색각 장애를 가진 사용자가 MPEG-21 프레임워크에서 디지털아이템을 소비하는 경우에, 사용자의 시각 장애 특성에 따라 디지털아이템을 적절하게 적응변환하기 위한 디지털아이템 서술자를 제안하고, 제안된 서술자를 이용하여 적응변환된 디지털아이템이 시각 장애를 가진 사용자에게 충분한 시각 접근성을 제공하는지 검증한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 저시력 장애자 및 색각 장애자를 위한 디지털아이템 적응변환에 필요한 서술 요소 및 적응변환 방법에 대해 기술서술하고, 3장에서는 제안된 방법을 이용하여 MPEG-21 기반 프레임워크 상에서 수행한 디지털아이템 적응변환 결과를 보이고 이를 분석한다. 마지막으로, 4장에서 결론 및 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

## II. 본 론

시각 정보(visual information)는 멀티미디어 콘텐츠가 가지고 있는 많은 정보들 가운데 가장 많은 정보량을 차지한다. 따라서 저시력이나 색각 장애와 같은 시각 장애 특성을 가진 사용자는 멀티미디어 콘텐츠가 가지고 있는 정보를 획득하는데 많은 불편함을 느끼게 된다. 즉, 시각 장애를 가진 사용자들은 멀티미디어 콘텐츠에 대하여 정상인과 동등한 시각 접근성(visual accessibility)을 가지지 못한다. 시각 장애를 가진 사용자들이 정상인과 동등한 시각 접근성을 가지기 위해서는, 시각 장애로 인하여 얻지 못한 정보의 형식 혹은 내용을 그들이 인지 가능한 다른 형식 혹은 내용으로 변환할 필요가 있다. 그림 1은 이러한 멀티미디어 콘텐츠의 적응변환을 위한 프레임워크를 제시하는 MPEG-21의 DIA 엔진을 보여준다<sup>[3]</sup>. 원래의 디지털아이템이 DIA 엔진으로 전달되면, 사용자 환경에 맞도록 디지털아이템을 적응변환하고, 적응변환된 디지털아이템을 사용자에게 전달하는 역할을 수행한다. DIA 엔진이 사용자 환경에 따라 디지털아이템을 적응변환하기 위해서는 사용자 환경에 대한 서술이 DIA 엔진으로 전달되어야 한다. 그림 1에서 디지털아이템 적응변환 서술자가 그것이다.

디지털아이템 적응변환 서술자는 사용자가 자신의 환경을 쉽게 전달할 수 있는 구조를 가져야 한다. 동시에 디지털아이템 적응변환 서술자는 DIA 엔진이 특정한 사용자를 위해 적절한 적응변환 방법을 찾을 수 있도록, 사

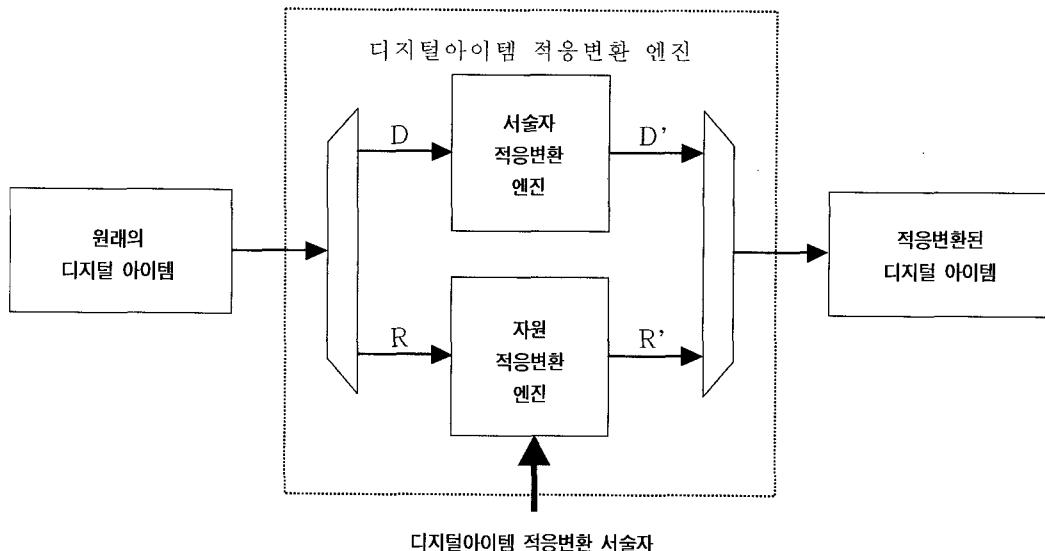


그림 1. 디지털아이템 적응변환 구조  
Fig. 1. Digital Item Adaptation structure

용자 경에 대한 충분히 서술할 수 있는 구조를 가져야 한다. 사용자가 시각 장애를 가지고 있는 경우에는 사용자의 시각 장애 특성을 충분히 서술하여, DIA 엔진이 사용자에게 최적화되어 적응변환된 디지털아이템을 전달할 수 있도록 해야 한다. 본 논문에서는 대표적인 시각 장애 특성(visual impairment)인 저시력 장애 (low vision impairment)와 색각 장애(color vision deficiency)에 대한 특성 서술할 수 있는 서술 구조 및 내용을 다음과 같이 제안한다.

### 1. 저시력 장애자를 위한 디지털아이템 적응변환 서술자

시각 능력은 물체에 반사된 빛에 대한 인지 능력이다. 사람은 나이가 들면서 자연적으로 시각 능력이 저하된다. 그러나 이러한 변화가 저시력을 가져오지는 않는다. 저시력 장애를 유발하는 원인으로는 눈의 선천적인 발달 장애 뿐만 아니라, 백내장(cataract), 녹내장(glaucoma), 황반 변성(macular degeneration)과 같은 안과 질환이나 외상 후의 심각한 합병증이나 후유증으로 인해 시력 장애를 가져오는 모든 경우가 포함된다<sup>[4]</sup>. 물론, 저시력 장애의 상당 부분은 안경이나, 약물, 혹은 외과 수술을 통해 치료될 수 있지만, 치료가 아예 불가능하거나 부분적인 치료만 가능한 안과 질환에 의한 저시력 장애는 영구적인 시각 능력의 상실을

가져온다<sup>[4]</sup>.

본 논문에서 서술하고자 하는 저시력 시각 장애는 시각 능력 상실 정도의 매우 넓은 범위를 포함한다. 시각 능력의 완전 상실을 의미하는 맹인(blindness)에서 시각 능력의 부부적 상실을 의미하는 -그러나 안경이나 콘택트 렌즈 등으로 시력 보정이 불가능한- 다양한 저시력 시각 장애까지 (low vision impairment) 상당히 넓은 범위의 시각 능력 상실 정도를 포함한다. 저시력의 시각 장애는 심각하게 저하된 시각 능력과 시야를 일으킨다. 이로 인하여 저시력 시각 장애자는 물체를 희미하게(blurred) 보거나, 왜곡되어 (distorted) 보거나, 불완전하게(incomplete) 본다. 문제는 저시력 시각 장애의 개인적인 시각 특성을 정확하게 측정하기 어렵다는 것이다<sup>[4]</sup>. 시각 능력의 상실 정도는 개인에 따라 매우 다양하며, 저시력 장애자의 시각 능력 상실에 대한 인지 느낌 또한 매우 개인적이기 때문이다.

이러한 이유로 인하여 본 논문에서는 사용자의 저시력 시각 장애 특성 서술을 위한 저시력 증후 기반 서술(symptom-based description) 구조를 제안한다. 사용자에게 익숙하지 않은 저시력 시각 장애 병명들의 나열하는 대신, 여러 가지 종류의 저시력 시각 장애들이 가지고 있는 대표적인 증후들을 선별하여 서술 요소로 사용한다. 표 1은 저시력을 일으키는 안과적 질환과 그 질환이 일으키는 저시력 증후를 보여준다<sup>[5][6][7][8]</sup>. 표 1에서 처음 9개의 질환들이 저시력

표 1. 저시력 시각 이상의 주요 원인 및 이에 따른 증후  
Table 1. Conditions and symptoms of low vision impairment

번호	원인(condition)	증후 (symptom)
1	Macular Degeneration	· Decrease of central vision · Distortion
2	Retinitis Pigmentosa	· Loss of peripheral vision · Increased need of light · Night blindness · Decreased response to magnification
3	Diabetic Retinopathy	· Decrease of vision · Blurriness · Distortion · Increased need for light
4	Albinism	· Irregular rapid eye movement · Extreme far or near sightedness · Light and glare sensitivity · Distortion
5	Glaucoma	· Loss of peripheral vision · Night blindness · Decreased contrast · Increased need of light
6	Nystagmus	· Variable visual acuity · Distortion
7	Traumatic Brain Injury	· Loss of visual field · Visual spatial disorders · Impaired eye movements · Light sensitivity
8	Histoplasmosis Maculopathy	· Wavy distortion · Photo stress · Decrease of central vision · Light sensitivity
9	Hemianopia	· Loss of half of the field of vision · Increased need of light
10	Cataract	· Haziness
11	Corneal Pathology	· Extreme light sensitivity · Haziness
12	Aniridia	· Light sensitivity
13	Choroideremia	· Loss of the central vision · Night blindness
14	Coloboma	· Significant vision loss · Light sensitivity
15	Cortical Visual Impairment	· Vision field loss
16	Diplopia	· Double vision
17	Fuch's Dystrophy	· Blurriness
18	Ischemic Optic Neuropathy	· Loss of Vision
19	Keratoconus	· Blurriness/Distortion · Increased sensitivity to glare and light
20	Macular hole	· Loss of central vision · Distortion of central vision
21	Myasthenia gravis	· Drooping eyelids · Double vision
22	Optic Atrophy	· Loss of vision
23	Papillitis	· Loss of vision
24	Posterior Uveitis	· Blurriness/Distortion · Black spots in visual field
25	Retinoschisis	· Loss of vision parts
26	Retinal detachment	· Loss of vision

시각 장애를 일으키는 주요 원인이 된다. 저시력 시각 장애 증후들은 몇 가지 안과적 질환들에 의해 중복적으로 나타남을 알 수 있다.

본 논문에서는 저시력 시각 장애 증후들 가운데 가장 빈번하게 발생하면서도 디지털 영상처리가 가능한 7가지 증후를 저시력 시각 장애 특성 서술을 위한 요소로 제안한다. 제안된 저시력 시각 이상 증후로는 선명도 상실 증후(loss of fine detail), 대비도 상실 증후(loss of contrast), 빛에 대한 민감도 증가 증후(light sensitivity), 빛에 대한 요구 증가 증후(need of light), 주변 시계의 부분 상실 증후(partial loss of center vision field), 중앙 시계의 부분 상실

증후(partial loss of peripheral vision field), 반맹 증후(loss of half vision field, hemianopia)가 있다.

그림 2는 제안된 7가지 주요 저시력 시각 장애 증후를 시뮬레이션한 그림을 표현한다<sup>[5]</sup>. 그림 2에서, (a)는 원래 이미지를 나타내고, (b)는 선명도 상실 증후를 시뮬레이션 한 것이다. (c)는 대비도 상실 증후 시뮬레이션, (d)는 빛에 대한 민감도 증가 증후 시뮬레이션, (e)는 빛에 대한 요구 증가 증후 시뮬레이션, (f)는 주변 시계의 부분 상실 증후 시뮬레이션, (g)는 중앙 시계의 부분 상실 증후 시뮬레이션, (h)는 반맹 증후 시뮬레이션을 보여준다.

저시력 시각 장애의 대부분은 한 개 이상의 저시력 증후

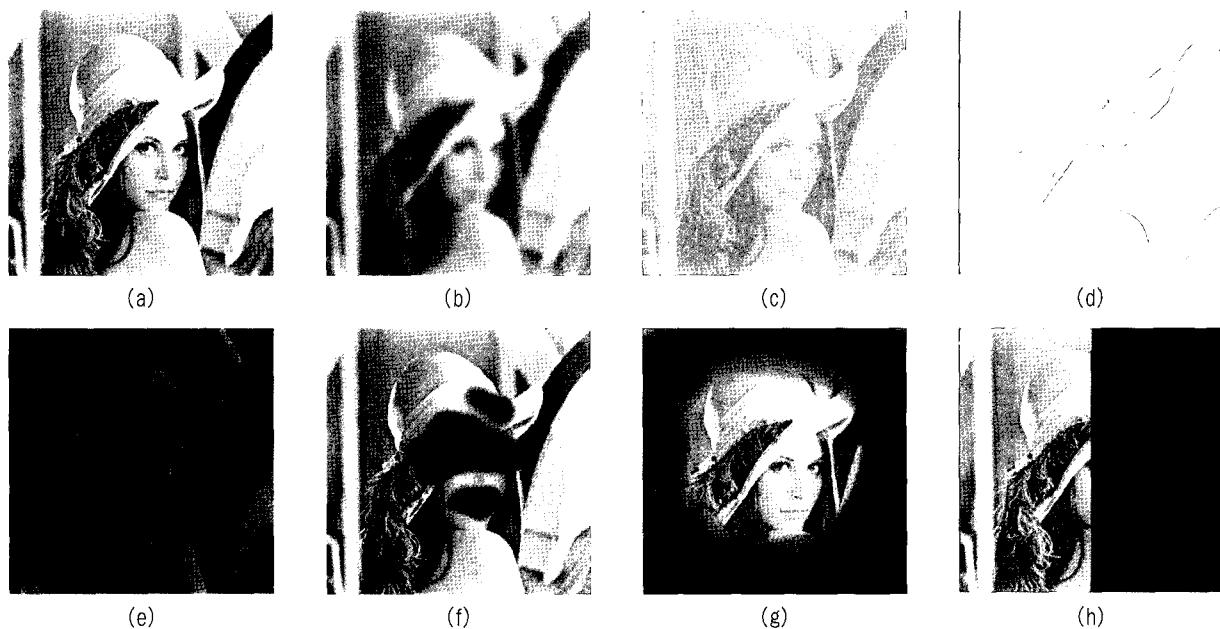


그림 2. 저시력 시각 장애 증후의 시뮬레이션: (a) 원래 이미지, (b) 선명도 상실 증후 시뮬레이션, (c) 대비도 상실 증후 시뮬레이션, (d) 빛에 대한 민감도 증가 증후 시뮬레이션, (e) 빛에 대한 요구 증가 증후 시뮬레이션, (f) 중앙 시계의 부분 상실 증후 시뮬레이션, (g) 주변 시계의 부분 상실 증후 시뮬레이션, (h) 반맹 증후 시뮬레이션

Fig. 2. Simulation of low vision symptoms: (a) original image, (b) simulation of 'lack of fine detail', (c) simulation of 'loss of contrast', (d) simulation of 'light sensitivity', (e) simulation of 'need of light', (f) simulation of 'center vision loss', (g) simulation of 'peripheral vision loss', (h) simulation of right-sided 'hemianopia' (half-side vision loss)

를 유발하기 때문에, 다중의 저시력 증후를 사용하여 사용자의 저시력 시각 장애 특성을 서술할 수 있도록 한다. 이러한 증후는 안과 질환에 의한 심각한 저시력 시각 이상자가 아니더라도 안과 질환에 의해 일시적인 시각 기능에 이상이 생긴 정상인에게도 나타날 수 있다. 그러므로, 저시력 시각 장애 특성을 서술하기 위해, 저시력 시각 장애 증후를 사용하는 것이 각각의 특정한 안과 질환 병명을 사용하는 것 보다 훨씬 신뢰적이고 실제적이다.

본 논문에서는 저시력 시각 장애의 보다 정확한 서술을 위하여 저시력 시각 장애 증후의 심각성 정도를 표현한다. 사용자의 저시력 시각 장애 증후의 정도를 3단계의 텍스트 형식(textual degree)으로 약(mild), 중(medium), 그리고 강(severe) 간단히 표현함으로써, 대략적인 디지털아이템 적응변환이 수행되도록 한다. 뿐만 아니라, 사용자의 저시력 시각 장애 증후의 정도를 수치 형식(numerical degree)으로 상세하게 표현함으로써, 디지털아이템 적응변환의 성능을 높일 수 있도록 한다. 수치 형식을 이용한 표현은 0.0에서 1.0까지의 10단계로 구성되며, 사용자의 저시력 시각 장애 특성에 따른

디지털아이템 적응변환을 수행할 수 있는 구조를 만든다. 그림 2는 본 논문에서 제안한 저시력 시각 장애 특성을 서술하는 MPEG-21 기반 XML(eXtensible Markup Language) 언어로 표현한 것이다. 그림 2에서, 저시력 시각 장애 특성을 서술하는 최상위 요소는 'LowVisionImpairmentType'이며, 사용자의 저시력 시각 장애 증후들을 하부 구조로 선택할 수 있다. 표현된 7가지의 증후들은 다중으로 선택될 수 있으며, 증후의 심각성 정도를 'VisualImpairmentDegreeType'을 이용하여 텍스트 혹은 수치적으로 표현할 수 있다.

## 2. 색각 장애자를 위한 디지털아이템 적응변환 서술자

전 세계 남성 인구의 약 8%, 여성 인구의 약 0.5%가 색각 장애자이다<sup>[9]</sup>. 색각 장애로 인하여, 색상이 정보 전달 매체로서 가지는 순기능들이 색각 장애를 가진 사용자에게 오히려 역기능이 되고 있다. 디지털 멀티미디어 시대에 색을 통한 정보의 전달이 증가하고 다양해지면서, 색각 장애를 가진 사용자들이 멀티미디어를 접하면서 느끼는 불편함

```

<complexType name="LowVisionImpairmentType">
    <complexContent>
        <extension base="dia:DIABaseType">
            <sequence>
                <element name="LossOfFineDetail"
                    type="dia:VisualImpairmentDegreeType" minOccurs="0"/>
                <element name="LackOfContrast"
                    type="dia:VisualImpairmentDegreeType" minOccurs="0"/>
                <element name="LightSensitivity"
                    type="dia:VisualImpairmentDegreeType" minOccurs="0"/>
                <element name="NeedOfLight"
                    type="dia:VisualImpairmentDegreeType" minOccurs="0"/>
                <element name="CenterVisionLoss"
                    type="dia:VisualImpairmentDegreeType" minOccurs="0"/>
                <element name="PeripheralVisionLoss"
                    type="dia:VisualImpairmentDegreeType" minOccurs="0"/>
                <element name="Hemianopia" minOccurs="0">
                    <complexType>
                        <attribute name="side">
                            <simpleType>
                                <restriction base="NMTOKEN">
                                    <enumeration value="left"/>
                                    <enumeration value="right"/>
                                </restriction>
                            </simpleType>
                        </attribute>
                    </complexType>
                </element>
            </sequence>
        </extension>
    </complexContent>
</complexType>

<complexType name="VisualImpairmentDegreeType">
    <complexContent>
        <extension base="dia:DIABaseType">
            <choice>
                <element name="NumericDegree" type="mpeg7:zeroToOneType"/>
                <element name="TextualDegree">
                    <simpleType>
                        <restriction base="NMTOKEN">
                            <enumeration value="Severe"/>
                            <enumeration value="Medium"/>
                            <enumeration value="Mild"/>
                        </restriction>
                    </simpleType>
                </element>
            </choice>
        </extension>
    </complexContent>
</complexType>

```

그림 3. XML로 표현한 저시력 장애 증후 특성 서술자

Fig. 3. Description of low vision symptoms by XML

은 오히려 증가하고 있다. 특히, 색이 정보 전달의 기능을 수행하는 경우에 색각 장애를 가진 사용자는 시각적 정보의 의미가 그들에게 잘못 전달되어 역 효과를 놓기도 한다.

현재까지 색각 장애를 치료할 수 있는 방법이 존재하지 않기 때문에, 색각 장애자를 위한 디지털아이템 적응변환은 색각 장애자가 멀티미디어 콘텐츠에 대한 시각 접근성을

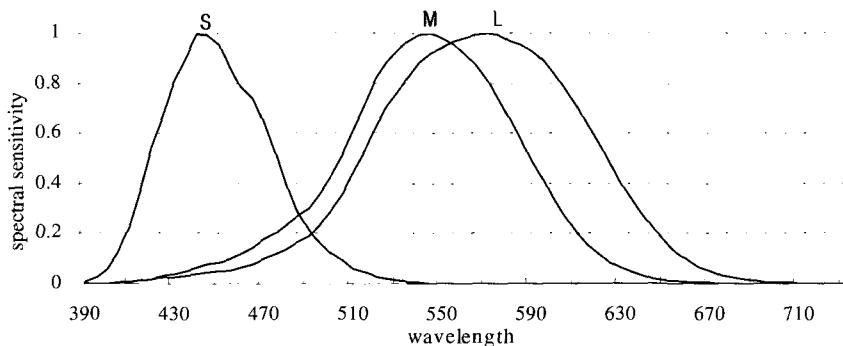


그림 4. 원추세포의 분광 반응 민감도 함수  
Fig. 4. Spectral response sensitivity function of cones

높이는 매우 효과적인 방법이 될 수 있다.

인간은 망막(retina) 내의 간상세포(rod)를 이용하여 명암을 구별하며, 원추세포(cone)를 이용하여 자세한 모양과 색상을 인지한다. 인간의 색상의 인지는 원추세포에 포함된 광색소에 의해 광자를 흡수함으로써 일어난다. 정상적인 사람은 망막 내에 가시 파장의 서로 다른 부분의 빛을 흡수하는 세 가지 원추세포를 가진다. 각 원추세포는 그들이 인지하는 빛의 파장에 따른 민감도에 따라, L(long-wavelength) 혹은 R(red) 원추세포, M(middle-wavelength) 혹은 G(green) 원추세포, S(short-wavelength) 혹은 B(blue) 원추세포로 나뉜다<sup>[9]</sup>. 그림 4는 정상인의 원추세포의 색상 민감도를 표현하는 함수이다. 파장에 따른 세 원추세포의 민감도가 다르기 때문에 색상의 식별이 가능한 것이다.

이에 반하여, 색각 장애는 망막 내에 세 가지 원추세포 가운데 어느 한 가지가 없거나 그것의 기능이 정상적이지 못하여 색상 인지 능력이 저하되는 장애를 말한다. 한 가지 원추세포가 아예 존재하지 않고 두 가지 원추세포만 가지고 있는 경우를 색맹(dichromacy)이라고 한다<sup>[9]</sup>. 세 가지 원추세포가 모두 존재하지만 한 원추세포의 기능이 정상적이지 못한 경우는 색약(anomalous trichromacy)이라고 한다<sup>[11]</sup>. 그리고, 매우 드물지만 원추세포가 아예 존재하지 않거나 오직 하나의 원추세포만을 가지기 때문에, 색상을 거의 혹은 전혀 인지하지 못하는 전색맹(achromatopsia)이 존재한다<sup>[9]</sup>. 이 경우는 모든 색이 흑백 또는 회색으로만 보이고 대부분 시력이 매우 나쁘다.

색맹은 존재하지 않는 원추세포의 종류에 따라 세 가지 종류로 나뉜다. L 원추세포가 없는 적색맹(protanopia), M 원추세포가 없는 녹색맹(deutanopia) 그리고 S 원추세포가 없는 청색맹(tritanopia)이다<sup>[9]</sup>. 적색맹과 녹색맹은 비슷

한 색상 인지 특성을 보이는데 이는 L 원추세포와 M 원추세포가 S 원추세포에 비해 서로 근접해 있기 때문이다. 이러한 이유로 적색맹과 녹색맹을 함께 적록색맹이라고 한다.

색약도 비정상적인 원추세포의 종류에 따라 역시 세 가지 종류로 나뉜다. 색약을 일으키는 주된 원인은 세 가지 원추세포 가운데 하나의 원추세포의 스펙트럼 민감도가 정상적인 위치보다 우측 또는 좌측으로 이동되는 현상이다<sup>[10][11][12][13]</sup>. 적색약(protanomaly)의 경우 L 원추세포가 M 원추세포 방향으로 이동되고, 녹색약(deutanomaly)의 경우 M 원추세포가 L 원추세포 방향으로 이동되며, 청색약(tritanomaly)의 경우, S 원추세포가 M 원추세포 방향으로 이동된다. 원추세포의 이동 정도가 클수록, 파장에 따른 각 원추세포의 민감도 변화량이 커지기 때문에 색상을 간의 구별 능력이 더 감소된다. 따라서, 색맹과 달리 색약은 심각성의 정도가 매우 다양하다.

색각 장애의 종류와 심각성 정도에 따른 증후는 다음과 같다. 적색약(protanomaly)은 적색과 녹색의 구별 능력이 크게 감소하고, 정상인보다 적색을 더 어둡게 인지한다. 적색맹(protanopia)은 적색과 녹색의 구별 능력이 크게 감소하고, 정상인보다 적색을 더 어둡게 인지한다. 녹색약(deutanomaly)은 적색과 녹색의 구별 능력이 다소 감소하나, 밝기에 대한 인지는 정상인과 동일하다. 녹색맹(deutanopia)은 적색과 녹색의 구별 능력이 크게 감소하나, 밝기에 대한 인지는 정상인과 동일하다. 청색약(tritanomaly)은 청색과 황색의 구별 능력이 다소 감소하나, 밝기에 대한 인지는 정상인과 동일하다. 청색맹(tritanopia)은 청색과 황색의 구별 능력이 크게 감소하나, 밝기에 대한 인지는 정상인과 동일하다. 부분 전색맹(incomplete achromatopsia)은 L 원추세포와 M 원추세포가 모두 비정상적이고, 색상의 식별 능력을 거의 상실된 상태이다. 완전

표 2. 색각 장애 서술자와 색각 장애의 의학적 명칭과의 관계

Table 2. Mapping between medical terms to color vision deficiency description

의학적 명칭	색각 장애 서술 구조(ColorVisionDeficiency)		
	색각 장애 종류 (DeficiencyType)	심각성 정도(Deficiency Degree)	수치적 표현 (Numerical Degree)
Protanomaly	Red-Deficiency	Mild	0.1~0.9
Protanopia	Red-Deficiency	Severe	1.0
Deuteranomaly	Green-Deficiency	Mild	0.1~0.9
Deutanopia	Green-Deficiency	Severe	1.0
Tritanomaly	Blue-Deficiency	Mild	0.1~0.9
Tritanopia	Blue-Deficiency	Severe	1.0
Incomplete Achromatopsia	CompleteColorBlindness	Mild	0.1~0.9
Complete Achromatopsia	CompleteColorBlindness	Severe	1.0

전색맹(complete achromatopsia)은 모든 원추세포가 비정상적이고, 색상의 식별 능력이 없는 상태이다.

이와 같이 색각 장애 특성은 저시력 장애 특성에 비해 비교적 명료한 구별이 가능하다. 그러나 정상인의 경우에도 색상 인지 능력이 낮은 사람이 있고, 정상인은 물론 색각 장애자도 각각 개인적인 색감(色感)을 가지고 있기 때문에, 색각 장애의 의학적 명칭을 이용한 서술은 다양한 색각 장애 특성을 가진 사용자를 위한 적응변환에 적합하지 못하다. 또한, 현재 분자 유전학적 검사를 통하지 않으면 선천적 색각 장애의 심각성 정도를 정확하게 측정하기 어렵고, 후천적 색각 장애의 경우에는 색각 검사를 통하여 심각성 정도를 추정할 수밖에 없다. 이러한 이유로, 본 논문에서

는 원추세포의 비정상적인 특성과 이에 대한 증후에 따라 색각 장애 종류 및 심각성을 서술한다. 비교적 명확히 구분되는 색맹과 색약의 구분은 텍스트 표현을 사용하여 서술하고, 색약의 심각성 정도를 수치적 표현을 이용하여 상세하게 서술한다. 텍스트 형식에서 'mild'는 색약을, 'severe'는 색맹을 표시한다. 표 2는 제안된 색각 장애 서술 구조와 색각 장애를 표현하는 의학 명칭과의 관계를 나타낸 것이다.

예를 들어, 적색약은 색각 이상 종류가 'Red-deficiency'이고, 심각성 정도가 텍스트로 'mild'로 표시되며, 수치적으로 0.0에서 1.0까지 표현될 수 있다.

그림 5는 본 논문에서 제안한 색각 장애 특성 서술을 MPEG-21 기반 XML 언어로 표현한 것이다. 색각 장애 특

```

<complexType name="ColorVisionDeficiencyType">
    <complexContent>
        <extension base="dia:DIABaseType">
            <sequence>
                <element name="DeficiencyType">
                    <simpleType>
                        <restriction base="NMTOKEN">
                            <enumeration value="Red-Deficiency"/>
                            <enumeration value="Green-Deficiency"/>
                            <enumeration value="Blue-Deficiency"/>
                            <enumeration value="CompleteColorBlindness"/>
                        </restriction>
                    </simpleType>
                </element>
                <element name="DeficiencyDegree"
                    type="dia:VisualImpairmentDegreeType" />
            </sequence>
        </extension>
    </complexContent>
</complexType>

```

그림 5. XML로 표현한 색각 장애 특성 서술자  
Fig. 5. Description of color vision deficiency by XML

```

<complexType name="VisualImpairmentType">
    <complexContent>
        <extension base="dia:DIABaseType">
            <sequence>
                <element name="Blindness" minOccurs="0">
                    <complexType>
                        <attribute name="eyeSide">
                            <simpleType>
                                <restriction base="NMTOKEN">
                                    <enumeration value="both"/>
                                    <enumeration value="left"/>
                                    <enumeration value="right"/>
                                </restriction>
                            </simpleType>
                        </attribute>
                    </complexType>
                </element>
                <element name="LowVisionSymptoms"
                    type="dia:LowVisionImpairmentType" minOccurs="0"/>
                <element name="ColorVisionDeficiency"
                    type="dia:ColorVisionDeficiencyType" minOccurs="0"/>
            </sequence>
            <attribute name="rightSight" type="float" use="optional"/>
            <attribute name="leftSight" type="float" use="optional"/>
        </extension>
    </complexContent>
</complexType>

```

그림 6. XML로 표현한 시각 장애 특성 서술자

Fig. 6. Description of visual impairment by XML

성을 서술하는 최상위 요소는 'ColorVisionDeficiencyType'이며, 'DeficiencyType'을 이용하여 색각 장애 종류를 서술할 수 있다. 색각 장애의 심각성 정도는 저시력 장애 서술과 마찬가지로 'VisualImpairmentDegreeType'을 이용하여 텍스트 혹은 수치적으로 표현할 수 있다.

마지막으로, 사용자가 저시력 및 색각 장애를 동시에 가지고 있을 수 있기 때문에, 복합 시각 장애 특성 서술을 위한 구조가 필요하다. 그림 6은 그림 3에서 보인 저시력 장애 특성 서술자와 그림 5에서 보인 색각 장애 특성 서술자를 결합한 MPEG-21 기반 디지털아이템 적응변환을 위한 시각 장애 서술자이다. 디지털아이템 적응변환을 위한 시각 장애 특성을 서술하기 위한 최상위 요소는 'VisualImpairmentType'이다. 하부 요소로 좌/우측 혹은 양쪽 눈의 시각 능력을 완전한 상실되었음을 서술하는 'blindness'와 저시력 장애 특성을 서술하는 'LowVisionImpairmentType', 색각 장애 특성을 서술하는 'ColorVisionDeficiencyType'을 선택적으로 서술할 수 있다. 본 논문에서 보인 시각 장애의 주요 특성들은 서

로 영향을 줄 수 있다. 따라서 시각 장애를 가진 사용자는 한 개 이상의 특성을 가질 수 있다. 그리고, 디지털아이템 적응 변환의 성능을 높이기 위해, 응용에 따라 중요하게 사용될 수 있는 사용자 눈의 시력(visual acuity)을 서술할 수 있도록 하였다. 시력 특성은 'VisualImpairmentType'의 속성(attribute) 값으로 서술되며, 'leftsight'와 'rightsight'를 이용하여 좌우측 눈의 시력을 각각 서술할 수 있다.

### III. 실 험

본 논문에서는 제안된 시각 장애 특성 서술자를 이용하여 저시력 장애를 가진 사용자를 위한 디지털아이템 적응변환 실험을 수행하였다.

저시력 장애를 가진 사용자를 위한 디지털아이템 적응변환 방법으로, 본 논문에서는 대비도(contrast) 조절, 예리도(sharpness) 조절, 밝기(brightness) 조절, 섬광(glare) 감쇄,

표 3. 저시력 장애 증후에 따른 적응변환 방법

Table 3. Adaptation method for low vision impairments

저시력 증후	적응변환 방법	대비도 조절	예리도 조절	밝기 조절	섬광 감쇄	영상 크기 조절	재생 선호도	컨텐츠 타입 변화
선명도 감소	**	**	*			**	0	0
대비도 감소	**	*	*			**	0	0
빛에 대한 요구 증가	*	*	**	**	*	*	0	0
빛에 대한 민감도 증가	*		**		*	0	0	0
주변 시계의 부분 상실	*	*	*		**	0	0	0
중앙 시계의 부분 상실	*	*	*		**	0	0	0
반맹 증후	*	*	*		**	0	0	0

\* : 특정한 저시력 시각이상 증후에 대하여 기본적으로 사용되는 방법

\*\* : \*로 표시된 서술보다 높은 우선순위로 채택되어 사용될 수 있는 방법

0 : 모든 저시력 장애 증후를 보상하기 위해 사용될 수 있는 방법

영상 크기 조절, 재생 우선순위 선호도 적용, 컨텐츠 타입(modality) 변환을 사용하였다. 표 3은 저시력 장애 증후에 따른 적응 변환 방법을 제안한다. 대비도 조절은 사용자의 저시력 장애 정도에 따라 컨텐츠의 대비도를 향상시키는 방법이다. 예리함 조절은 사용자의 저시력 장애 정도에 따라 컨텐츠의 고주파 영역을 향상시킴으로 인하여 비주얼 컨텐츠의 외곽(edge) 정보의 가시성(visibility)을 향상시키는 방법이다. 밝기 조절은 사용자의 저시력 장애에 따라 비주얼 컨텐츠의 밝기를 조절하는 방법이다. 섬광 감쇄는 대표적으로 호모모픽(homomorphic) 필터링 방법을 사용한다. 이 방법은 낮은 강도(intensity)를 갖는 지역의 예리함이나 선명함을 증가시키고, 높은 강도를 갖는 지역의 명암을 감소시킨다. 영상 크기 조절은 주변 시계 부분 상실 증후나 중앙 시계 부분 상실 증후, 반맹 증후에 효과적으로 적용 가능하다. 재생 우선순위 선호도 적용은 사용자가 선호하는

콘텐츠 종류(modality)나 객체에 높은 우선순위를 두고 재생하는 방법이다. 컨텐츠 종류 변환은 컨텐츠의 종류를 의미(semantics)의 변화 없이 다른 컨텐츠 종류로 변환하는 기술이다. 예를 들어, 임의의 사용자가 거의 맹인에 가까운 저시력 장애를 갖지만 청력에는 전혀 문제가 없는 경우에, 비주얼 컨텐츠는 동일한 정보를 기술하는 오디오 컨텐츠로 변환될 수 있다.

그림 7은 대비도 상실 증후를 가진 저시력 장애 사용자를 위한 디지털아이템 적응변환 실험의 한 예이다. 사용자의 선명도 상실 증후의 심각성 정도는 'severe'로 설정하였다. 그림 7-(a)는 원래 영상이고, 7-(b)는 원래 영상을 해당 저시력 증후 종류와 심각성으로 시뮬레이션한 영상이다. 원래 영상에 비해 영상의 대비도가 크게 떨어져서 객체의 식별이 어려운 것을 볼 수 있다. 이에 반하여, 그림 7-(c)는 적응변환된 영상으로, 심각한 저시력이 있는 만큼 영상

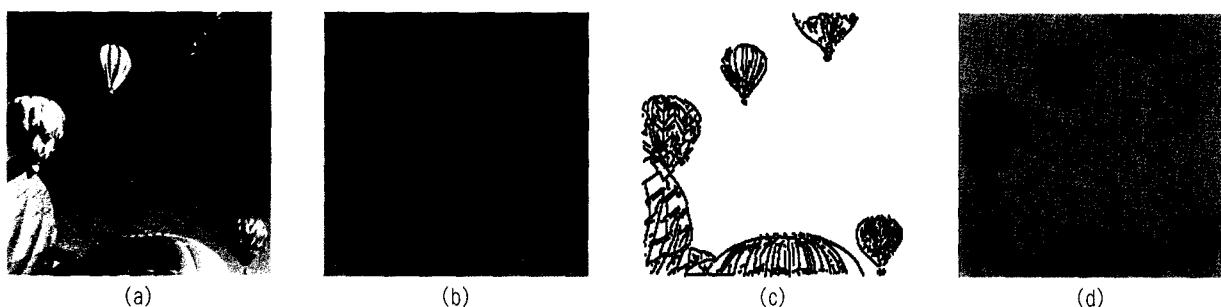


그림 7. 대비도 상실 증후를 가진 사용자를 위한 영상의 적응변환 결과: (a)원래영상, (b)(a)의 저시력증후 시뮬레이션 영상 (c)적응 변환된 영상 (d)(c)의 저시력증후 시뮬레이션 영상

Fig. 7. Adaptation of image with symptom of lack of contrast: (a) original image, (b) simulation of (a), (c) adapted image, (d) simulation of (c)

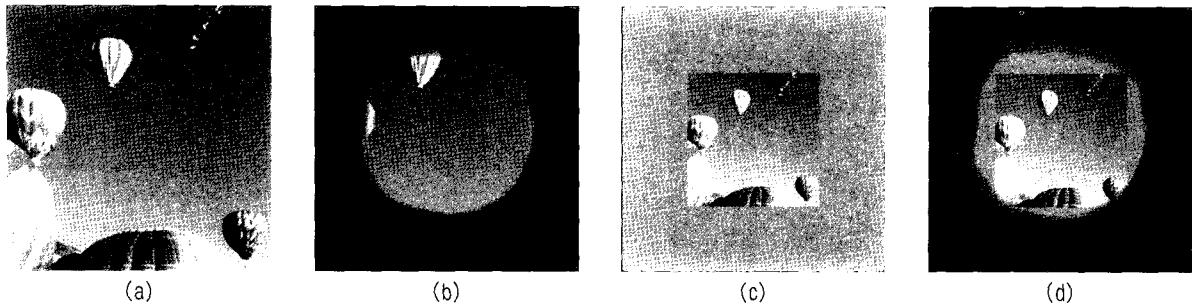


그림 8. 주변 시계 상실 증후를 가진 사용자를 위한 영상의 적응변환 결과: (a) 원래 영상, (b) (a)의 저시력 증후 시뮬레이션 영상, (c) 적응변환된 영상, (d) (c)의 저시력 증후 시뮬레이션 영상

Fig. 8. Adaptation of image with symptom of loss of peripheral vision: (a) original image, (b) simulation of (a), (c) adapted image, (d) simulation of (c)

의 에지 정보를 추출하여 영상의 대비도를 크게 높인 영상이다. 그림 7-(d)는 적응변환된 영상(그림 7-(c))을 해당 저시력 사용자의 시각으로 시뮬레이션한 영상으로, 비록 원래의 영상(그림 7-(a))을 볼 수 있도록 만들지 못하지만 원래 영상을 시뮬레이션한 영상(그림 7-(b))에 비해 내용이 보다 선명해졌기 때문에, 보다 많은 정보를 사용자에게 전달할 수 있음을 알 수 있다.

그림 8은 주변 시계 상실 증후를 가진 저시력 장애 사용자를 위한 디지털아이템 적응변환 실험의 또 다른 예이다. 사용자의 선명도 상실 증후의 심각성 정도는 수치적 표현으로 '0.6'을 사용하였다. 그림 8-(a)는 원래 영상이고, 8-(b)는 원래 영상을 해당 저시력 증후 종류와 심각성으로 시뮬레이션한 영상이다. 원래 영상에 비해 영상의 주변이 정상적으로 보이지 않음을 볼 수 있다. 이에 반하여, 그림 8-(c)는 적응변환된 영상으로, 간단한 기술이지만 영상 축소 기법을 적용하여 영상의 크기를 줄인 영상이다. 그림 8-(d)는 적응변환된 영상(그림 8-(c))을 해당 저시력 사용자의 시각으로 시뮬레이션한 영상으로, 사용자가 이미지가 가지고 있는 원래의 정보를 정상인과 동등하게 얻을 수 있음을 알 수 있다.

다음으로 본 논문에서는 색각 장애를 가진 사용자를 위한 디지털아이템 적응변환 방법을 이용하여 제안된 서술자를 검증하는 실험을 수행하였다.

색맹을 위한 적응변환의 목적은 이미지 내에 색맹자가 혼동되는 색상으로 이루어진 객체들의 색상을 적응 변환함으로써 색맹자의 색상 정보를 인지 능력을 향상시키는데 있다. 색맹자는 세가지 원추세포 가운데 없어진 원추세포에

의해 정상인이 볼 수 있는 가시 파장 영역의 모든 색상을 두 가지 색도(two monochromatic hue)로 모든 색상을 인지하기 때문에, 비록 색상을 임의의 다른 색상으로 변환하더라도 결국 색맹자에게 인지되는 색상은 두 가지 종류이다. 본 논문에서는 색상의 색도 뿐만 아니라 채도를 동시에 변화시킴으로써 색맹자의 색상 정보 구별 능력을 가능한 한 향상시키는 방법을 이용한다. 이를 위해 먼저 디지털아이템 내의 영상의 RGB 공간의 값을 HSI 공간의 값으로 변환한다. 입력된 색각 장애 특성으로부터 색맹의 종류와 심각성 정도를 읽어 들여, 색맹자가 구별하기 힘든 색상인 경우 해당 픽셀의 색도를 구별 가능한 다른 색도로 변환한다. 그러나 색도를 변화시키더라도 색맹자가 인지 가능한 색상은 단지 두 가지 종류이기 때문에, 색도 뿐만 아니라 채도를 변화시켜 가능한 한 많은 색상 정보를 전달하는 방법이다. 여기서 변화시킬 색도와 채도의 종류 및 변화량은 사용자에 의해 수동으로 결정되는 방식과, 고유의 알고리즘을 이용하여 자동적으로 결정되는 방식, 그리고 두 방식을 혼합한 반자동 방식이 적용될 수 있다<sup>[14][15][16][17]</sup>. 마지막으로는 변환된 HSI 공간의 값을 다시 RGB 공간의 값으로 변환하여 적응변환된 디지털아이템을 생성한다.

색약을 위한 적응변환의 목적은 색약자에게 원래의 색상을 보여주는데 있다. 색맹자와 달리 색약자는 정상인과 비슷한 심각성 정도에서 색맹자에 가까운 심각성 정도까지 매우 다양한 분포를 이루고 있다. 따라서 적응변환 수행 시에, 색약자의 심각성 정도가 매우 중요한 요소로 작용한다. 그리고 세 개의 원추세포를 모두 가지고 있기 때문에, 기본적으로 가시파장 영역의 색상을 모두 인지 가능하다. 단지,

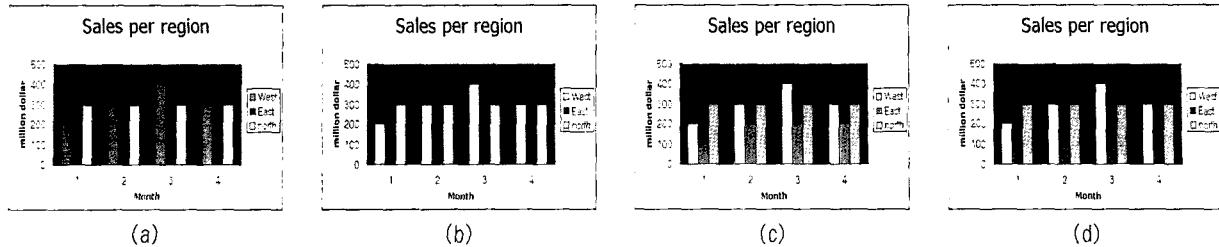


그림 9. 색맹 장애를 가진 사용자를 위한 영상의 적응변환 결과: (a) 원래 영상, (b) (a)의 색맹 장애 시뮬레이션 영상, (c) 적응변환된 영상, (d) (c)의 색맹 장애 시뮬레이션 영상

Fig. 9. Adaptation of image with severe color vision deficiency (dichromat): (a) original image, (b) simulation of (a), (c) adapted image, (d) simulation of (c)

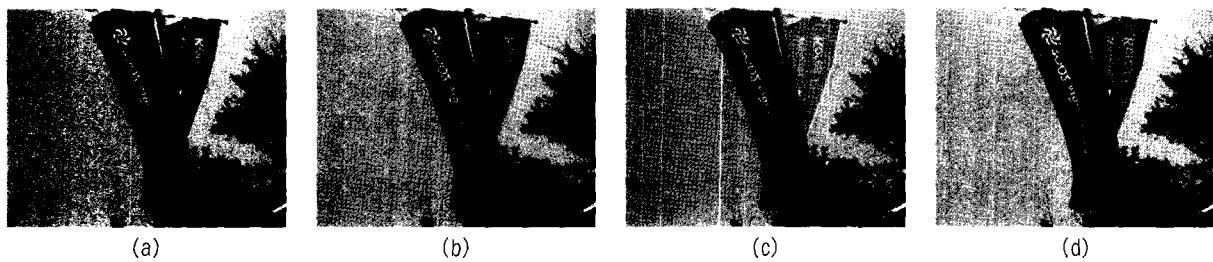


그림 10. 색약 장애를 가진 사용자를 위한 영상의 적응변환 결과: (a) 원래 영상, (b) (a)의 색약 장애 시뮬레이션 영상, (c) 적응변환된 영상, (d) (c)의 색약 장애 시뮬레이션 영상

Fig. 10. Adaptation of image with mild color vision deficiency (anomalous trichromat): (a) original image, (b) simulation of (a), (c) adapted image, (d) simulation of (c)

그들이 혼동하는 색상이 서로 인접해 있는 경우에만 색상 식별에 문제가 발생한다. 본 논문에서는 색약자 원추세포의 분광 반응 함수 및 사용자 단말의 디스플레이 장치의 분광 반응 민감도 함수로부터 변환될 색상을 자동으로 결정하는 알고리즘을 사용한다<sup>[14][15][16][17]</sup>. 이 방법은, 예를 들어, 임의의 색약자가 A 색상을 정상적으로 인지하지 못하여 A' 색상으로 인지할 때, 해당 색약자가 A 색상으로 인지하는 새로운 B 색상을 찾아낸다. 이 때, 색약자 원추세포의 분광 반응 함수에 따라 적응 변환할 색상이 달라진다. 또한, 사용자 단말의 디스플레이 장치의 분광 반응 민감도 함수를 고려함에 따라 보다 정확한 색상 적응변환이 가능해진다. 결과적으로 A 색상을 B 색상으로 변환하면, 색약자는 B 색상을 A 색상으로 인지하여 정상인과 동등한 색상 정보를 얻을 수 있게 된다.

그림 9는 색각 장애를 가진 사용자를 위한 디지털아이템 적응변환 실험의 한 예이다. 사용자의 색각 장애 특성에서, 색각 장애 종류는 적색맹(red-deficiency)으로 가정하였고,

심각성 정도는 텍스트 표현으로 'severe', 수치적 표현으로 '1.0'이다. 그림 9-(a)는 원래 영상으로, 세 개의 막대가 각기 다른 색상을 사용하여 정보를 표현하고 있다. 9-(b)는 원래 영상을 사용자의 색각 특성에 따라 시뮬레이션한 영상이다<sup>[18][19]</sup>. 해당 색맹자가 초록색, 주황색, 노란색 막대를 모두 노란색으로 보기 때문에 세 막대가 가지고 있는 정보를 얻지 못함을 알 수 있다. 이에 반하여, 그림 9-(c)는 적응변환된 영상으로, 초록색과 주황색 영역의 색도와 채도를 변환한 그림이다. 그림 9-(d)는 적응변환된 영상(그림 9-(c))을 해당 색맹자의 시각으로 시뮬레이션한 영상으로, 색맹자가 원래의 색상을 볼 수는 없지만, 세 막대들 간의 식별이 가능해져서 원래 영상이 가지고 있던 정보를 충분히 얻을 수 있음을 알 수 있다.

그림 10은 색각 장애를 가진 사용자를 위한 디지털아이템 적응변환 실험의 또 다른 예이다. 사용자의 색각 장애 특성에서 색각 장애 종류는 녹색약(green-deficiency)으로 가정하였고, 심각성 정도는 텍스트 표현으로 'mild', 수치적

표현으로 '0.6'이다. 그림 10-(a)는 원래 영상으로, 초록색과 주황색을 가진 두 깃발이 표현되어 있다. 그림 10-(b)는 원래 영상을 사용자의 색각 특성에 따라 시뮬레이션한 영상이다<sup>[20]</sup>. 그림에서 알 수 있듯이, 해당 색약자에게 초록색과 주황색 깃발의 식별은 충분히 가능하지만, 주황색 깃발과 하늘의 색상이 다른 색상으로 보이기 때문에, 색상 정보 인지에 불편함이 생길 것이다. 만일, 정지 영상이 아니라 동영상이라면 색약자의 이러한 불편은 더욱 커질 것이다. 이에 반하여, 그림 10-(c)는 적응변환된 영상으로, 해당 색약자가 제대로 보지 못하는 주황색 계열의 색상이 크게 강조된 것을 알 수 있다. 그림 10-(d)는 적응변환된 영상(그림 10-(c))을 해당 색맹자의 시각으로 시뮬레이션한 영상으로, 색약자가 원래의 색상 정보를 충분히 얻을 수 있음을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 MPEG-21 디지털아이템 적응변환에서 시각 장애를 가진 사용자를 위한 시각 장애 특성을 서술하기 위한 서술자를 제안하고, 제안된 서술자의 유용성을 검증하기 위한 실험을 수행하였다. 제안된 시각 장애 특성 서술자는 사용자가 가질 수 있는 대표적인 시각 장애 특성인 저시력 장애와 색각 장애 특성을 충분히 서술할 수 있는 체계적인 서술 구조를 가지도록 하였고, 사용자가 용이하게 서술할 수 있는 효과적인 측면도 고려하였다. 또한, 제안된 서술자를 이용하여, 시각 장애를 가진 사용자를 위하여 MPEG-21 프레임워크 내에서 디지털아이템을 적응변환하였으며, 실험을 통하여 이를 검증하였다. 향후, 실제 시각 장애자를 대상으로 임상 실험을 수행함으로써 제안된 서술자를 검증할 필요가 있다. 특히, 시각 장애 증후의 심각성 정도를 측정하는 데는 어려움이 있으므로, 향후 연구에서 시각 장애 테스트의 검사 결과를 직접 이용하여 심각성 정도를 서술할 수 있도록 하는 방안을 연구하고자 한다. 그리고, 제안된 시각 장애 특성 서술자를 이용한 보다 효과적인 디지털아이템 적응변환 방법에 대한 연구가 함께 요구 된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] R. Mohan, J. R. Smith, and C. S. Li. Adapting Multimedia

- Content for Universal Access, IEEE Transaction on Multimedia, vol.1, no.1, pp.104-114, March 1999  
[2] MPEG Requirements Group, MPEG-21 Overview v.5, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N5231, Shanghai, China, October 2002  
[3] MPEG MDS Group, MPEG-21 Digital Item Adaptation FCD, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Trondheim, Norway, July 2003  
[4] Blindness and Low Vision, America foundation for the blind, <http://www.afb.org>  
[5] Eye Diseases and Conditions, The Low Vision Gateway, <http://www.lowvision.org/>  
[6] What the world looks like to people with low vision, Lighthouse International, <http://www.lighthouse.org>  
[7] A service of the National Library of Medicine, MEDLINEplus Health Information, <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus>  
[8] Understanding of Low Vision Care, Korean Council for the Low Vision, 3판, 2002  
[9] D. McIntyre, Color Blininess: Cause and Effect, Dalton Publishing, 2002  
[10] M. Neitz and J. Neitz, Molecular genetics of color vision and color vision defects, Archives of Ophthalmology, vol.118, pp.691-700, 2000  
[11] J. Nathans et al, Red, green, and red-green hybrid photopigments in the human retina: correlations between deduced protein sequences and psychophysically measured spectral sensitivities, Journal of Neuroscience, vol.18, pp.10053-10069, 1998  
[12] J. Pokorny et al, Derivation of the photopigment absorption spectra in anomalous trichromat, Journal of the Optical Society of America, vol.63, no.2, pp.232-237, Sep. 1977  
[13] J. Pokorny, V. C. Smith, Evaluation of single-pigment shift model of anomalous trichromacy, Journal of the Optical Society of America, vol.67, no.9, pp.1196-1209, Sep. 1977  
[14] Y. M. Ro et al, MPEG-21 DIA for Color Vision Deficiency, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, May 2002  
[15] Y. M. Ro et al, Report on CE for Visual Accessibility Part1: Color Vision Deficiency, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M8543, Klagenfurt, Austria, July 2002  
[16] J. I. Song, Seungji Yang, C. S. Kim, and Y. M. Ro, Digital Item Adaptation for Color Vision Variations, Proc. on Electronic Imaging of SPIE, Jan. 2003  
[17] Seungji Yang and Y. M. Ro, Visual Contents Adaptation for Color Vision Deficiency", Proc. on IEEE International Conference on Image Processing, Sep. 2003  
[18] H. Brettel, F. Vienot, and J. Mollon, Computerized simulation of color appearance for dichromats, Journal of Optical Society of America, vol.14, no.10, pp.2647-2655, 1997  
[19] Christine Rigden, The eye of the beholder - designing for colour-blind users, British Telecommunications Engineering, vol. 17, pp.291-295, Jan. 1999  
[20] J. Walraven and J. W. Alferdinck, Color displays for the color blind, Proc. on Color Science, Systems, and Applications of 5th Color Image Conference, pp.17-22, 1997그림 및 표

---

저자소개

---

**양승지**

- 2001년 2월 : 강원대학교 정보통신공학과 학사
- 2002년 8월 : 한국정보통신대학원대학교 공학부 석사
- 2002년 9월~현재 : 한국정보통신대학원대학교 공학부 박사과정
- 주관심분야 : 이미지/비디오 처리 및 분석, 색상처리, 이미지 카테고리화, MPEG-7/21

**Truong Cong Thang**

- 1992년 9월~1997년 6월 : Hanoi University of Technology, Hanoi, Vietnam
- 1997년 12월~2000년 7월 : MS Student in Hanoi University of Technology, Hanoi, Vietnam
- 1997년 7월~1999년 3월 : Satellite engineer, Vietnam Telecom International
- 1999년 3월~2000년 8월 : Project engineer, Vietnam Data Communications Company
- 2001년 1월~현재 : Ph.D student in Information and Communications Univ.
- 주관심분야 : Image/Video processing, Video streaming, Video abstraction, Content adaptation, MPEG-21

**노용만**

- 1985년 : 연세대학교 전자공학과 학사
- 1987년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학부 석사
- 1992년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학부 박사
- 1987년~1988년 : Columbia University, New York 연구원
- 1992년~1995년 : University of California, Irvine 초빙 연구원
- 1996년 : University of California, Berkeley 연구원
- 1997년~현재 : 한국정보통신대학원대학교 공학부 부교수
- 주관심분야 : 이미지/비디오 처리 및 분석, MPEG-7/21, 특징 인식, 이미지/비디오 인데싱, Watermarking

**남제호**

- 1992년 2월 : 흥익대학교 전기제어공학과 졸업(학사)
- 1996년 12월 : 美 Univ. Minnesota 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(석사)
- 2000년 12월 : 美 Univ. Minnesota 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(박사)
- 2001년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 방송미디어연구부 근무(선임연구원)
- 주관심분야 : 디지털 신호처리, 디지털 방송, 영상통신, MPEG-7/21, TV-Anytime, 컨텐츠 보호

**홍진우**

- 1982년 : 광운대학교 응용전자공학과 학사
- 1984년 : 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)
- 1993년 : 광운대학교 대학원 전자계산기공학과 졸업(박사)
- 1998년~1999년 : 독일 프라운호퍼연구소 파견 연구원
- 1984년~현재 : 한국전자통신연구원 방송미디어연구부 팀장(책임연구원)
- 1993년~현재 : 정보통신표준화연구단 방송기술위원회 위원
- 2001년~현재 : 한국음향학회 홍보이사 및 뉴미디어음향 학술분과위원장, 한국방송공학회 논문지 편집위원, 한국해양정보통신학회 학술분과위원장, SEDICA 운영위원
- 주관심분야 : 오디오 신호처리 및 부호화, 디지털 컨텐츠 보호 및 관리, 디지털 오디오 방송