

하이브리드 문서 저작도구의 설계 및 개발

홍광진[†], 정기철^{**}

요 약

디지털 문서가 가진 동적인 콘텐츠의 사용을 통한 높은 정보 전달성과 공유 용이성 등의 장점으로 인해 점차적으로 디지털 문서가 종이 문서의 역할을 대신하고 있다. 하지만 종이 문서가 가진 높은 가독성과 휴대성, 저렴한 가격 등의 장점 때문에 사용자들은 여전히 종이 문서를 선호한다. 이와 같이, 종이 문서를 선호하는 사람들에게 디지털 문서의 장점을 제공하기 위해서, 종이 문서에 디지털 정보를 담는 것에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 본 논문은 사용자가 직접 펜을 이용하여 종이 문서에 디지털 정보들을 삽입, 삭제, 수정할 수 있는 Hybrid Documents Authoring Tool(HDAT)을 제안한다. 제안된 시스템은 읽기와 쓰기 기능을 모두 지원하는 통합형 저작 도구 시스템이다. 또한 문서의 인식을 위해 마커나 패턴 등과 같은 부수적인 장치의 도움 없이 컴퓨터 비전 기술만을 이용함으로써 사용자에게 최대한 자연스러운 환경을 제공한다. 실험을 통해 우리는 제안된 시스템의 효용성을 확인하고, 카메라에 의해 발생하는 제약 아래에서 영상 기반 문서 검색을 위한 카메라 해상도, 입력 영상의 크기, 비교할 샘플의 개수 등의 최저 한계를 측정함으로써 시스템이 실생활에 적용되었을 때 발생할 수 있는 다양한 상황에서 만족할 만한 성능을 낼 수 있음을 확인하였다.

Design and Development of Hybrid Documents Authoring Tool

Kwangjin Hong[†], Keechul Jung^{**}

ABSTRACT

Digital documents takes place of paper (off-line) documents, because of the advantages of digital (on-line) documents: supply of information using dynamic contents and good to communize. However, users prefer paper documents to digital documents with the advantages of paper documents: inexpensive, handy to carry, and good to read. Therefore, for providing advantages of digital documents to users who prefer paper documents, many laboratories study about methods which augment digital documents to paper documents. In this paper, we propose the Hybrid Documents Authoring Tool (HDAT), which can insert, delete, and modify on-line information to the off-line. The proposed system is a unified authoring tool for reading and writing of on-line information. And we provide the most natural environment to users using computer vision technology without additional devices such as markers or patterns to retrieve documents. As shown by experimental results, we make sure that our proposed system has high usability and good efficiency on various environments through we measure the low-level of system requirement.

Key words: AR(증강현실), Authoring Tool(저작 도구), Projection Display System(프로젝션 디스플레이(PDS)), Documents Authoring(문서 저작)

1. 서 론

컴퓨터의 발전과 보급으로 인해 높은 정보 전달성을 가진 온라인 디지털 문서가 오프라인 종이 문서의

※ 교신저자(Corresponding Author): 정기철, 주소: 서울시 동작구 상도 5동 1-1 숭실대학교 별관 225호(156-743), 전화: (02)828-7260, FAX: (02)822-3622, E-mail: kcjung@ssu.ac.kr

접수일: 2005년 5월 10일, 완료일: 2006년 1월 11일

[†] 숭실대학교 정보과학대학 미디어학과
(E-mail: hongmsz@ssu.ac.kr)

^{**} 정희원, 숭실대학교 정보과학대학 미디어학과

※ 본 연구는 숭실대학교 교내 연구비 지원으로 이루어졌음.

역할을 대신하고 있다. 그러나 높은 가독성과 휴대의 편리성 때문에 여전히 사람들은 오프라인 문서를 선호한다. 이처럼, 오프라인 문서를 선호하는 사람들이 온라인 문서의 장점을 활용할 수 있도록 하기 위해서, 최근 오프라인 문서에 대한 온라인 정보의 삽입, 삭제, 수정이 가능한 저작도구 시스템에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 이들 연구들은 오프라인 문서와 온라인 문서를 연결하기 위한 방법으로 프로젝터, 모바일 장치 등을 이용하여 구축한 증강 현실(AR)환경을 사용한다. 기존의 AR 기반 저작도구 시스템은 시스템의 제작 관점에 따라 읽기를 위한 시스템, 쓰기를 위한 시스템, 읽기와 쓰기 모두를 위한 시스템으로 나눌 수 있다. 그리고 각각의 시스템은 오프라인 문서 인식 방법과 인식된 오프라인 문서 내에서 사용자가 가리키는 지점의 위치 검출 방법에 의해 보다 상세하게 구분 지을 수 있다. 각 시스템에 대한 설명은 다음 장에서 하도록 하겠다.

본 논문은 사용자가 직접 오프라인 문서에 온라인 정보들을 삽입, 삭제, 수정할 수 있는 하이브리드 문서 저작 도구(HDAT)를 제안한다. 제안된 시스템은 읽기와 쓰기 기능을 모두 지원하는 통합형 저작 도구 시스템이다. 사용자가 본 시스템을 통해 오프라인 문서와 온라인 문서의 장점을 모두 활용할 수 있도록 하기 위해서, 전자펜과 프로젝션 디스플레이 시스템(PDS)을 이용하여, 책상 위에 놓여진 오프라인 문서와 DB내의 온라인 문서를 직관적으로 연결하는 환경을 제공하고, 문자나 크림 등 오프라인 문서에서도 사용이 가능한 정적인 콘텐츠와 동영상, 오디오 파일 등 온라인 문서에서만 사용이 가능한 동적인 콘텐츠를 모두 사용한다. 또한 문서의 인식을 위해 마커나 패턴 등과 같은 부수적인 장치의 도움 없이 컴퓨터 비전 기술만을 이용함으로써 사용자에게 최대한 자연스러운 환경을 제공한다.

2. 기존 연구

표 1에서 보는 바와 같이, 기존의 AR 기반 저작도구 시스템은 제작 관점에 따라 읽기를 위한 시스템, 쓰기를 위한 시스템, 읽기와 쓰기 모두를 위한 시스템으로 나눌 수 있다.

읽기에 제작 관점을 둔 시스템은 사용자가 오프라인 문서에 연결된 온라인 정보를 보다 직관적으로

표 1. 기존 AR 기반의 문서 저작도구 정리

제작 관점	문서 검출	지시 위치 검출	[논문]	개재 년도	
읽기	부가적인 태그	입력 장치 사용	[1]	1993	
			[2]	1998	
			[3]	1999	
			[4]	2001	
			[5]	2003	
			[6]	2004	
	영상 처리	카메라 사용	[7]	2000-2002	
			[8]	2000	
			[9]	2000	
			[10]	2002	
			[11]	2003	
			[12]	2003	
			[13]	1991	
			[14]	2004	
쓰기	부가적인 태그	입력 장치 사용	[15]	1999	
	영상 처리	카메라 사용	[16]	2004	
읽기, 쓰기	부가적인 태그	입력 장치 사용	[17]	2002	
			[18]	1999	
	영상 처리	입력 장치 사용	[19]	2003	
			카메라 사용	[20]	2004
				입력 장치 사용	[21]

이용하는 것이 가능한 시스템으로써, 연결된 정보는 자유로운 확인, 사용이 가능하지만, 수정, 삭제는 불가능하다. 관련 연구를 살펴보면 다음과 같다. Paper++ [5,6,11,12]는 전자펜을 이용하여 사용자가 선택한 영역의 오프라인 문서에 연결되어 있는 온라인 정보를 컴퓨터 화면을 통해 확인할 수 있도록 해준다. 그러나 온라인 정보의 확인이 컴퓨터 화면을 통해서만 가능하기 때문에 직관적이지 못하다. Enhanced Desk[7,9], Augmented Desk[10], DigitalDesk[13], APD[14]는 Projection Display System(PDS)을 사용하여 온라인 정보를 오프라인 문서에 직접 나타낸다. 따라서 사용자는 오프라인 문서에 다양한 종류의 온라인 정보를 연결할 수 있으며, 모든 명령을 사용자의 손을 사용하여 제어하기 때문에 사용자에게 자연스럽게 직관적인 작업 환경을 제공할 수 있다. 그러나 시스템이 인식할 수 있는 동작이 제한적이어서 다양한 명령을 수행하기 어렵다는 단점이 있다. Listen Reader[4]는 오프라인 책에 음성 데이터를 연결하여 독자에게 보다 쉽게 정보를 제공해 준다. 특히 이 시스템은 아동 교육용 교재에 적용하여 학습 효과를 높이는 데에 큰 역할을 하고 있다. 그러나 전자태그(RFID)를 사용하여 책 구분과 사용자가 선택한 위치 검출을 하기 때문에, 사용자가 시스템에 등록되지 않은 책을 새로 등록시킬

수 없고, 기존에 저장된 음성 데이터에 대한 삽입, 삭제, 수정이 불가능하다는 단점을 가지고 있다.

쓰기에 제작 관점을 둔 시스템은 사용자가 오프라인 문서에 온라인 정보를 연결하여 새로운 문서를 제작하기에 편리한 환경을 제공해 준다. 이 시스템을 사용하여 제작된 문서는 AR환경 제공이 가능한 모바일 장치 등을 사용하여 확인할 수 있다. 관련 연구는 다음과 같다. Paper PDA[15]는 종이 문서를 이용하여 e-메일 등의 메시지 전송을 가능하도록 해준다. 사용자는 실제 종이와 펜을 이용하여 메시지를 작성하고 전송하기 때문에 제안된 시스템을 사용하는데 거부감이 적다는 장점이 있다. DART[16]는 오프라인과 온라인의 환경을 쉽게 연결하는 방법에 관한 연구로써, 미리 정해진 실행 명령 그룹을 이용하여 보다 쉽고 빠르게 가상의 세계와 실제의 세계를 연결하는 방법을 제안한다. Missing Link[17]는 태블릿을 이용하여 오프라인의 문서와 온라인의 문서를 동기화하고, 오프라인 문서에 온라인의 정보를 연결시켜 사용자가 PDA를 이용한 뷰어를 이용하여 정보를 확인할 수 있도록 하는 저작 도구 환경을 제공한다. 이러한 쓰기에 제작 관점을 둔 시스템은 모두 오프라인 문서와 온라인의 정보를 연결하기 쉽도록 해주는 저작 도구 환경을 제공해 주지만 연결된 온라인의 정보를 실시간으로 확인할 수 없다는 단점이 있다.

읽기, 쓰기 모두에 제작 관점을 둔 시스템은 우리가 흔히 사용하는 워드프로세서와 비슷한 환경을 제공한다. 이 시스템은 하나의 시스템에서 정보의 확인, 수정, 삭제, 삽입이 모두 가능하다. 관련 연구는 다음과 같다. PADD[19]와 ProofRite[20]는 자유롭게 어느 상황에서나 오프라인 문서에 온라인 정보를 추가할 수 있고 이렇게 추가된 정보는 온라인 문서에도 동일하게 저장되어서 사용자가 원할 때 다시 불러오고 수정할 수 있다. 그러나 온라인 문서에 추가할 수 있는 것은 오프라인 문서에서 사용할 수 있는 문자나 그림과 같은 정적인 콘텐츠로 제한되고, 동영상이나 오디오 파일과 같은 동적인 콘텐츠는 추가할 수 없다. 또한 일정한 패턴이 미리 출력되어있는 특별하게 제작된 용지만 사용이 가능하다는 단점이 있다. PaperLink[21]는 펜을 이용하여 오프라인 문서에 글자를 입력하면, 펜에 부착된 카메라를 통해서 문자를 인식하고(OCR) 온라인 문서와 동기화한다. 그러나 이전에 설명한 시스템과 동일하게 온라인 문서에 추

가할 수 있는 정보는 오프라인 문서에서 사용 가능한 정보로 한정된다.

3. HDAT

HDAT를 사용함으로써, 사용자는 전자펜[22]을 이용하여 오프라인 문서를 편집하듯이 직관적이면서도 자연스럽게 온라인 정보의 사용이 가능한 환경을 제공받게 된다. HDAT는 효율적인 문서 검색과 온라인 정보 연결을 위해 카메라 입력 영상내의 기하 왜곡 보정을 하고, 사용자가 문서를 선택하면, 해당 문서와 연결된 온라인 정보 프로젝션을 위해 HDAT 시스템과 동기화한다. 동기화된 문서는 자동적으로 검색 작업이 이루어지고, 검색된 문서에 대한 기존의 온라인 정보가 문서 위에 프로젝션 되어 온라인 정보에 대한 삽입, 수정, 삭제가 가능하다. 오프라인 문서 위에서 이루어진 모든 작업은 실시간으로 확인 가능하고, DB에 저장되어 이후에 문서에 대한 내용을 확인하고 다른 내용을 삽입, 삭제하는 등 재사용이 가능하다. 그림 1은 HDAT의 흐름도이다. HDAT는 DB내의 콘텐츠 링크와 새로운 콘텐츠 작성을 통해 오프라인 문서에 온라인 정보를 연결한다. DB내의 콘텐츠 링크는 DB에 저장되어있는 다양한 그림이나 동영상, 온라인 문서 등 오프라인 문서에 담을 수 없

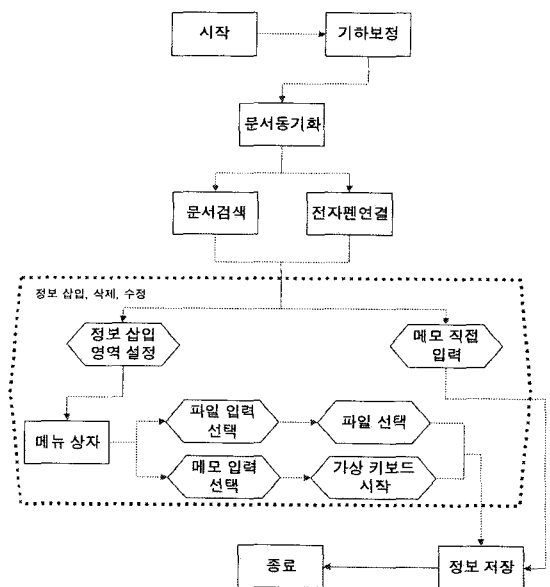


그림 1. 정보 추가 및 수정에 대한 상세 흐름도

는 동적인 콘텐츠를 연결하는 것을 의미하고, 새로운 콘텐츠 작성은 사용자가 오프라인 문서의 일부 영역, 또는 전체 영역에 대한 수정 또는 보완할 내용을 전자펜이나 가상 키보드를 이용하여 입력하는 것을 의미한다.

그림 2는 HDAT의 간략한 내부 구성도이다. 제안된 시스템을 이용하여 오프라인 문서를 편집하기 위해서는 오프라인 문서와 온라인 문서의 동기화, 동기화된 문서의 기존 저장 정보 확인을 위한 검색, 해당 문서에서 이루어지는 각종 작업에 대한 저장된 온라인 정보의 효율적 관리가 필요하다.

3.1 전처리

본 시스템은 오프라인 문서에 연결된 기존 정보 확인을 위해 오프라인 문서의 영상을 카메라를 사용하여 입력받는다. 카메라 입력 영상은 여러 가지 왜곡을 가지고 있어서 실제 장면과 많은 차이를 보이는데, 특히 카메라 영상 내의 왜곡 중에서 가장 주된 왜곡 두 가지를 기하 왜곡과 색상 왜곡이라고 가정한다[23,24]. 우리는 문서 영역 검출을 위해 입력 영상의 이진화 영상을 사용하기 때문에 입력 영상의 색상 정보는 문서 검색에 아무런 영향을 미치지 않는다. 따라서 본 논문에서는 색상 왜곡을 고려하지 않고, 기하 왜곡만을 해결한다. 기하 왜곡을 해결하기 위해서, Ashdown 등[25]이 제안한 좌표축 변환을 위한 투영 변환을 사용하며, 기하 왜곡을 투영 변환 관계

에 있는 카메라 영상과 실제 영상의 서로 대응하는 두 픽셀의 위치로 모델링 해보면, 식(1)과 같다.

$$(x, y, w) = \mathbf{H} \begin{pmatrix} u \\ v \\ z \end{pmatrix}, \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \quad (1)$$

9개의 상수로 이루어진 투영변환 행렬은 4개 이상의 실제 영상과 카메라 영상의 대응하는 픽셀들에 의해서 계산되며, 변환 행렬의 9개 상수는 다음의 식(2)를 이용하여 구한다[26]. 식(2)에서 9개 상수 앞에 곱해진 8x9 행렬을 **A**라 할 때, 행렬 **A**는 4개의 서로 대응하는 픽셀들에 의해서 만들어진다. 투영 행렬 **H**의 상수 *a*에서 *i*까지는 **A^TA**의 최소 고유값과 고유벡터에 의해 결정된다. 이렇게 구해진 행렬 **H**를 이용하여 카메라 영상 내의 좌표 (*u, v*)는 실제 영상 내의 좌표 (*x, y*)와 일치된다.

$$\begin{bmatrix} u_0 & v_0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -u_0x_0 & -v_0x_0 & -x_0 \\ u_1 & v_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -u_1x_1 & -v_1x_1 & -x_1 \\ u_2 & v_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -u_2x_2 & -v_2x_2 & -x_2 \\ u_3 & v_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -u_3x_3 & -v_3x_3 & -x_3 \\ 0 & 0 & 0 & u_0 & v_0 & 1 & -u_0y_0 & -v_0y_0 & -y_0 \\ 0 & 0 & 0 & u_1 & v_1 & 1 & -u_1y_1 & -v_1y_1 & -y_1 \\ 0 & 0 & 0 & u_2 & v_2 & 1 & -u_2y_2 & -v_2y_2 & -y_2 \\ 0 & 0 & 0 & u_3 & v_3 & 1 & -u_3y_3 & -v_3y_3 & -y_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \\ i \end{bmatrix} = 0 \quad (2)$$

3.2 문서 동기화

오프라인 문서 상의 사용자가 원하는 위치에 온라인 정보를 추가하기 위해서는 책상 위에 놓인 오프라인 문서와 프로젝션된 화면을 동기화하는 과정이 필요하다. 우리는 오프라인 문서 내의 좌표를 검출할 수 있는 전자펜을 사용하여 두 문서를 동기화한다. 문서 동기화를 위해, 책상 위에 놓여진 오프라인 문서의 형태가 직사각형이며, 카메라 시점에서 보았을 때 문서의 각 변이 카메라 영상의 4개 변과 평행하고, 오프라인 문서는 온라인 정보를 확인하거나, 삽입, 삭제, 수정하는 작업을 마칠 때까지 위치 변화가 없다고 가정을 한다.

이러한 가정 아래, 오프라인 문서가 책상 위에 놓여지면, 문서의 왼쪽 상단과 오른쪽 하단 두 모서리를 전자펜을 이용하여 선택을 하고, 오프라인 문서를 HDAT 시스템에 동기화한다. 문서가 동기화되면, 사용자는 오프라인 문서 영역 내에 프로젝션 되는 온라인 정보를 자유롭게 확인하고, 기존 정보를 수정, 삭

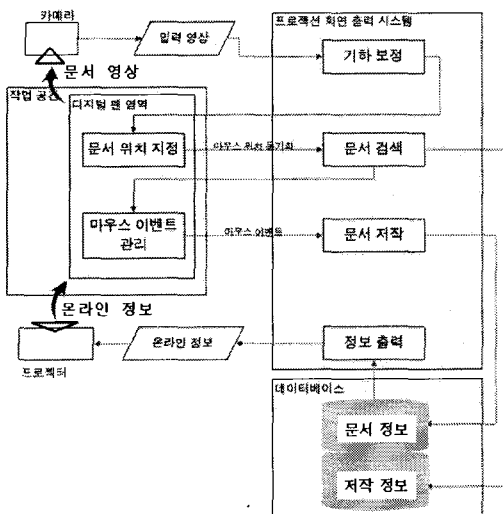


그림 2. HDAT 시스템 구성도

제 하거나 새로운 정보를 삽입하는 것이 가능하다.

3.3 문서 검색

문서 영역이 선택되면 HDAT는 선택된 문서와 일치하는 DB내의 문서를 검색한다. 제안된 시스템은 사용자에게 자연스러운 환경을 제공하기 위해 종이 문서에 검색을 위한 부가적인 장치를 추가하지 않고, 프로젝션된 화면 위에 설치된 카메라를 통해 문서의 영상을 입력받아 문서를 검색한다. 이때 카메라를 통해 입력 받는 문서 영상의 해상도가 낮으므로, OCR을 이용한 글자 인식과 이를 이용한 문서 검색 방법을 사용할 수 없다. 따라서 우리는 문서의 전체적인 형태(layout)를 이용하여 문서를 검색하는 방법을 사용한다. 문서 검색을 위한 입력 영상은 전처리 과정을 통해 왜곡이 보정된 카메라 영상과 스캐너를 사용하여 DB에 저장한 문서 영상을 사용한다. 문서 형태를 이용하여 문서 검색을 하기 위해서 우리는 X-Y recursive cut 알고리즘[27]을 사용하여, 입력 영상의 문자영역을 분할한다.

이렇게 분할된 각각의 컴포넌트들을 비교하여, 책상 위에 놓여진 오프라인 문서와 가장 유사한 문서를 검색한다. 문서의 유사도를 구하기 위해 입력 영상과 DB내의 영상의 서로 대응하는 픽셀을 비교하는 방법을 사용한다. 먼저 두 영상을 비교할 때 발생할 수 있는 오차를 줄이기 위해, 문서의 단락을 돌려싸고 있는 여백을 최소화한다. 그리고, 비교하는 두 영상의 크기를 일치시켜, 서로 대응하는 픽셀을 비교한다. 입력 받은 영상의 m 번째 픽셀을 I^m 이라 하고,

HDAT 시스템 내부의 데이터베이스에 저장되어 있는 영상의 m 번째 픽셀을 S^m 이라 하면, 두 영상의 유사도 $D(I, S)$ 는 다음의 식 (3)으로 나타낼 수 있다.

$$D(I, S) = \sum_m K^m, \quad K^m = \begin{cases} 1, & \text{if } I^m = S^m \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

본 논문에서는 문서를 비교하여 검색하는데 걸리는 시간을 비교하기 위해 각각 19×26 픽셀과 190×260 픽셀의 두 종류 이미지를 사용한다. 따라서, 위의 식 (3)에서 비교하는 픽셀의 개수를 나타내는 m 의 범위는 각각 $1 \leq m \leq 494$ 와 $1 \leq m \leq 49400$ 으로 정해진다. 이러한 방법을 사용하여 유사도가 가장 높은 문서를 선택하고, 오프라인 문서에 대한 기준에 저장된 온라인 정보들을 PDS를 통해 문서 위에 프로젝션시킨다. DB내에 일치하는 문서가 존재하지 않을 경우, 책상 위의 오프라인 문서는 DB에 새로운 문서로 등록이 된다.

3.4 문서 정보 관리

온라인 정보를 추가하기 위해 사용하는 전자펜은 문서 내에서 절대 좌표를 검출할 수 있고 이를 이용하여 원하는 위치에 온라인 정보를 연결할 수 있다.

그림 4는 PDS를 이용하여 온라인 정보들이 프로젝션 되는 구조를 보여준다. 각각의 온라인 정보는 그림, 동영상, 음악 등의 링크된 파일과 사용자가 직접 입력하는 메모로 구분하여 저장되고, 메모의 경우 손으로 직접 입력한 메모와 가상 키보드를 이용하여

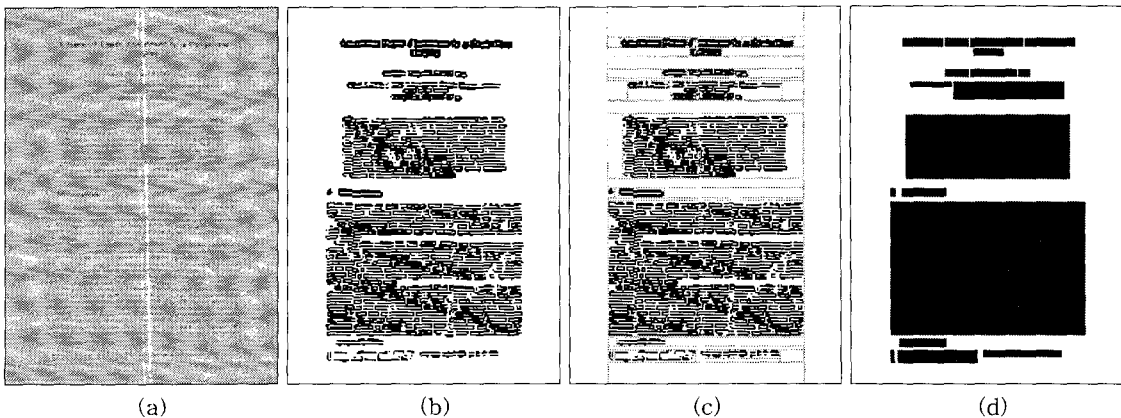


그림 3. X-Y recursive cut 알고리즘을 이용한 문서 분할 과정: (a) 카메라 입력 영상, (b) 이진화된 에지 영상, (c) 문서 분할, (d) 결과 영상4

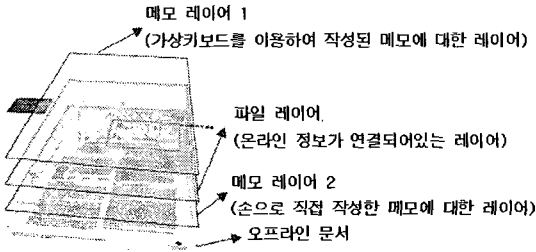


그림 4. PDS를 이용한 온라인 정보 프로젝트

입력한 메모로 구분하여 저장한다.

HDAT는 온라인 문서에서 사용 가능한 동적인 콘텐츠를 오프라인 문서에서도 사용 가능하도록 해줌으로써 오프라인 문서가 더 다양하고 많은 정보를 사용자에게 제공할 수 있도록 한다. 또한 사용자가 직접 펜으로 문서에 쓰거나, 가상의 키보드를 통해 입력하는 새로운 콘텐츠를 통해 문서에 대한 수정 사항이나 추가 사항 등을 기입함으로써 이후에 해당 문서를 수정할 때 참고할 수 있도록 해준다. 각각의 연결된 콘텐츠는 모두 삽입, 삭제, 수정이 가능하다. 그림 5는 DB내의 콘텐츠가 오프라인 문서에 링크되어 있는 영역을 보여준다.

콘텐츠를 링크시키기 위해서 사용자에게 의해 문서 내의 영역 선택이 되면, 링크할 콘텐츠를 선택하는 창이 실행되고, 콘텐츠 선택 후 연결된 콘텐츠를 실행하는 G버튼과 콘텐츠의 연결을 해지하는 X버튼이 표시된다. 콘텐츠 연결의 삭제는 X버튼을 이용하여 이루어지는데, X버튼을 선택하면 해당 영역이 다른 작업을 할 수 있는 빈 영역으로 변환된다.

그림 6은 새로운 콘텐츠가 작성되어 오프라인 문서에 연결된 것을 보여준다. 새로운 콘텐츠의 작성은 사용자가 펜을 사용하여 직접 입력하는 방법과 가상 키보드를 이용하여 입력하는 방법으로 나눌 수 있다. 먼저 사용자가 펜을 사용하여 직접 작성하는 콘텐츠는 일반 연필을 이용하듯이 원하는 곳에 직접 펜으로 입력하고, 지우개로 원하는 곳을 지우듯이 사용자가 원하는 영역만 선택적인 수정, 삭제가 가능하다. 가상 키보드로 작성한 콘텐츠의 경우에는, 사용자가 컨

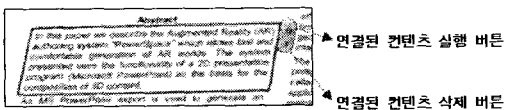


그림 5. DB내의 콘텐츠 링크

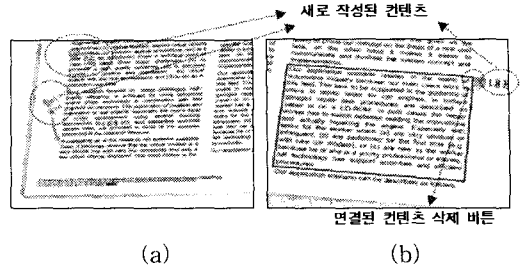


그림 6. 새로운 콘텐츠 작성: (a) 전자펜으로 작성한 콘텐츠, (b) 가상키보드로 작성한 콘텐츠

텐츠를 삽입하고자 하는 영역 선택 후, 가상키보드를 이용하여 원하는 글자를 입력한다. 또한 작성된 콘텐츠는 우측에 표시된 X버튼을 이용하여, 수정, 삭제가 가능하다.

이와 같이 오프라인 문서에 연결된 온라인 정보들은 HDAT 내의 데이터베이스에 저장된다. 데이터베이스 내에 저장된 정보들은 Contents, Memos, Files의 3개 테이블로 구성되어있다. Contents 테이블은 문서의 번호 인덱스와 문서에 대한 메모와 파일 테이블에 대한 인덱스로 구성되어있다. Memos 테이블은 펜으로 입력한 메모인지 가상 키보드로 입력한 메모인지를 구분해주는 Type과 메모가 연결된 위치(X1, Y1, X2, Y2), 그리고 손으로 입력한 메모의 경우는 파일의 위치(Loc), 가상 키보드로 입력한 메모는 메모의 내용(Cont)으로 구성되며, Files 테이블은 그림, 동영상, 문서 파일을 구분해주는 Type과 연결된 위치(X1, Y1, X2, Y2), 그리고 해당 파일이 저장되어 있는 위치(Loc)로 구성된다.

4. 실험 및 결과

실험에 사용된 시스템은 책상 위의 오프라인 문서 영상 입력을 위한 캠코더, 오프라인 문서에 온라인 정보를 연결시켜 주기 위한 전자펜, 프로젝터, 책상, 영상처리시스템으로 이루어진다. 영상처리시스템은 Intel® Pentium4 2.66GHz CPU와, 1Gbyte RAM, ATI® Radeon 9600으로 구성 되어있다. 프로젝션 화면은 BenQ® HD2100을 사용하여 투사되는 1280×1024 픽셀의 32비트 컬러 영상을 사용하고, DB에 저장된 문서의 크기는 평균 1119×1576 픽셀이며, 총 100개의 저장된 문서를 사용하여 문서를 검색한다. 온라인 정보에 대한 삽입, 삭제, 수정에 필요한

전자펜은 NAVIsis® NAVInote를 사용하고, DB에 저장된 문서는 HP® LaserJet 3330mfp를 사용하여 스캔 받는다. 실험에 사용된 시스템은 Microsoft® Visual C++ 6.0과 DirectX 9.0c SDK, NAVInote SDK를 사용하여 구현되었다.

실험은 HDAT에 대한 사용자 설문을 통한 시스템의 효용성 평가와 다양한 환경에서의 시스템 성능 측정을 통한 시스템의 최저 한계 측정을 하였고, 실험 결과 제안된 시스템은 실생활에 적용되었을 때 사용자에게 필요한 기능을 제공하며, 일반적인 환경에서 발생할 수 있는 다양한 상황에 대해 만족할 만한 성능을 보여줌을 확인할 수 있었다.

4.1 효용성 평가

효용성 평가를 위해 우리는 44명의 사용자가 30분간 HDAT를 사용한 후의 반응을 분석하였다. 이들 사용자는 이전에 HDAT를 사용해 본 적이 없으며, 실험 전 15분 동안 HDAT의 사용법을 교육받았다.

실험 결과, 유용성에 대한 질문에는 그림 7(a)와 같이 전체 사용자의 73%가 만족한다고 응답하였고, 18%의 사용자가 만족스럽지 못하다고 응답하였으며, 정확성에 대한 질문에는 전체 사용자의 89%가 만족한다고 응답하였고, 7%가 만족스럽지 못하다고 응답하였다(그림 7(b)). 제안된 시스템에 대한 사용자의 반응을 통해 HDAT가 실제 생활에 유용하며, 사용자가 원하는 위치에서 원하는 기능을 정확하게 수행하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 7(c)는 '정확한 문서 인식을 위해 종이 문서에 RFID나 마커, 패턴 등의 특별한 장치를 부착하는 것에 대한 의견은?' 이라는 질문에 대한 응답이다. 실험 결과 사용자 대부분이 문서에 특별한 장치를 부착하는 것에 부정적인 응답을 하였으며, 제안한 시스템이 특별한 장치를 부착하지 않음으로써 사용자에게 자연스러운 환경을 제공할 수 있다는 가정과 일치함을 확인할 수 있었다.

4.2 최저 한계 측정

제안된 시스템은 부가적인 장치의 도움없이 카메라

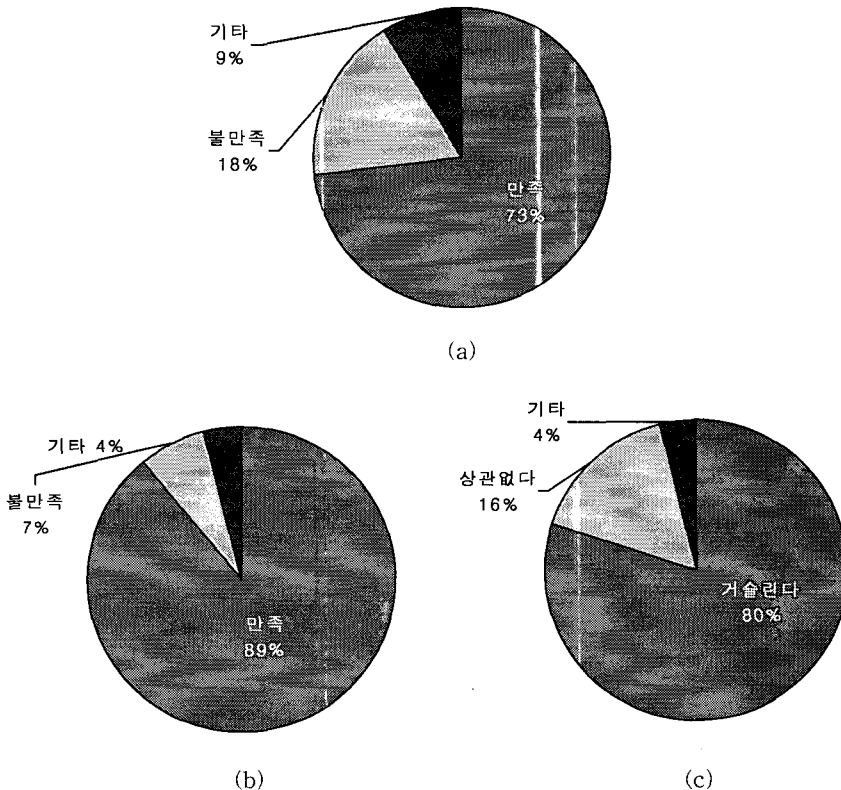


그림 7. HDAT에 대한 사용자 평가: (a) HDAT에 대한 유용성 평가, (b) HDAT에 대한 정확성 평가, (c) 문서에 인식을 위한 '마크'를 사용하는 것에 대한 의견

라를 통해 입력되는 영상을 분석하여 문서를 검색하고, 사용자에게 보다 자연스러운 환경을 제공한다. 따라서 시스템을 실생활에 적용하였을 경우, 실험 환경과 달리 다양한 상황이 발생할 수 있다.

본 논문에서 우리는 카메라를 통해 입력되는 영상의 크기와 컴퓨터 처리 속도에 따른 영상 분석 시간이 시스템 성능에 가장 큰 영향을 미친다고 가정하고 실험을 하였다. 카메라는 고해상도의 디지털 카메라와 저해상도의 PC카메라, 이후에 HDAT를 다양한 플랫폼에서 사용하기 위해 PDA와 모바일 핸드폰에 장착된 카메라를 포함하여 실험을 하였다. 표 2는 카메라 해상도에 따른 문서 검색의 정확도를 비교한 것이다.

표 3은 입력 영상과 저장된 영상의 비교 샘플 개수에 따른 검색 시간 및 정확도 비교 결과이다. 검색 시간은 입력 받은 문서 영상을 이진화하고 분할하여 비교 샘플 개수에 맞도록 크기 변환을 한 뒤, DB에 저장된 영상과 비교하는 전체 과정에 대한 시간을 비교하였다.

실험을 통해 현재 출시되어 사용되고 있는 대부분의 카메라에 대해 만족스러운 결과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었고, 가장 저가인 PC카메라의 가장 낮

은 화질인 320×240의 해상도에서도 80% 이상의 정확도를 보인 것을 통해 제안된 시스템을 실생활에 적용하였을 때 사용자에게 만족스러운 결과를 보여 줄 수 있음을 확인할 수 있었다.

그림 8은 HDAT를 실행한 화면을 보여준다. 사용자가 시스템 내에 오프라인 문서를 두고 문서의 위치를 지정하면, HDAT는 지정된 위치에 문서 위에 직접 온라인 정보를 보여준다(b). 오프라인 문서 내에 온라인 정보가 연결된 영역은 우측에 해당 파일을 실행하는 G버튼과 연결을 해제하는 X버튼이 표시된다(c). 그리고, 새로운 온라인 정보 연결을 위해, 문서의 일정 영역을 선택하면, 문서 우측에 삽입할 파일을 찾거나 메모 입력을 위한 가상 키보드를 실행할 수 있는 메뉴 상자가 나타나고(d), 메뉴 상자에서 메모 삽입 메뉴를 선택하면, 가상 키보드가 실행되어 사용자가 원하는 메모를 입력할 수 있다(e).

5. 결 론

본 논문에서 우리는 PDS를 이용하여 오프라인 문서에 온라인 정보를 삽입, 삭제, 수정할 수 있는 HDAT를 제안하였다. HDAT는 사용자가 오프라인 문서에 직접 펜을 이용하여 온라인 정보를 추가할 수 있기 때문에 사용자에게 직관적이고 자연스러운 환경을 제공한다. 우리는 HDAT를 사무 환경에 적용

표 2. 카메라 해상도에 따른 문서 검색 정확도 비교

	해상도	정확도
디지털카메라	3008×2000	97%
	1488×2240	97%
PC카메라	640×480	90%
	320×240	89%
PDA카메라	1280×1024	93%
	640×480	84%
핸드폰카메라	1280×1024	92%
	640×480	83%

표 3. 비교 샘플 개수에 따른 검색 시간 및 정확도 비교

샘플 개수	정확도				검색 시간
	디지털 카메라	PC 카메라	PDA 카메라	핸드폰 카메라	
760×1040	97%	-	93%	92%	913ms
380×520	95%	-	90%	90%	703ms
190×260	95%	90%	90%	89%	571ms
19×26	91%	80%	83%	82%	391ms

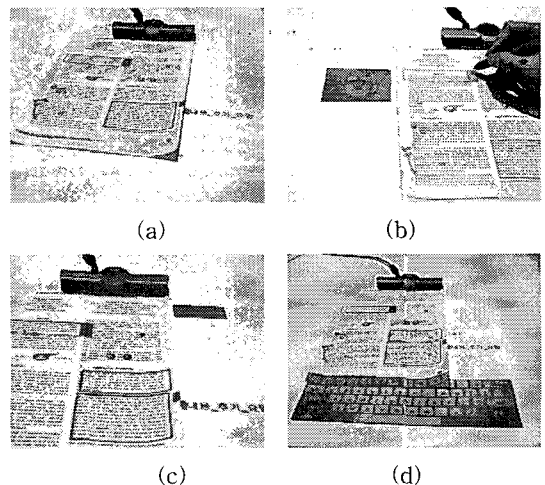


그림 8. HDAT 실행 화면: (a)오프라인 문서 위에 투영된 온라인 정보, (b) 문서에 연결된 그림 파일 실행, (c) 온라인 정보 연결을 위한 메뉴 상자, (d) 메모 입력을 위한 가상 키보드 실행

했을 때, 문서를 작성하고 수정하는 작업에 매우 효율적인 환경을 제공하여 시간 절약과 작업 능력 향상 등의 이득을 얻을 수 있을 것으로 기대한다. 또한 교육 환경에 적용했을 때, 오프라인 문서와 온라인 정보를 동시에 사용하고, 피교육자 개개인에 맞는 필요한 정보를 직접 연결시켜 줌으로써, 피교육자가 보다 높은 학습 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

우리가 제안한 HDAT는 문서의 검색을 위해서 저해상도의 이진 영상을 사용하기 때문에 문서 검색의 정확도가 고해상도의 이미지를 사용하는 경우와 비교하여 낮다. 또한, 문서 검색 시간이 길어서, 오프라인 문서에 대한 온라인 정보 확인을 실시간으로 하기 어렵다는 단점이 있다. 우리는 이후에 오프라인 문서와 온라인 문서의 내용을 동기화하여 실시간으로 문서를 수정하고 그 결과를 프린트하여 확인할 수 있는 확장된 HDAT에 관한 연구를 할 것이다. 또한 문서의 위치와 기울기를 실시간으로 검출하여 문서에 온라인 정보를 프로젝션할 수 있는 방법에 관한 연구와 문서 검색의 정확도를 높이고, 검색 시간을 빠르게 할 수 있는 방법에 관한 연구를 지속적으로 하여 사용자에게 보다 자연스러운 환경을 제공할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] W. Johnson, H. Jellinek, L. Klotz, Jr., R. Rao and S. K. Card, "Bridging the Paper and Electronic Worlds: the Paper User Interface," *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 507-512, 1993.
- [2] M. Dymetman and M. Copperman, "Intelligent Paper," *International Conference on Electronic Publishing*, pp. 392-406, 1998.
- [3] R. Want, K. P. Fishkin, A. Gujar and B. L. Harrison, "Bridging Physical and Virtual Worlds with Electronic Tags," *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 370-377, 1999.
- [4] M. Back, J. Cohen, R. Gold, S. Harrison and S. Minneman, "Listen Reader: an Electronically Augmented Paper-based Book," *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 23-29, 2001.
- [5] C. Decurtins, M. C. Norrie and B. Signer, "Digital Annotation of Printed Documents," *International Conference on Information and Knowledge Management*, pp. 552-555, 2003.
- [6] L. Paul, H. Christian, M. C. Norrie, B. Signer and H. Peter, "Only Touching the Surface: Creating Affinities between Digital Content and Paper," *Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp. 523-532, 2004.
- [7] H. Koike and M. Kobayashi, "EnhancedDesk: Integrating Paper Documents and Digital Documents," *Asian Pacific Computer and Human Interaction*, pp. 57, 1998.
- [8] A. Grasso, A. Karsenty and M. Susani, "Augmenting Paper to Enhance Community Information Sharing," *Designing Augmented Reality Environments*, pp. 51-62, 2000.
- [9] H. Koike, Y. Sato, Y. Kobayashi, H. Tobita and M. Kobayashi, "Interactive Textbook and Interactive Venn Diagram: Natural and Intuitive Interfaces on Augmented Desk System," *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 121-128, 2000.
- [10] Y. Sato, Y. Kobayashi and H. Koike, "Fast Tracking of Hands and Fingertips in Infrared Images for Augmented Desk Interface," *IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition 2000*, pp. 462, 2000.
- [11] M. C. Norrie, "Reforming Paper: Dissolving the Paper-Digital Divide," *Paper++ Workshop*, Beaconsfield, United Kingdom, 2003.
- [12] M. C. Norrie and B. Signer, "Web-Based Integration of Printed and Digital Information," Efficiency and Effectiveness of XML Tools and Techniques and Data Integration over the Web, *Lecture Notes in Computer Science, LNCS 2590*, pp. 200-219, 2003.
- [13] P. Wellner, "The DigitalDesk Calculator: Tangible Manipulation on a Desktop Display," *ACM Symposium on User Interface Software*

- and Technology*, pp. 27-33, 1991.
- [14] K. Hong and K. Jung, "Advanced Paper Document in Projection Display," *2004 Pacific-Rim Conference on Multimedia*, Vol. 3332/2004, pp. 81-87, 2004.
- [15] J. M. Heiner, S. E. Hudson and K. Tanaka, "Linking and Messaging from Real Paper in the Paper PDA," *ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 179-186, 1999.
- [16] B. MacIntyre, M. Gandy, S. Dow and J. D. Bolter, "DART: a Toolkit for Rapid Design Exploration of Augmented Reality Experiences," *ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 197-206, 2004.
- [17] W. E. Mackay, G. Pothier, C. Letondal, K. Bøegh and H. E. Sørensen, "The Missing Link: Augmenting Biology Laboratory Notebooks," *ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 41-50, 2002.
- [18] C. Robertson and J. Robinson, "Live Paper: Video Augmentation to Simulate Interactive Paper," *ACM International Conference on Multimedia (Part 2)*, pp. 167-170, 1999.
- [19] G. François, "Paper Augmented Digital Documents," *ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 51-60, 2003.
- [20] K. Conroy, D. Levin and F. Guimbretière, "ProofRite: A Paper-Augmented Word Processor," *ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 2004.
- [21] T. Arai, D. Aust and S. E. Hudson, "PaperLink: a Technique for Hyperlinking from Real Paper to Electronic Content," *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 327-334, 1997.
- [22] (주)나비시스닷컴, "NAVInote" <http://www.navisis.com/>
- [23] H. Kang, S. Kim, C. Lee, K. Jung and M. H. Park, "Foreground Object Detection in Projection Display," *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, Vol. 41-CI, No. 1, pp. 27-37, 2004.
- [24] K. Hong and K. Jung, "Foreground Object Detection in Projection Display using Color Calibration and Stereo Information," *KISS Spring Conference*, Vol. 31, No. 1, pp. 784-786, 2004.
- [25] M. Ashdown and P. Robinson, "The Escritoire: A Personal Projected Display," *Journal of International Conferences in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision 2003*, Vol. 11, No. 1, 33-40, 2003.
- [26] R. Hartley and A. Zisserman, *Multiple View Geometry in Computer Vision*, Cambridge University Press, New York, 2000.
- [27] J. Ha, R. M. Haralick and I. T. Phillips, "Recursive X-Y Cut using Bounding Boxes of Connected Components," *International Conference on Document Analysis and Recognition*, Vol. 2, pp. 952-955, 1995.



홍 광 진

2004년 숭실대학교 컴퓨터학부
학사
2006년 숭실대학교 미디어학과
석사
2006년~현재 숭실대학교 미디어
학과 박사과정
관심분야: HCI, 영상처리,

Augmented Reality, Augmented Game



정 기 철

1996년 경북대학교 컴퓨터공학과
공학석사
2000년 경북대학교 컴퓨터공학과
공학박사
1999년 방문 연구원, Machine
Understanding Division,
ElectroTechnical
Laboratory, Japan.

1999년 방문 연구원, Intelligent User Interfaces Group,
DFKI(The German Research Center for Artificial
Intelligence GmbH), Germany.

2001년 PRIP Lab., Michigan State University, U.S. 박사
후 연구원

2003년~현재 숭실대학교 정보과학대학 미디어학부 교수
관심분야: HCI, Interactive Contents, 영상 처리, 패턴 인
식, Augmented Reality, Mobile Vision