

논문 2006-43SP-6-9

# 중첩 자유 영역과 배경 분석을 이용한 효율적인 라벨 배치

## (Efficient Label Placement using Overlap-free Region and Background Analysis)

이 상 원\*, 정 승 도\*, 최 병 욱\*\*

(Sanwon Lee, Seungdo Jeong, and Byung-Uk Choi)

## 요 약

본 논문은 2차원 형태의 가상 라벨을 시계 평면(view plane)상에 효율적으로 배치하기 위한 방법에 대해 다룬다. 제안하는 방식은 실시간 처리에 적합한 연산량을 가지면서, 기존의 자동 라벨 배치 알고리즘들이 완전하게 해결하지 못했던 국부 최소 문제를 중첩 자유 영역을 이용해 극복하였다. 또한, 시계 평면에서 혼잡이 적은 영역에 라벨을 배치함으로써 배치된 라벨의 가독력을 향상 시켰다. 라벨의 배치에 있어서 배경 성분의 고려는 필수적이다. 하지만 기존의 논문들은 이러한 문제에 큰 관심을 기울이지 않았고, 자동 라벨 배치 알고리즘과 배경 분석 알고리즘은 개별적으로 연구가 진행되어왔다. 본 논문은 가독력의 향상을 위해서 배경의 컬러와 텍스처 성분을 이용한 배경 분석 방식을 제안하였으며, 컬러 영상의 배경을 분석하여 자동 라벨 배치 분야에 처음으로 적용하였다. 본 논문은 자동 라벨 배치 알고리즘과 배경 분석 알고리즘이 유기적으로 결합함으로써 이전의 논문에서 볼 수 없었던 배치 성능을 보여주며, 다양한 실험을 통해 이를 검증하였다.

## Abstract

This paper deal with a method for efficient placing 2 dimensional virtual labels on the view plane. The proposed method has suitable computational costs for realtime processing and it overcomes the local minima problem which is not solved in previous automatic label placement algorithms, and also it enhances readability by placing labels in less congestion area on the view plane. Background analysis must be considered for label placement. However previous works do not concern with this problem seriously. And furthermore, automatic label placement algorithm and background analysis algorithm have been studied separately in their own field. This paper proposed the background analysis method using background color and texture component to enhance readability, and it is the first research about analyzing the background of color image and applying it in automatic label placement field. This paper shown improved placement performance through combining automatic label placement algorithm and background analysis algorithm organically, and various experiments verified it.

**Keywords :** automatic label placement, view management, overlap-free region, augmented reality

## I. 서 론

증강현실(augmented reality)의 중요한 목적 중 하나

\* 학생회원, 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과  
(Department of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University)

\*\* 정회원, 한양대학교 정보통신대학  
(Division of Information and Communications, Hanyang University)

※ 본 연구는 한양대학교 교내 연구비 지원으로 수행되었음(HY-2003-T).

접수일자: 2006년5월27일, 수정완료일: 2006년10월17일

는 가상의 정보를 현실세계의 대응물에 적절히 배치시켜, 사용자에게 효과적으로 전달하는 것이다. 가상의 정보는 대응물의 형태에 적합하게 변환되어 대응물의 내부에 제공되거나, 본 논문에서 다루는 바와 같이 별도의 2차원 가상 주석의 형태로 제공된다. 사람이 바라보는 시각 평면에서 2차원 가상 주석의 공간적인 배치를 다루는 연구는 시계 관리(view management) 측면에서 여러 논문들을 통해 다루어졌다<sup>[1][2][3][4][5]</sup>. 본 논문은 시계 관리의 측면에서 2차원 가상 정보를 사용자의 가독력이 극대화될 수 있는 최적의 상태로 배치하는 데 그

목적을 두고 있다.

가상 라벨의 실시간 자동 배치에는 크게 네 가지 측면에서 어려움이 존재한다. 첫 번째 어려움은 중첩으로 인한 가독력 저하 문제이다. 중첩을 발생시키는 요소는 생성된 가상의 물체와 그에 대응되는 라벨, 그리고 이들 사이를 연결하는 라벨선이며, 각각의 요소가 중첩될 때 가독력의 저하가 발생된다. 다른 요소들에 의해 일부 혹은 상당 부분이 중첩된 라벨은 읽기가 힘든 상황을 초래할 수 있기 때문에 반드시 고려되어야만 한다.

두 번째 어려움은 배경 성분에 의한 라벨 가독력의 저하 문제이다. 사람의 가독 능력은 라벨과 그 배경의 대비가 얼마나 잘 이루어지느냐에 밀접한 관련이 있다. 중첩을 고려해서 적절하게 배치된 라벨이라도 그 라벨의 배경이 라벨과 유사한 색채 정보를 가지고 있거나 복잡한 텍스처 성분을 가지고 있다면 라벨의 내용은 제대로 전달되기 힘들다. 그러므로 배경 성분에 대한 분석은 라벨 배치 알고리즘에서 반드시 고려되어야 할 요소들 중 하나이다.

세 번째 어려움은 라벨 위치가 프레임마다 연속성을 가지지 않을 경우 발생하는 가독력의 저하 문제이다. 프레임 변화에 따른 라벨의 움직임은 적을수록 좋으며, 라벨의 이동은 한 프레임에서 사람이 연속성을 느낄 수 있는 범위 이내로 한정되어야만 한다. 그러므로 이전 프레임에서 라벨의 위치는 현재 프레임에서 라벨의 위치를 결정하는데 고려되어야만 한다.

네 번째 어려움은 실시간 처리의 어려움이다. 한 라벨의 독립적인 배치 공간을  $i$ 개로 세분화하고 라벨의 개수를  $n$ 개라 하면, 배치 가능 위치는  $n^i$ 개다. 따라서 배치 공간의 탐색에 따른 연산량은 라벨의 개수에 따라 기하급수적으로 늘어나게 되므로, 연산량을 줄이기 위한 노력이 없을 경우 실시간 처리가 어렵다.

본 논문은 앞서 언급한 실시간 자동 라벨 배치에 따른 어려움을 극복하며, 사람의 가독력을 극대화 할 수 있는 효율적인 라벨 배치 알고리즘을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 관련 연구로서 자동 라벨 배치 알고리즘과 라벨 배경 성분에 관하여 살펴본다. 제 III장에서는 제안하는 라벨 배치 방법으로 중첩 자유 영역을 이용하는 방안에 관하여 자세히 다룬다. 제 IV장에서는 배경 성분을 고려한 라벨 배치 방법을 제안한다. 제 V장에서는 다양한 성능 평가를 통하여 제안된 기법의 우수성을 검증한다. 끝으로, 제 VI장에서는 본 논문을 요약하고, 결론을 내린다.

## II. 관련 연구

### 1. 실시간 자동 라벨 배치

초기 라벨 배치에 관련된 연구는 정적인 영상을 대상으로 하였고 1990년대 이미 활발한 연구가 진행되었다. 이러한 연구의 대부분은 지도 제작에 있어서 지명을 적절하게 배치하는데 초점을 두었으며, 시간에 대한 제약이 없었기 때문에 연산량을 제한할 필요가 없었다<sup>[1]</sup>.

1990년대 후반에는 항공기 조종사에게 부가적인 조종 정보를 제공하는 증강현실 응용에 관한 연구가 활발히 진행되었다<sup>[2]</sup>. 항공기의 움직임은 조종사의 순간적인 판단에 좌우되므로, 조종사에게 올바른 판단을 제공하기 위해서 정보는 실시간으로 변경되어야 한다. 따라서 정보의 배치에 필요한 연산량은 최소가 되어야 하고, 실시간 처리가 가능한 자동 라벨 배치 알고리즘에 관련된 연구가 진행되기 시작했다.

Azuma는 2004년 발표한 논문을 통해 이전의 자동 라벨 배치 알고리즘을 몇 가지 범주로 분류하고, 이들보다 우월한 성능을 가진 클러스터 기반의 알고리즘을 제안하였다<sup>[3]</sup>. 이 논문은 사용자 인지적인 측면을 감안하여 증강현실 응용에 적합한 라벨 배치 알고리즘의 성능 평가 방법을 제시하였고, 본 논문을 비롯한 이후의 여러 논문들에 영향을 미쳤다.

앞선 논문에서 성능의 비교 평가를 위해 제시한 그리디(Greedy)방식의 라벨 배치 알고리즘은 임의로 선택되어진 초기 위치에서부터 주변 공간을 탐색하여 차례로 배치를 수행하는 방법이다. 이 방법은 연산속도는 빠르지만 배치의 우선순위에 따라서 일부의 라벨이 자신의 유일한 배치 가능 공간을 다른 라벨에게 빼앗기는 국부 최소(local minima) 문제가 발생할 수 있다.

클러스터 기반의 배치 방법은 모든 라벨에 대해서 클러스터를 할당하고 클러스터 내부의 모든 라벨에 대해서 동시에 배치를 수행한다. 이러한 배치는 별도의 배치 가능 위치 집합 목록을 참조한다. 각각의 클러스터는 포함된 라벨의 개수에 따라 우선순위를 가지며 클러스터 내부의 모든 라벨을 한 번에 배치하기 때문에 이전의 어떤 방식들보다도 국부 최소 문제에 강인하다. 하지만 국부 최소 문제가 완전히 해결될 수는 없었으며, 배치 위치가 결정되기까지 초기 반응 속도가 느리다. 또한, 각각의 클러스터에 대해서 라벨의 혼잡도와 상관없이 상당수의 배치 가능 위치 집합을 보관하는 것은 연산 시간의 낭비가 될 수 있고, 집합 내에

최적의 결과가 포함되지 않을 경우 열악한 배치 결과를 야기할 수 있다.

이전의 라벨 배치 방식들은 중첩이 가장 적은 위치에 라벨을 배치하는 데는 성공했지만, 라벨의 분포가 가장 혼잡한 곳을 피해서 라벨을 배치하는 노력을 기울이지 않았다. 본 논문은 실시간 처리에 적합한 연산량을 가지면서, 기존의 연구들이 완전히 해결하지 못했던 국부 최소 문제를 극복하며, 시계 평면에서 혼잡이 덜한 영역에 라벨을 배치하고자 한다. 가독력 향상의 측면에서 배치된 라벨은 가능한 균일한 분포를 가지며, 프레임간의 연속성은 고려될 것이다.

## 2. 라벨 배경 성분의 분석

글자의 가독력을 높이는 데는 크게 두 가지 방법이 존재한다. 한 가지는 배경의 정보를 손실시키면서 글자의 대비를 상승시키는 방법이고, 다른 한 가지는 정보의 손실 없이 대비가 가장 큰 영역을 찾아 위치를 결정하는 것이다. 2003년 Paley의 논문은 임의의 그래픽 효과 혹은 투명한 오버레이를 이용한 여러 가지 가독력 향상 기술들을 제안하였다<sup>[4]</sup>. 글자 윤곽선의 변화, 폰트 변화 등의 그래픽 효과와 대비를 향상시키기 위한 배경 성분의 조정은 글자의 가독력을 향상시킬 수 있는 반면에, 꼭 필요한 정보를 잃어버리는 오류를 범할 수 있다. 따라서 본 논문은 배치되는 글자와 라벨 배경 정보의 손실 없이, 적당한 배경을 찾아서 라벨을 배치하는 방식을 채택하였다.

임의의 글자 정보가 주어졌을 때, 그에 적합한 배경을 추출하는 연구는 증강현실과 웹디자인 분야에서 이미 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 자동 라벨 배치 분야에서 이 문제를 다룬 것은 2004년 발표된 Alex의 논문이 처음이다<sup>[5]</sup>. 이들은 가버(Garbor) 필터를 이용하여 배경 성분의 텍스처가 글자 성분의 가독성에 얼마나 영향을 미치는지를 판단했다. 하지만 이러한 판단은 흑백 영상의 배경에 국한되었고, 주파수 분석을 이용한 방식은 연산량이 많아 실시간 자동 라벨 배치 알고리즘에 적합하지 않다.

현재까지 알려진 바에 의하면, 본 논문에서 제안하고자 하는 컬러 영상의 배경을 분석하여 자동 라벨 배치에 적용한 연구는 보고된 바 없다. 본 논문에서는 보다 적은 연산량으로 실시간 자동 라벨 배치 알고리즘에 무리를 주지 않는 배경 분석을 목적으로 하며, 자동 라벨 배치 알고리즘과 배경 분석 알고리즘이 유기적으로 결합함으로써 기존의 논문에서 다루지 못했던 부분을 다

루면서도 기존 연구보다 향상된 라벨 배치 성능을 보이 고자 한다.

## III. 중첩 자유 영역을 이용한 자동 라벨 배치

### 1. 누적 공간

본 논문은 시계 평면상에서 라벨이 배치 가능한 공간을 탐색하기 위해 누적 공간을 사용한다. 누적 공간이란 라벨 배치에 소요되는 비용에 따르는 가중치가 누적된 공간을 의미한다. 가상의 물체, 라벨, 라벨선의 영역은 각각의 가중치에 따라서 누적 공간에 누적되며, 그를 통해 라벨의 배치 가능 여부를 결정한다. 여기에서 누적되는 값에 대한 가중치는 라벨 배치 결과의 성능과 밀접한 관련이 있다. 예를 들어, 물체가 라벨에 의해 중첩되는 것을 어느 정도 허용한다면, 물체 영역에 대한 누적 값은 작아져도 된다. 다시 말해, 각 요소들의 중요도에 따라 가중치는 결정된다.

누적 공간은 배치 공간을 전역적으로 확인하는데 효과적일 뿐만 아니라, 연산량을 줄이는 목적으로도 유용하게 사용될 수 있다. 누적 공간은 크기의 변경이 가능하며 실제 시계 평면의 크기보다 작게 축소함으로써 더 짧은 시간에 배치 가능 공간을 검색할 수 있다. 물론, 축소의 비율이 커질수록 라벨 배치의 정밀도는 낮아질 수 있지만, 허용할 수 있을만한 수준의 스케일 축소로 연산량의 측면에서 많은 이득을 얻을 수 있다. 이 부분에 대한 구체적인 언급은 V장을 통해서 하도록 한다.

그림 1은 누적 공간의 특성을 보여주고 있다. 라벨의 배치에 영향을 미치는 영역에는 차례대로 비용이 누적되며, 누적 공간에서 일정 수준 이상의 비용이 누적된 영역은 라벨의 배치가 불가능한 영역으로 판단한다.

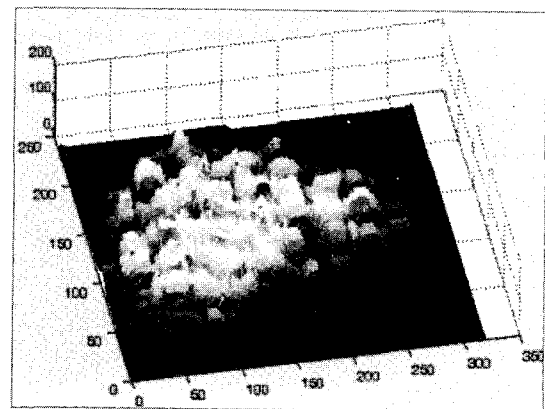


그림 1. 누적 공간

Fig 1. Cumulative space.

### 2. 중첩 자유 영역

본 논문이 해결하고자 하는 국부 최소의 문제점은 잘못된 우선순위의 선정에 기인한다. 따라서 국부 최소 문제는 모든 라벨에 대해서 배치의 우선순위가 제대로 부여될 때 해결될 수 있다. 본 논문은 국부 최소 문제를 해결하기 위해 중첩 자유 영역을 이용한다.

어떤 라벨이 우선순위와 관계없이 임의로 라벨의 위치를 선점하더라도 다른 라벨의 배치에 아무런 영향을 미치지 않는 영역을 중첩 자유 영역이라 정의한다. 이 영역은 국부 최소 문제를 일으킬 가능성이 없는 곳이다. 중첩 자유 영역은 누적 공간에서 모든 물체의 배치 가능한 위치를 누적시켰을 때, 다른 라벨의 배치 가능 영역에 대해서 독립적인 특성을 가진다. 그림 2에서 격자무늬로 표시된 부분이 중첩 자유 영역이다.

중첩 자유 영역 내에 라벨이 배치 가능한 공간을 보유한 라벨은 배치에 있어서 우선순위를 가지게 된다. 중첩 자유 영역에서 배치 가능한 위치가 결정되면, 해당 라벨의 중첩 자유 영역에 포함되지 않은 배치 가능 영역은 누적 평면에 누적했던 값을 해제한다. 이것은 중첩 자유 영역을 이용한 배치 방식의 중요한 특성이다. 배치가 진행될수록 새로운 중첩 자유 영역이 순차적으로 발생하게 되고, 이러한 과정을 통해 배치된 라벨들은 국부 최소 문제를 발생시키지 않는다.

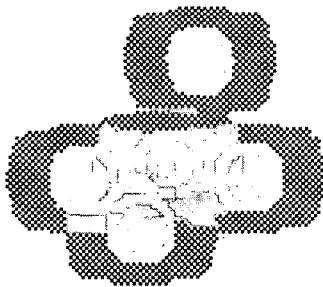


그림 2. 중첩 자유 영역  
Fig. 2. Overlap-free region.

### 3. 중첩 자유 영역을 이용한 자동 라벨 배치

제안하는 자동 라벨 배치 방식은 전처리, 반복을 통한 중첩 자유 영역 검색, 최종 라벨 위치 결정 단계와 같이 세 단계로 나눌 수 있다. 그림 3은 제안하는 자동 라벨 배치 방식의 전체적인 흐름을 보여준다.

#### 가. 전처리

전처리 단계의 목적은 시계 평면상에 기본적으로 존재하는 비용을 누적 공간에 누적하는 것이다. 라벨이

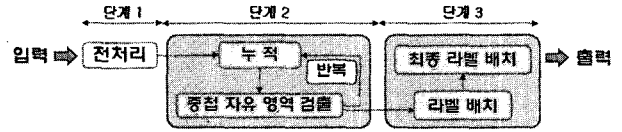


그림 3. 라벨 배치 흐름도  
Fig. 3. Flow chart for proposed label placement.

생성될 가상의 물체나 현실세계의 대응물과 중첩된 상태로 배치되게 되면, 전달하고자 하는 정보의 손실이 발생하게 된다. 이러한 현상을 막기 위해 누적 평면 내에 그들의 위치를 별도의 가중치를 부여해 누적하고자 하며, 시계 평면을 벗어나는 라벨의 배치는 최악의 배치 조건이 되므로 누적 공간의 최외곽에는 매우 높은 값을 누적하여 배치 가능성을 최소화 한다.

#### 나. 반복을 통한 중첩 자유 영역 검색

2단계 과정은 중첩 자유 영역을 찾기 위해 각 라벨의 배치 가능 위치에 대한 비용을 누적하는 과정과 중첩 자유 영역을 갖는 라벨들에 대해 가능한 위치를 결정하는 과정으로 나뉜다. 전처리 과정을 거친 누적 평면에서 각 물체의 중점을 기준으로 라벨이 배치 가능한 전 영역에 대해 비용을 누적한다. 이 때, 회전각  $\theta$ 를 잘게 나누어 배치 가능 위치를 확대하면, 연산량이 많아지게 되고, 반대의 경우에는 더 나은 품질의 배치 공간이 배제되는 문제점이 발생된다. 본 논문에서는 이러한 문제의 균형을 맞추기 위해서, 배치 공간을  $10^\circ$  단위로 탐색한다.

가능한 모든 라벨의 위치를 누적함에 있어서 동일한 물체에 대해서는 중첩에 따른 누적이 허용되지 않으며, 다른 물체의 라벨에 대해서만 중첩에 따른 비용이 누적된다. 모든 물체에 대해서 이러한 과정이 완료되면 중첩 자유 영역을 갖는 물체가 무엇인지 파악할 수 있다.

중첩 자유 영역을 갖는 물체는 자신의 중첩 자유 영역 내에서 배치 가능한 위치의 목록을 생성하고, 그 위치들을 제외한 배치 가능 영역에 대한 누적을 해제한다. 이러한 영역의 해제는 다른 라벨에게 새로운 중첩 자유 영역을 제공할 수 있다. 중첩 자유 영역을 검색하고 목록을 작성하는 과정은 더 이상 중첩 자유 영역이 검출되지 않을 경우까지 반복된다. 생성된 목록은 다음 단계에서 최적의 배치를 위해 사용된다.

#### 다. 라벨의 배치

라벨의 배치는 해당 물체가 중첩 자유 영역을 가졌느냐 아니냐에 따라서 라벨 배치 단계 또는 최종 라벨 배

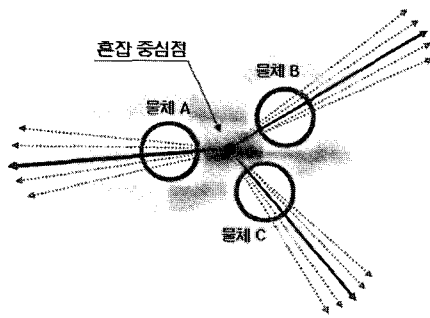


그림 4. 라벨 배치  
Fig. 4. Label placement.

치 단계를 거치게 된다. 영상의 혼잡도에 따라서 다르지만, 대부분의 물체는 단계 2를 통해 배치 가능한 위치들의 목록을 보유하게 된다. 목록에서 최종 위치를 결정하는 방식에는 여러 가지가 있을 수 있다. 임의의 위치를 선정하여 배치하는 방식은 가장 간단하게 선택할 수 있는 방식이지만, 가독력 향상을 고려한 판단은 아니다. 본 논문은 라벨의 가독력을 향상시키기 위해 라벨의 혼잡도가 가장 떨어지는 영역에 라벨을 배치하고자 한다. 누적 공간에는 이미 혼잡한 영역에 높은 비용이 누적되어 있기 때문에 이들을 이용하면, 혼잡도가 낮은 영역에 라벨들을 효과적으로 배치할 수 있다. 그림 4에서 물체 A, B, C는 단계 2를 통해 배치가 가능한 공간의 목록을 가지고 있다. 이 때, 세 물체는 이들 사이에 위치한 혼잡 중심점을 찾고, 이 점에 대해서 반대 방향의 라벨 위치부터 검색하여 배치 위치를 결정한다.

$$\theta = \pi - \arctan\left(\frac{c_x - x_0}{c_y - x_0}\right) \quad (y \geq 0)$$

$$\theta = 2\pi - \arctan\left(\frac{c_x - x_0}{c_y - x_0}\right) \quad (y < 0)$$

식 1은 물체의 중심점이  $(c_x, c_y)$ 일 때, 혼잡 중심점  $(x_0, y_0)$ 에 대한 최적의 배치 각도  $\theta$ 를 나타낸다. 결국, 목록에서  $\theta$ 와 가장 가까운 값이 해당 라벨의 각도로 결정된다.

지금까지 중첩 자유 영역을 보유한 물체에 대한 라벨 배치에 대하여 기술하였다. 중첩 자유 영역을 가지지 못한 몇몇의 라벨은 서로에게 완전히 독립적인 배치 위치를 가지고 있지 못하므로 새로운 배치 방식을 필요로 한다. 국부 최소의 문제는 우선권 문제에 기인하기 때문에 문제를 해결하기 위해서는 적절한 방식으로 배치 우선권을 주는 것이 필요하다. 위치가 결정되지 못한 라벨들에 대하여 각각 독립적으로 배치 가능한 위치에 대한 목록을 작성한 후, 배치 가능한 위치가 적은 물체

에 배치의 우선권을 부여한다. 이것은 배치 공간이 부족한 특정 라벨이 다른 라벨에게 자신의 배치 공간을 빼앗기지 않을 수 있음을 보장한다.

프레임간의 연속성을 고려하기 위해서는 이전 프레임의 라벨 위치가 고려되어야 한다. 앞에서 제시한 방법을 수행했을 때, 해당 프레임에서는 최상의 배치 결과를 획득할 수 있다. 하지만 이러한 결과가 바로 시계 평면에 갱신되어서는 안 된다. 목록에서 최적의 결과를 예상하는 데 있어서, 이전 프레임에서의 위치와 가까운 라벨의 위치는 우선순위를 갖는다. 결과적으로 라벨은 최적의 위치를 선택하게 되지만, 해당 라벨에 대한 라벨 위치의 잦은 변화는 사람의 인지력을 떨어뜨리게 된다. 이러한 현상을 줄이기 위해 시간적 지연을 두고 최종 위치에 근사해 간다. 프레임의 연속성에 대한 연구는 이전의 논문들에서 다루어진 적이 있으며, 본 논문 역시 이러한 연구들의 영향을 받았다<sup>[3]</sup>.

#### IV. 라벨 배경 성분의 분석

##### 1. 가독력의 저하 요인

본 논문에서는 라벨의 배경 성분을 분석하여 주어진 글자의 정보가 얼마나 잘 전달될 수 있는지를 알아보고자 한다. 여기서, 가독력의 저하 요인을 크게 두 가지로 보고 분석을 시도한다. 첫 번째 요인은 대비되지 않는 배경과 글자의 컬러 성분이다. 배경과 글자의 컬러가 유사한 색상이거나 대비가 잘 이루어지지 않는 컬러의 조합일 때 라벨은 읽기 힘들어진다. 두 번째 가독력 저하 요인은 복잡한 배경의 텍스처 성분이다. 배경은 여러 가지 컬러 성분들의 조합에 의해 생성된 공간이고, 이러한 성분들이 생성하는 복잡한 텍스처는 글자 정보를 차단하거나 왜곡한다. 따라서 본 논문에서는 컬러 성분의 분석과 텍스처 성분의 분석을 통해 배경 성분이 주어진 글자 성분에 적합한지 여부를 판단하고자 한다.

##### 2. 컬러 성분의 대비

대비되지 못한 글자와 배경의 컬러 성분은 가독력의 저하를 야기한다. 사람의 눈은 색상 보다는 밝기 성분에 민감하므로 컬러의 대비를 파악하기 위해서는 밝기의 대비 정도를 효과적으로 표현해줄 수 있는 방법이 필요하다. 본 논문은 컬러 성분의 대비를  $YIQ$  컬러 공간에서  $Y$ 값의 대비를 이용해 측정했다.  $Y$  값은 식 2와 같이  $R, G, B$  각각의 색상이 갖는 휘도 성분의 가중치를 차등 부여함으로써 주어진 두 컬러의 대비를 찾아

내는데 유용한 밝기 값을 제공한다. 실험 결과,  $Y$ 값의 대비를 이용해 단일 색상의 배경에 대해서 컬러 성분의 대비를 측정할 경우 약 91%의 성공률을 가지고 분류를 수행할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2)$$

3. 배경 성분 분석을 이용한 라벨 배치 방법

배경 성분의 분석은 크게 컬러 분석과, 텍스처 분석 그리고 최종 판단의 과정으로 나뉜다. 그림 5는 제안하는 배경 성분 분석 방법의 흐름도를 보여준다.

컬러 정보의 분석은 전역적인 방법과 국부적인 방법 두 가지 방법을 통해 이루어지며, 텍스처 분석의 결과와 함께 배경 분류 판별식에 입력되어 최종 배치 가능 영역을 판단한다.

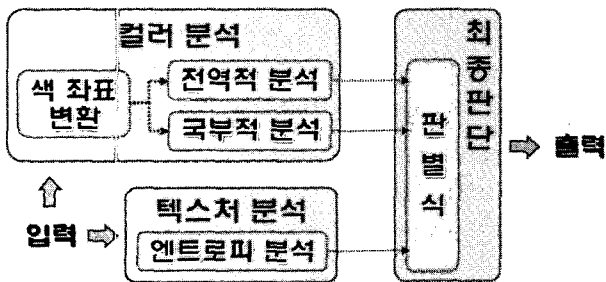


그림 5. 배경 성분 분석 흐름도  
Fig. 5. Flow chart for analysis of the background component.

가. 컬러 분석

전역적 분석은 라벨의 배경 후보 영역에서 각 픽셀의 컬러 정보와 글자의 컬러 정보의 대비 정도의 평균을 계산함으로써 적당한 배경을 검출하는 방법이다. 이 때, 가독력에 대한 영향은 두 컬러의 대비 정도가 작을 때 급격히 증가하고, 대비가 일정 수준 이상이면 거의 유사한 형태를 보인다. 이러한 현상은 배경색과 글자색의 대비 정도가 0에 가까울 때 가장 높은 값을 갖는  $\sigma$ 가 0.15인 가우시안 분포로 표현될 수 있다. 식 3은 전역적 분석 방식의 결과 값을 계산하는 식이며, 폭이  $W$ 이고, 높이가  $H$ 인 라벨을 구성하는 모든 픽셀들에 대해서 대비의 정도를 가우시안 함수를 통해 계산하고, 대비 정도의 평균값을 결과 값으로 획득한다.

$$R_{global} = \frac{1}{W \cdot H} \sum_{i=1}^{W \cdot H} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{Contrast_i}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (3)$$

인접한 배경 픽셀들이 글자의 컬러 성분과 유사하거나 동일한 색채 정보를 가지게 될 경우에는 글자 성분이 왜곡되거나 읽는 것이 불가능할 수 있다. 이러한 문제는 배경의 전체적인 컬러 정보에 대해서 배치 가능 영역을 평가하는 전역적인 방법을 통해 검출되기 힘든 문제이다.

국부적 분석 방식은 라벨이 배치될 후보 배경에서 글자 정보의 왜곡과 손실을 야기하는 컬러 정보의 비율을 분석함으로써 해당 영역이 라벨 배치에 적당한지 아닌지를 판단한다.  $Y$ 값 차이의 최대값을 1이라고 할 경우, 본 논문에서는 글자색과 배경색의  $Y$ 값 차이가 0.18 이하일 때 가독력이 심각하게 저하된다고 정의하였고, 이러한 문제 픽셀의 비율이 전체의 10% 이상일 경우에 라벨의 배치가 어려운 영역으로 판단하였다. 해당 영역에 대해서는 배치 가능성을 줄이기 위한 비용이 할당된다. 문제 픽셀의 비율이 10%를 넘지 않을 경우  $R_{local} = 1$ 이며 그 반대의 경우  $R_{local} = 0.7$ 의 값을 부여받는다.

나. 텍스처 분석

텍스처 분석을 위해서는 엔트로피 분석 방법을 사용한다. 엔트로피는 정보의 혼잡도를 측정할 수 있는 효과적인 수치로써, 적은 연산량으로 배경의 혼잡도가 가독력에 미치는 영향을 분석할 수 있다는 장점이 있다. 주어진 라벨의 배경 성분에 대한 엔트로피 계산식은 식 4와 같다.

$$E = - \sum_{C_{RGB}=0}^n p(C_{RGB}) \log p(C_{RGB}) \quad (4)$$

$p(C_{RGB})$ 는 특정 컬러 정보가 라벨 배경 영역에 존재할 확률을 나타내며, 컬러의 총 개수는  $n$ 개이다. 배경 영역을 검색하면서, 앞서 처리된 컬러와  $\pm 5$  이내의 컬러는 동일한 컬러로 간주되며 그 보다 큰 차이를 보이는 컬러는 새로운 색으로 등록된다.

엔트로피가 0일 때, 배경의 텍스처는 가독력의 저하에 영향을 미치지 않으며, 엔트로피가 커질수록 가독력의 저하는 심해진다. 전역적 컬러 분석 방식과 유사하게, 엔트로피도 가독력에 대한 영향력이 균일하지 못하며 그 형태가  $\sigma = 0.65$ 인 가우시안 분포에 근사하다.

식 5는 엔트로피 최대값( $E_{max}$ )을 기준으로 가독력에 대한 엔트로피의 영향력을 0에서 1사이의 값으로 정규화하고, 가우시안 분포에 따른 가중치를 부여한 것이다.

$$R_{entropy} = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{1 - (E/E_{max})}{\sigma}\right)^2\right) \quad (5)$$

#### 다. 최종 판단

상기 과정을 통해 획득된 세 가지 결과 값을 어떻게 사용하느냐는 배경 분류 성능을 결정지을 수 있는 중요한 문제이다. 본 논문은 각 값의 산출 방식이 배경의 분류에 있어서 얼마나 큰 영향력을 가지느냐를 기준으로 각 값들에 가중치를 부여했으며, 가중치는 실험을 통해 획득되었다. 전역적인 컬러 분석 방식은 분류에 있어서 가장 큰 영향력을 갖는다. 전체적인 배경 성분의 대비 정도를 나타내는 전역적인 방식의 분류 방법은 배경이 얼마나 적합한지를 판별하는 기본적인 기준이 되며, 이때 텍스트로 인한 배경의 혼란 정도는 부가적인 판단 기준이 된다. 실험적으로 전역적인 컬러 분석과 텍스트 분석의 영향력은 약 6:4의 비율로 평가하였다. 국부적인 가독력의 저하는 일정 비율 이상의 글자가 전혀 읽을 수 없는 상황이기 때문에, 문턱값 이상의 값을 가질 때, 최종 판단에 큰 영향을 미친다. 이를 표현한 최종 결과 판별식은 식 6과 같다.

$$R = w \cdot R_{global} + (1 - w) \cdot R_{entropy} \cdot R_{local} \quad (6)$$

가중치  $w$ 는 실험적으로 0.6이란 값을 획득하였으며,  $R_{global}$ 과  $R_{entropy}$ 는 각각 식 3과 5를 통해 계산된 값이다. 앞서 언급한 바와 같이  $R_{local}$ 은 전체 라벨의 영역에서 컬러의 대비가 되지 않는 영역이 10%이하일 경우에 0.7의 값을 부여받음으로서 배치 가능성을 의미하는 결과 값  $R$ 을 감소시킨다. 다시 말하자면, 전역적인 컬러 분석과 텍스트 분석으로 최종 결과가 산출되며, 국부적인 심각한 가독력 저하 문제가 발생할 경우 최종 결과는 기존의 값의 30% 정도에 해당하는 가독력 저하 비용을 부여받게 된다.

## V. 실험

### 1. 실험 환경

성능 평가를 위한 하드웨어 플랫폼은 2.6G Intel Celeron CPU와 512MB의 주기억장치가 장착된 PC이

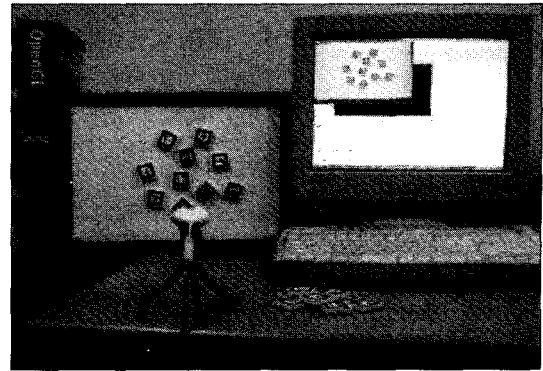


그림 6. 실험 환경

Fig. 6. Experimental environment.

며, 카메라는 Kocom KMC-90 WEB Camera를 사용하였고, 소프트웨어 플랫폼은 MS Windows XP professional 및 Visual C++6.0이다. 그림 6은 카메라, 마커 등 본 실험에 사용된 장비들을 보여주고 있다. 가상의 물체는 마커위에 위치하게 되며, 각각의 물체에는 가상의 라벨이 할당된다. 실험에서는 총 20개의 마커를 이용해, 20개의 라벨을 배치하고 결과를 평가한다. 입력 영상의 크기는 640×480이다.

제안하는 라벨 배치 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 가장 간단하고 빠른 연산속도를 가진 그리디 방식과 이전에 제안된 알고리즘 중에 가장 좋은 성능을 가진 클러스터 기반의 방식을 비교하였다.

### 2. 중첩 자유 영역을 이용한 라벨 배치

그림 7은 동일한 입력에 대해서 제안하는 알고리즘을 이용한 라벨 배치와 이전의 방식들에 의한 배치의 결과물을 비교한 것이다.

(a)는 입력 영상이고 (d)는 제안된 방식으로 배치를 완료한 영상이다. 중첩된 라벨 없이 각 라벨은 시계 평면상의 어떤 한 부분에 물리지 않고 균일하게 배치되었다. (b)와 (c)는 각각 그리디 방식과 클러스터 기반 방식을 이용하여 라벨을 배치한 결과이며, 내부의 사각형 상자는 배치상의 문제가 발생한 지역을 나타내고 있다. (b)와 (c) 문제 영역을 각각 (e)와 (f)에서 확대하여 보았다. 그리디 방식은 국부 최소에 의한 문제가 발생하였다. 기본적으로 라벨은 마커 번호의 우선순위에 따라 배치를 수행한다고 가정하였고, (e)의 1번과 6번에 의해서 유일한 배치 가능 공간을 빼앗긴 19번 라벨은 어쩔 수 없이 이들과 중첩된 배치를 택할 수밖에 없게 되었다. 이러한 문제는 클러스터 기반의 방법을 통해 어느

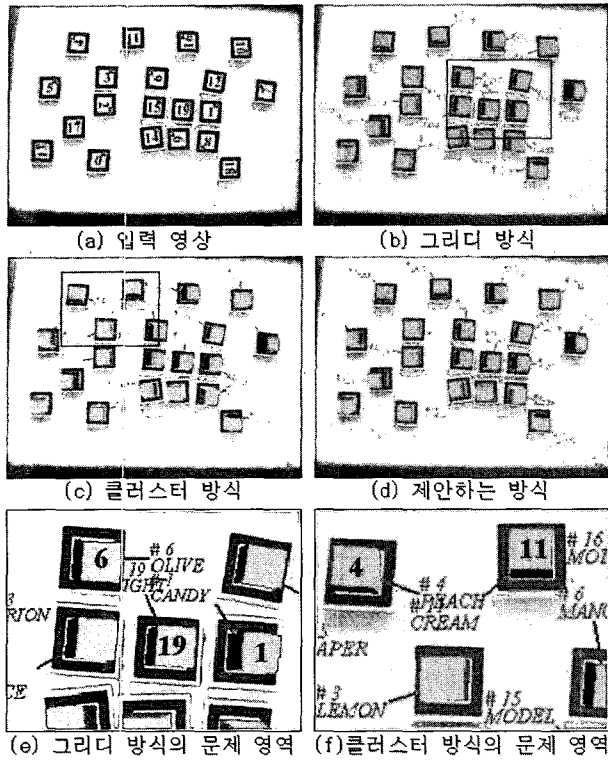


그림 7. 동일한 입력에 대한 여러 배치 방식의 배치 성능

Fig. 7. Performance comparison among diverse placement method for same input.

정도 해결될 수 있다. 그러나 배치 가능한 위치의 집합이 클러스터마다 한정되어 있기 때문에 한정된 집합 내에 최적의 배치가 포함되지 않는다면, (f)의 4번과 11번처럼 부분적인 중첩이 발생할 수 있다. 혼잡도 측면에서 관찰해봤을 때에도, 제안하는 방식은 가장 혼잡도가 덜한 영역에 라벨을 배치하고자 하는 노력으로 인하여 그림 7에서 확인할 수 있는 바와 같이 배치의 심미성이 좋으며, 이를 통해 가독력의 향상을 꾀할 수 있다.

3. 산술적인 평가

본 논문은 성능 평가를 크게 산술적인 판단에 의한 방법과 인간 판단에 의한 방법으로 나누어 진행하고자 한다. 산술적인 평가는 연산 속도와 중첩의 정도를 나타내는 비용에 대해서 평가하고, 부가적으로 라벨의 개수에 따른 연산 시간의 변화와, 누적 공간의 크기와 연산 시간의 상관관계에 대해서 알아본다.

본 논문에서는 배치의 정밀도와 연산량을 응용의 목적에 맞게 변화시킬 수 있도록 하기 위해서 누적 공간을 사용하였으며, 그 크기의 변화에 따른 연산 시간의 차이는 표 1과 같다.

표 1. 누적 공간 크기에 따른 연산 시간의 변화  
Table 1. Variation of operating time according to the size of cumulative space.

크기 (픽셀)	연산 시간 (ms)	한 셀이 대표하는 실제 픽셀의 개수(개)	라벨을 표현하는 셀의 개수(개)	한 셀이 라벨에서 차지하는 비율(%)
① 40×30	1.282	256	4.69	21.32
② 80×60	4.251	64	18.75	5.33
③ 160×120	13.496	16	75	1.33
④ 320×240	76.788	4	300	0.33
⑤ 640×480	266.918	1	1200	0.08

⑤의 경우는 실제 시계 평면의 크기를 누적 공간에 그대로 사용하는 것으로써 정확한 배치를 가능하게 하지만, 연산 시간이 약 267ms에 이르므로 초당 3.745회 이상의 배치를 수행하는 응용에 대해서는 부적합할 수 있다. 배치의 정밀도에 큰 영향을 미치지 않으면서 빠른 속도의 연산을 가능하게 하는 누적 공간의 크기를 160×120으로 볼 수 있다. 이때 누적 공간의 한 셀은 입력 영상에서 16개의 픽셀을 대표한다. 실험에서 사용한 라벨의 크기는 50×20 픽셀이며, 이는 곧 누적 공간에서 75개의 셀을 의미한다. 결과적으로 ③의 누적 공간에서 한 셀의 에러는 라벨 크기를 기준으로 1.33%의 가독력 저하를 야기하며, 이는 라벨 배치에 있어서 허용할만한 수준이다. 반면 ①과 ②는 라벨을 표현하는 셀의 개수가 각각 4.69개와 18.75개이므로 중첩의 정도를 제대로 파악하기 힘들기 때문에 연산 시간은 빠르지만 결과의 품질이 좋지 않다. 따라서 실험에서는 160×120 크기의 누적 공간을 사용하도록 한다.

표 2는 세 가지 다른 라벨 배치 알고리즘에 대한 연산 시간을 비교한 것이다. 20개의 라벨에 대해서 배치를 실시했으며, 1000회를 반복해서 결과 값을 획득하였다.

표 2. 연산시간(ms)  
Table 2. Operating time(ms).

배치 방식	그리드 방식	클러스터 기반 방식	제안하는 방식
최 소	2.777	8.312	6.339
최 대	38.252	65.452	54.952
중위수	5.780	14.455	13.965
평 균	5.886	15.770	13.496



제안하는 방식은 20개의 라벨에 대해서 평균 13.5ms 안에 배치를 완료할 수 있다. 이것은 그리디 방식보다는 느리지만, 이전의 라벨 배치 알고리즘 중에서 가장 좋다고 평가되어진 클러스터 기반의 방식보다는 빠른 결과이다. 본 논문의 목적은 배치 성능의 향상에 있지만, 이러한 결과는 제안하는 방법이 이전의 방식들에 비해 연산 속도 측면에서 뒤쳐지지 않음을 보여준다. 또한 20개의 라벨에 대해서 초당 74회의 연산이 가능하므로 충분히 실시간 처리가 가능하다는 것을 확인할 수 있다.

그림 8은 라벨 개수의 증가와 연산 시간과의 상관관계를 보여주고 있다. 라벨의 혼잡 정도에 따라서 그래프는 조금 달라질 수 있다. 그리디 방식은 각 라벨이 독자적으로 라벨 공간을 탐색하며, 반복의 과정이 없기 때문에 라벨의 개수 증가에 대해서 연산 시간의 변화량이 적다. 반면, 반복을 수행하는 클러스터 기반의 방식과 제안하는 방식은 라벨의 개수 변화에 대해서 연산 시간의 변화량이 보다 크다. 클러스터 방식은 라벨의 개수와 상관없이 배치 가능 목록을 생성하기 때문에 라벨의 개수가 적을 경우에 다른 알고리즘들 보다 연산량이 많은 것을 확인할 수 있다.

표 3은 세 가지 방식에 대해서 중첩의 정도를 나타내

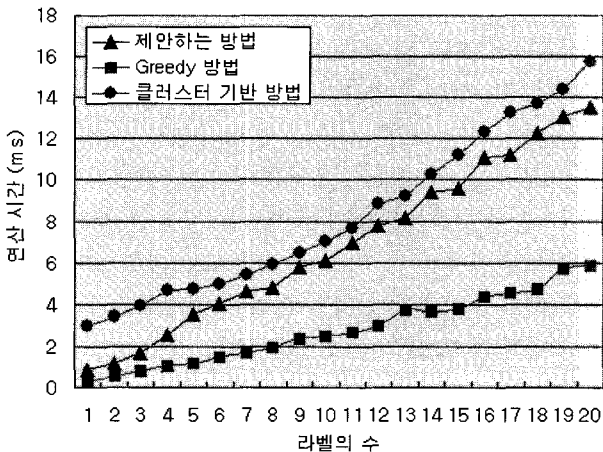


그림 8. 라벨의 수의 변화에 따른 연산 시간 변화  
Fig. 8. Variation of operating time according to the number of label.

표 3. 라벨 배치 비용  
Table 3. Cost of label placement.

배치 방식	임의 배치	그리디 방식	클러스터 기반 방식	제안하는 방식
최 소	1132	17	0	0
최 대	6389	1359	1622	118
중위수	2250	312	125	22
평 균	2261.8	314.2	117.5	23.5

는 비용을 측정하는 것이며, 10개의 입력에 대해서 1000회 측정된 값의 결과이다. 여기에서 비용이란 누적 공간에서 중첩이 발생한 영역에 대한 누적의 총합을 의미한다. 실험에서 라벨과 라벨의 중첩은 10, 라벨과 물체의 중첩은 5, 라벨과 라벨선의 중첩은 2, 라벨선 사이의 중첩은 1의 누적 비용을 각각 갖는다.

제안하는 방식은 비교되는 다른 알고리즘에 비해서 중첩의 정도가 적으며, 배치 상태가 좋지 않은 최악의 경우에도 클러스터 기반의 방식처럼 열악한 배치 결과를 보여주지 않는다. 클러스터 기반의 방식은 생성된 75개의 배치 위치 목록에 최적의 조합이 포함되지 않았을 경우 그리디 방식보다 배치 성능이 떨어지는 결과를 보였다.

#### 4. 인간 판단에 의한 평가

사람의 판단은 주관적이며, 모든 사람이 동일한 판단 기준을 가졌다고 보기 힘들다. 그러므로 모든 사람의 가독력 판단 기준을 정량화하는 것은 쉬운 일이 아니며, 충분한 실험을 통해 편차 이상의 에러를 제거하는 과정이 필수적이다. 본 논문은 제안하는 방식이 기존의 방식보다 가독력 측면에서 우수한 성능을 가졌음을 입증하기 위해서 인간 판단에 의한 평가를 시도하며, 이들은 크게 라벨 배치 성능에 의한 평가와 배경 성분 분석에 대한 평가로 구성된다.

##### 가. 제안하는 라벨 배치 방법의 평가

제안하는 라벨 배치 방법의 평가는 동일한 영상 시퀀스에 대한 결과를 그리디, 클러스터 기반의 방식의 결과와 함께 사람들에게 제공하고 이들을 보고 사람들이 얼마나 많은 정보를 습득하느냐를 측정한다. 임의로 추출된 총 아홉 번의 라벨 배치에 대해 평가를 실시하며, 실험은 크게 두 가지 방식으로 진행하였다.

그림 9에서 보이는 바와 같이 각 라벨에는 폰트 크기 16인 글자들이 2열으로 배치되어 있으며, 1열은 라벨의 번호, 2열은 다섯 글자로 이루어진 영단어로 구성되어

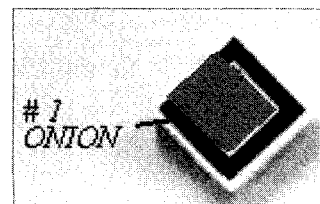


그림 9. 실험 라벨 예제  
Fig. 9. Example of label used in experiment.

표 4. 제한된 시간 내의 가독력 측정(개)  
Table 4. Readability test with restriction of time(count).

실험 번호	라벨의 수(개)	그리디 방법	클러스터 기반 방법	제안하는 방법
1	20	2.2	1.9	2.5
2	11	3.3	2.8	3.9
3	11	3.1	2.9	3.4
4	20	1.9	2.0	2.2
5	11	4.2	3.8	4.3
6	11	2.3	2.1	2.7
7	11	2.2	3.2	3.4
8	11	4.6	4.8	4.7
9	11	3.4	3.1	3.7
평균	11	3.30	3.24	3.72
	20	2.05	1.95	2.35

표 5. 시간의 제한을 두지 않은 가독력 측정(초)  
Table 5. Readability test no restriction of time(second).

실험 번호	라벨의 수(개)	그리디 방식	클러스터 기반 방식	제안하는 방식
1	20	47.4	50.2	40.5
2	11	17.9	18.3	18.2
3	11	14.2	16.3	13.5
4	20	59.5	63.2	44.1
5	11	24.6	23.5	23.5
6	11	25.3	27.2	22.1
7	11	22.2	24.1	23.5
8	11	19.9	20.1	20.0
9	11	23.8	21.7	18.9
평균	11	21.13	21.60	19.95
	20	53.45	56.70	42.30

있다. 첫 번째 실험은 제한된 시간 내에 임의의 라벨 번호에 대한 영단어를 몇 개나 습득할 수 있는지를 측정한다. 이는 사람이 실제로 증강현실 시스템을 사용할 때, 원하는 특정 정보를 발견하고 그에 대한 정보를 습득하는 과정을 의미한다. 두 번째 실험은 시간에 대한 제한을 두지 않으며, 모든 라벨을 읽는 데 소요되는 시간 및 읽지 못하거나 오인식된 라벨의 비율을 측정한다. 실험은 15명을 대상으로 진행되었으며, 라벨의 번호와 내용은 고정하지 않고 실험에 따라 변화도록 하였다.

표 4는 10초의 제한시간 내에 사람이 얼마나 많은 라벨에 대한 정보를 습득했는지를 측정한 결과이다. 제안하는 방법은 11개의 라벨이 시계 평면상에 존재할 때 평균 3.72개, 20개의 라벨이 배치되었을 경우 평균 2.35개의 단어 습득률을 보인다. 클러스터 기반의 방식은 초기 반응 속도가 느리기 때문에 제한된 시간 내의 가독력 측정에서 그리디 방식에 약간 못 미치는 단어 습득률을 보인다.

표 6. 오인식된 라벨의 수와 가독 성공률  
Table 6. The number of missed labels and success rate.

실험 번호	그리디 방식		클러스터 기반 방식		제안하는 방식	
	오인식된 라벨의 수(개)	성공률 (%)	오인식된 라벨의 수(개)	성공률 (%)	오인식된 라벨의 수(개)	성공률 (%)
1	0	100.0	0	100.0	0	100.0
2	0	100.0	0	100.0	0.2	98.2
3	1	90.9	0	100.0	0	100.0
4	2.2	87.5	1.7	84.5	0	100.0
5	0	100.0	0	100.0	0	100.0
6	0	100.0	0	100.0	0	100.0
7	1	90.0	0	100.0	0	100.0
8	0	100.0	0.2	98.2	0	100.0
9	0.2	98.2	0	100.0	0	100.0
평균	0.38	96.2	0.10	98.07	0.02	99.8

표 5는 시간의 제한을 두지 않은 상태에서 모든 라벨의 정보를 습득하는 데까지 걸린 반응 시간을 측정하는 것이다. 11개의 라벨을 배치하는 경우에 제안하는 방법은 다른 방법들에 비해 약간 빠른 반응 속도를 보여주지만, 보다 많은 20개의 라벨이 배치되었을 때, 다른 방식들에 비해서 크게 앞선 반응 시간을 보여준다. 이것은 제안하는 라벨 배치 알고리즘의 라벨의 혼잡도가 높아졌을 때, 보다 덜 혼잡한 영역에 라벨을 배치하려는 노력이 유용함을 확인시켜 준다.

표 6은 오인식된 라벨의 개수와 주어진 라벨의 정보에 대한 가독 성공률을 보여주고 있다. 제안하는 방식은 9개의 실험영상에 대해서 평균 성공률 99.8%로 라벨의 정보를 습득할 수 있으며 증첩으로 인한 오인식 라벨의 개수는 11개의 라벨에 대해서 평균 0.02개이다. 그리디 방식의 오인식 주원인은 국부 최소 문제였으며, 클러스터 방식은 배치 가능 목록에 최적의 값이 포함되지 않았기 때문에 발생한 문제였다.

나. 제안하는 배경 분석 방법의 평가

배경의 분석은 크게 학습 단계와 성능 검증 단계로 나누어 실험을 진행했다. 학습 단계에서는 제안하는 방식에 필요한 다양한 가중치와 문턱값을 획득하여 최적의 분류 기준을 찾는데 초점을 두었으며, 그림 10과 같



그림 10. 배경 분석에 사용된 라벨의 예  
Fig. 10. Examples of label used in background analysis.

이 생성된 1000개의 샘플 중에서 임의로 선택된 100개의 샘플에 대해 30명을 대상으로 실험하였다.

가독력의 평가는 라벨을 얼마나 잘 읽을 수 있는가의 여부에 따라 1점부터 8점사이의 점수를 부여하는 방식이며, 별도의 측정 프로그램을 이용해서 실험을 진행한다. 가독력 측정 프로그램은 학습용과 성능 검증용으로 나뉘며, 샘플을 제외한 인터페이스는 동일하다.

정확한 학습과 성능 평가를 위해서는 주어진 모든 샘플 집단에 대해서, 가능한 사람들의 보편적인 판단을 대표할 수 있는 정답의 집합을 구하는 것이 필수적이다. 이를 위해서 30명의 실험 대상에게 가독력 측정을 수행했으며 각각의 샘플에 대해서 평균값보다  $\pm 1$  이상의 편차를 보이는 답안은 실험 집합에서 제외시켰다. 편차가 큰 집합들을 제외한 상태에서 계산된 평균값은 정답으로 가정한다. 이렇게 구해진 평균값에서 얼마나 가까운 편차까지를 정답이라 할지에 대해서는 충분한 고려가 이루어져야 한다. 본 논문에서는 각 샘플에 대해서 평균에 대한 표준 편차를 구하고 결과 값이 정답과 표준 편차이내의 차이를 보일 경우도 분류가 제대로 되었다고 평가하였다.

성능 평가는 학습에서 사용되지 않은 100개의 샘플에 대해서 학습 단계에 참여하지 않은 30명을 대상으로 수행하였다. 제안하는 배경 분석 방법이 가독이 가능한 영역과 불가능한 영역을 구분했을 때, 분류 성공률은 93%이다.

기존의 배경 성분 분석 방식은 위와 같이 라벨의 배경을 가능 영역과 불가능 영역의 이원적인 기준으로 분류했으며, 평가도 이원적인 방법을 택했다. 하지만 본 논문은 배치 가능 공간의 정확한 분석을 위해서 좀 더 세분화된 판단을 시도하였다.

그림 11은 제안하는 방식을 사용했을 때 결과 값을 1부터 8사이의 값으로 정규화하면, 사람이 판단한 값과 얼마나 유사하게 분류되는 지를 보여주고 있다. x축은

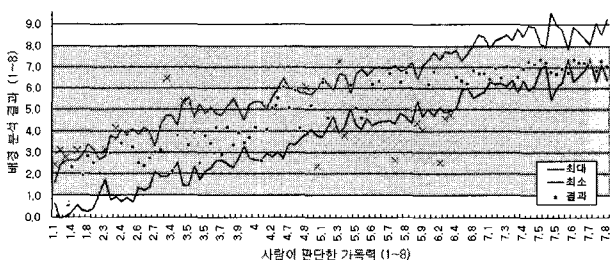


그림 11. 제안하는 배경 분석 방법의 성능 평가

Fig. 11. Performance evaluation of proposed background analysis.

사람에 의해 판단된 정답이며, y축은 제안하는 배경 분석 방법의 결과이다. 두 개의 실선은 각각 샘플들의 표준 편차를 고려했을 때 정답이라 판단 가능한 가독력 점수들의 최대값과 최소값이다. 즉, 결과 값이 최대값과 최소값 사이에 위치할 경우 분류가 성공했다고 말할 수 있다.

세분화된 판단에 있어서 제안하는 배경 분석 방식은 80%의 분류 성공률을 가진다. 세분화된 가독력의 판단은 자동 라벨 배치 알고리즘에 큰 장점을 제공한다. 라벨의 개수가 증가하고, 라벨의 밀집도가 높아지면, 각 라벨의 배치 가능 공간은 줄어들게 된다. 이 때, 배치 가능 공간에 대한 배경 분석 방식의 기준은 관대해질 필요가 있으며, 배경 성분이 가독에 심각한 문제가 있는 영역이 아니라면, 배치 가능 공간에서 함부로 제외되어서는 안된다. 이 때, 배경의 분석이 세분화되어 있지 않다면 배경 성분이 배치에 조금 부적합하다고 해서 배치 공간에서 배제될 수 있고 결과적으로 성능 저하의 요인이 될 수 있다.

배경 성분과 글자 성분의 대비를 측정할 수 있다는 것은 다시 말해서, 주어진 배경 성분에 대한 최적의 글자 색상을 반환할 수 있다는 의미이다. 본 논문은 기본적으로 주어진 글자 색상의 변동을 고려하지 않았지만, 글자 색상의 변동이 가능하다면 배치 공간이 부족해 배치가 어려운 라벨에 대해서 새로운 글자색을 반환함으로써 결과적으로 가독력을 향상시키는 효과를 얻을 수 있다.

## VI. 결 론

2005년 IEEE Computer Graphics and Applications에 발표된 "Tangible Photorealistic Virtual Museum"에서는 HMD를 착용한 박물관 관람객이 3D PCC(physical control cube)를 이용하여 원하는 전시물에 접근하고, 관련 정보를 습득하는 응용을 보여주었다<sup>[9]</sup>. 이러한 응용은 전시물을 보호하면서 관람 효율을 증대시키며 예전에는 기대할 수 없었던 고품질의 부가적인 정보를 관람객에 제공한다. 이러한 방식의 증강 현실 응용이 미래에는 보편화 될 것이고 사람들이 정보 습득을 하는 중요한 수단으로 발전되게 될 것이다.

이러한 응용에 필요한 가상 정보의 배치 방식은 반드시 실시간 처리가 가능해야만 한다. 되도록 빠른 시간 내에 가장 읽기 쉬운 정보를 제공하는 것은 정보를 제공하는 방식에 대한 중요한 평가 이슈라 하겠다. 제안

하는 방식은 기본적으로 실시간 처리에 적합한 연산량을 가지며, 가독력이 향상된 라벨의 배치를 위해서 중첩 자유 영역과 배경 분석 방법을 제안하였다.

본 논문은 기존의 논문들이 가지고 있던 국부 최소 문제를 중첩 자유 영역을 이용해 효과적으로 제거했으며 가장 혼잡이 덜한 영역에 라벨을 배치하기 위한 노력을 기울였다. 이를 통해 제안하는 방식은 기존의 방식들과 비교해 최적의 라벨 배치 성능을 보여주고 있음을 확인할 수 있었다.

제안하는 컬러 영상에 대한 배경 성분 분석 방식은 주어진 글자 성분에 배경이 적합한지 아닌지를 결정할 뿐만 아니라, 적합의 정도를 수치로 계산하여 8단계 분류 시 80%의 편차이내 분류 성공률을 획득하였다. 이를 통해 기존의 자동 라벨 배치 알고리즘들이 보여주지 못했던 가독력의 향상을 가능하게 했다.

제안하는 라벨 배치 방식은 대응되는 물체의 원근을 고려하지 않았다. 다시 말하자면, 가까운 물체와 먼 물체의 정보는 동일한 가치를 지니며 배치에 있어서도 평등한 지위를 가지게 된다. 그러나 사람의 눈은 원하는 정보나 가까운 곳에 위치한 정보를 더 중시하는 경향을 보인다. 이를 위해서는 사람의 시각 특성을 이용하여 중요하지 않은 라벨의 정보량을 줄이거나 중요한 라벨의 정보를 강조하는 방식에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] The Map-Labeling Bibliography website  
<http://i11www.ilkd.uni-karlsruhe.de/~awolff/map-labeling/bibliography/>

[2] R. Azuma, H. Neely III, M. Daily, and R. Geiss, "Visualization Tools for Free Flight Air-Traffic Management," IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 20, no. 5, pp. 32-36, 2000.

[3] R. Azuma and C. Furmanski, "Evaluating Label Placement for Augmented Reality View Management," In Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 66-75, 2003.

[4] W. B. Paley, "Designing Better Transparent Overlays by Applying Illustration Techniques and Vision Findings," In Proceedings of the 16th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp. 57-58, 2003.

[5] A. Leykin and M. Tuceryan, "Automatic Determination of Text Readability over Textured Backgrounds for Augmented Reality Systems," In Proceedings of the 3rd IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 224-230, 2004.

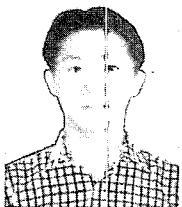
[6] H. Chun-Rong, C. Chu-Song, and C. Pau-Choo, "Tangible Photorealistic Virtual Museum," IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 25, no. 1, pp. 15-17, 2005.

[7] R. Azuma, Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, and B. MacIntyre, "Recent Advances in Augmented Reality," IEEE Computer and Graphics, vol. 21, no. 6, pp. 34-47, 2001.

[8] B. Bell, S. Feiner, and T. Hölerer, "View Management for Virtual and Augmented Reality," In Proceedings of the 14th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp. 101-110, 2001.

[9] M. Billinghurst, H. Kato, and I. Poupyrev, "The MagicBook: A Transitional AR Interface," IEEE Computer and Graphics, vol. 25, no. 5, pp. 745-753, 2001.

### 저 자 소 개



이 상 원(학생회원)  
 2004년 경희대학교 전자공학부  
 학사 졸업.  
 2006년 한양대학교 전자통신  
 컴퓨터공학과 석사 졸업.  
 <주관심분야 : 컴퓨터 비전,  
 Virtual Reality, Augmented  
 Reality>

정 승 도(학생회원)-교신저자  
 대한전자공학회논문지 제43권 CI편 4호 참조

최 병 욱(정회원)  
 대한전자공학회논문지 제43권 CI편 4호 참조