

# 구조적 분석을 이용한 치과용 디지털 X-ray 영상에서의 골조직 변화 검출에 관한 연구

안 용 학<sup>†</sup> · 채 옥 삼<sup>††</sup>

## 요 약

본 논문은 디지털 방사선 영상에 영상처리기술을 이용하여 기존의 수동적인 방법으로 개인차를 유발했던 차영상 진단방법을 자동화하는 알고리즘 방안을 제안한다. 이를 위해 차영상 획득 이전에 수행될 두 영상의 정렬방법과 치과용 디지털 방사선영상내의 구조적 특징을 이용하여 관심영역을 선정할 수 있는 방법론을 제안하고, 이를 이용하여 영역에 대한 차정보 표시 및 이에 대한 수치적 근거를 제시함으로써 기존의 방법이 갖지 못한 결과의 일관성 및 객관성을 갖도록 하였다. 구현결과 인간의 시각으로 판별하기 어려운 미세한 차이의 표시 및 환부의 이상발생여부를 확연히 구분할 수 있었다.

## Bone loss Detection in Dental Digital X-ray Image by Structure Analysis

Yonghak Ahn<sup>†</sup> · Oksam Chae<sup>††</sup>

### ABSTRACT

In this paper, we propose automatic subtraction radiography algorithms to overcome conventional subtraction radiography's defects by applying image processing technique. In order to reach these goals, this paper suggests the image alignment method that is necessary for getting subtraction image and ROI(Region Of Interest) focused on a selection method using the structure characteristics in target images. Therefore, we use these methods because they give accuracy, consistency and objective information or data to results. According to the results, easily and visually we can identify fine difference in the affected parts whether they have problems or not.

**키워드 :** 디지털영상처리(DIP : Digital Image Processing), 시계열 분석(Subtraction Radiography), 골흡수 검출(Bone Loss Detection), 영상 정렬(Image Alignment), 디지털 방사선영상(Digital Radiography), 인공치아 주위염(Periimplantitis), 관심영역(ROI : Region Of Interest)

### 1. 서 론

최근 X-ray를 감지할 수 있는 있는 센서의 개발로 영상의 디지털화가 가능해져 다양한 X-ray 영상의 분석 및 해석 방법론의 연구가 진행되어 왔다[3, 14, 16]. 이러한 연구 중 치아와 관련되어 연속적인 Radiography에서 미세한 변화를 검출하기 위한 Subtraction 방법이 있는데, 이러한 Subtraction Radiography 방법은 시간차를 두고 촬영된 두 장의 치과용 X-ray 영상을 겹친 뒤, 두 영상이 갖는 차이로서 치료 및 진단의 판단기준을 제공하는 방법으로 치과와 관련된 거의 모든 질병의 진료와 연구에 사용되고 있으며, 이 방법은 "시계열 분석"이라고도 한다[6-7, 10].

본 논문이 대상으로 하는 치과용 X-ray 영상에 대한 Subtraction Radiography 방법은 인공치아, 즉 임플란트(im-

plant) 이식시술 후 시간이 경과하면서 임플란트 fixture의 영향으로 주위 골조직에 변화가 생기는 경우가 발생하는데, 이러한 경우 변화의 발생 여부를 빠르게 인식하여 대처하는 것을 목적으로 한다. 즉, 시간에 따라 변화하는 골조직에 대한 변화량을 인식하는 것이 가장 중요한 점이 된다. 그러나 지금까지 이러한 대부분의 작업은 필름을 기반으로 사람이 주체가 되어 모든 작업이 수행되고 있기 때문에 결과의 정확성 및 일관성, 객관성이 부족하다. 또한, 최근 들어 디지털 X-ray 영상에 대한 사용도가 증가됨에 따라 기존의 필름기반에 적용되던 시계열 분석 방법을 디지털화된 영상에 적용할 수 있는 방안의 연구가 필요하게 되었다 [5, 13, 15].

이러한 Subtraction Radiography 방법을 이용하여 임플란트 이식 수술 후 발생하는 주위염의 발생여부와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있는데, 지금까지의 연구에는 참고(reference) 필름을 이용하여 매뉴얼(manual)에 의해 Subtraction을 수행하는 THREE-STEP 방법[4, 8], 사용자에 의

<sup>†</sup> 정 회 원 : 경희대학교 대학원 전자계산공학과

<sup>††</sup> 정 회 원 : 경희대학교 전자계산공학과 교수

논문접수 : 2003년 11월 12일, 심사완료 : 2004년 5월 13일



(그림 1) 변화부위 검출의 어려움

해 참고 픽셀(reference point)를 선택한 후 직선 선분을 검출하여 영상을 정렬한 후 Subtraction을 수행하는 PERI-IMPLANT 반 자동화 방법[2], 그리고 사용자가 최적의 임계값(threshold value)을 설정하여 임플란트의 정확한 경계(contour)를 추출하여 골흡수 정도를 측정하는 방법[1, 9] 등이 있다.

그러나 THREE-STEP 방법의 경우 X-ray 영상 전체에 대한 단순한 Subtraction을 수행함으로써 촬영 조건에 따른 방위(orientation)와 위치(position)의 변화에 따른 오류 가능성이 높다. 즉, X-ray 필름의 촬영 당시, 약간의 움직임이나 촬영기기의 상태로 인한 차정보가 발생한다. PERI-IMPLANT 반 자동화 방법의 경우는 이를 해결하기 위해 영상정렬을 수행하지만, 단순히 방위(orientation)에 대한 영상정렬만을 수행함으로써 위치(position)와 변형(deformation)으로 인한 문제점과 영상 정렬 후 영상 전체에 대해 Subtraction을 수행하기 때문에 실제 미세한 변화량 보다 오류로 인한 차정보가 더욱 뚜렷이 검출된다. 임플란트의 경계(contour)를 추출하는 방법의 경우는 실제 X-ray 필름에서 단순히 사용자의 임계값으로 골흡수가 발생하는 지점, 즉 임플란트와 치아 조직 사이의 경계를 검출하는 것은 거의 불가능하다. 또한, X-ray 영상에서 잇몸이 시작되는 주변의 픽셀값은 그 변화도가 매우 미세하여 전역 임계치를 이용하는 기존의 영역분리 방법으로는 변화부위의 검출이 매우 어렵다.

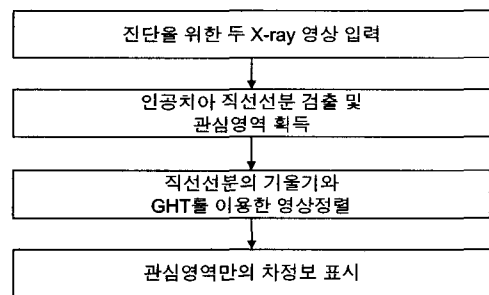
따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 임플란트의 구조적 분석을 이용하여 예상되는 환부 영역(관심 영역)만을 분리하고, 영상 정렬에 있어 전체적인 매칭의 어려움을 극복하기 위해 환부 영역(관심 영역)을 중심으로 에지 기반 정합을 수행하여 Subtraction을 수행함으로써 위에서 제시한 문제점을 최소화하는 정확한 분리(segmentation)가 가능하다.

2. 구조적 분석을 이용한 골조직 변화 검출 방안

본 논문에서는 치과용 X-ray 영상에 대한 분석을 통해

임플란트 이식 수술 후 발생하는 주위 골조직의 변화를 빠르게 인식하고 대처하는 것이 주목적이다. 그러나 입력 환경의 변화로 인해서 전체 영상을 대상으로 하는 정합은 정확도가 떨어지고, 이렇게 얻어진 차영상에서 변화 부위를 구분하기 위한 임계치 결정도 매우 어렵다. (그림 1)은 전체적인 영상정합을 통하여 얻어진 차영상으로, 그림에서 보듯이 실제 변화부위 보다는 입력환경의 변화로 인해 나타나는 잡음영역이 더욱 확실히 나타난다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 먼저 임플란트의 구조적 정보를 추출하고 이 정보를 바탕으로 보다 신속하고 정확하게 정합과 차영상 생성을 수행할 수 있는 방안을 제안한다. 또한, 변화량이 작은 이상부위의 특성을 감안하여 구조적 정보를 바탕으로 이상부위의 위치와 경계 영역을 예측하고 관심영역을 분리하여 해당 영역에 대한 차정보만을 표시할 수 있는 방안을 제안한다.



(그림 2) 제안된 방법

제안된 방법은 (그림 2)와 같다. 먼저, 치과용 X-ray 영상의 구조적 특성을 이용하여 치아에 대한 직선선분을 추출하고, 이 직선선분을 이용하여 잇몸의 관심영역을 획득한다. 이후 두 영상의 구조적 특징을 정확히 일치시킬 수 있는 위치좌표와 회전각을 찾기 위해 임의의 물체 검출을 위한 GHT[11] 방법을 수행한 후, 차영상 기법을 이용하여 두 심영역을 획득하는 것으로, 좀 더 신뢰성있는 결과를 갖기 영상에서 관심영역의 차정보를 획득한다.

2.1 관심영역 분리

치과용 X-ray 영상에서 가장 중요한 의미를 갖는 부분은 임플란트가 시술된 부위의 잇몸 주위이다. 따라서 이 잇몸 주위의 위치 판단에 기준이 되는 임플란트의 검출이 먼저 진행된다. 이는 임플란트를 특징지을 수 있는 직선선분의 추출로부터 시작되는데, 직선선분은 인공치아 사이에 존재하는 잇몸의 좌우 범위 및 치아에 대한 위치 정보를 포함하게 되고 이를 기반으로 잇몸의 시작위치 정보를 얻을 수 있다.

2.1.1 직선선분 검출

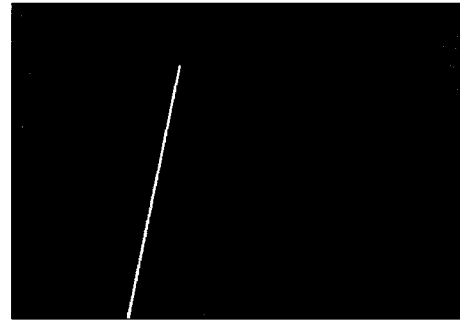
인공치아의 직선선분은 대부분 수직적인 형태를 지니고 있지만, 때에 따라 잇몸에서 인공치아로의 픽셀값 변화량이 크지 못한 경우가 발생함으로 픽셀의 변화값을 그대로 이용한 방법으로는 직선선분 검출에 큰 어려움이 있다. 따라서 (그림 3)(b)와 같이 한 직선의 X-profile이 아닌 상하 5 픽셀의 누적 값을 하나의 값으로 함으로써 해당 픽셀값의 변화량을 크게 하여 이러한 문제점을 해결할 수 있다. 이와 같은 과정을 약 15픽셀 상하간격으로 6개의 X-profile을 획득하고 여기서 얻어지는 6개의 픽셀을 이용하여 각각의 픽셀을 지나는 직선에 대한 기울기를 획득한 후, 그 평균 기울기를 구하고 그 기울기와 한 점을 이용하면 (그림 3)(c)와 같은 인공치아에 대한 직선선분을 검출할 수 있다.

제안한 방법은 치과용 X-ray 영상에 있어 기존의 영상내 구조물의 직선선분 획득에 주로 사용되는 Hough Transform을 이용한 방법보다 더 신뢰성있는 직선선분을 획득할 수 있으며, 또한 많은 연산시간을 필요로 하던 기존 방법의 문제점을 해결하였다.

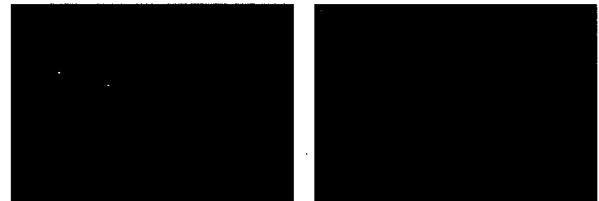
2.1.2 관심영역 검출

X-ray 영상에서 잇몸이 시작되는 주변의 픽셀값은 그 변화도가 매우 미세하여 전역 임계화를 사용하는 기존의 영역분리 방법으로는 변화부위의 검출이 매우 어렵다. 본 논문에서는 미세한 차를 더 크게 함으로써 영역분리에 대한 정보를 획득할 수 있는 누적(summation) 기법을 제안한다. 누적기법의 주목적은 잇몸의 시작 위치를 구별함으로써 관심영역을 획득하는 것으로, 좀 더 신뢰성있는 결과를 갖기 위해서는 영상이 회전되었을 경우 회전기울기에 맞추어 누적기법을 수행하는 것이다. 이를 위해 본 논문에서는 획득된 직선선분을 이용하여 누적기법을 수행할 영역 좌우에

존재하는 치아의 직선에 대한 중간직선을 먼저 획득하고, 중간직선에 수직으로 교차하는 직선의 기울기를 계산하여 중간 직선의 각 점을 이동하면서 수직선분에 해당하는 위치의 픽셀값만을 누적하였다.

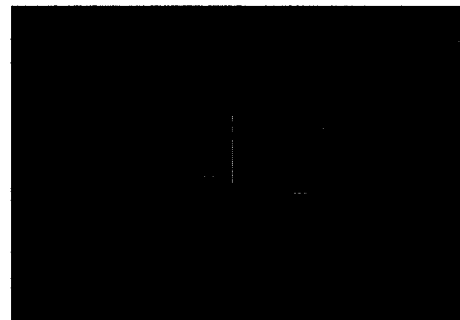


(그림 4) 중간직선을 이용한 누적기법 결과



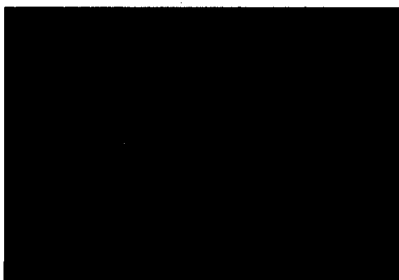
(a) 최초 관심영역 위치 결정 (b) 최초 관심영역 분리

(그림 5) 최초 관심영역 분리

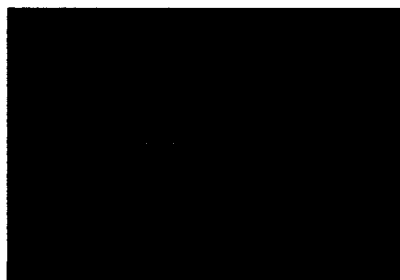


(그림 6) 관심영역 분리

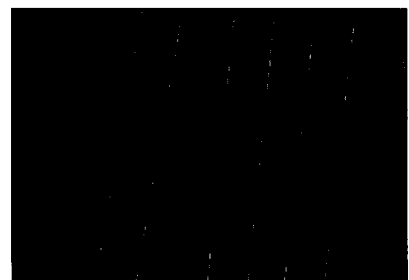
잇몸의 시작영역은 누적평균값 이하인 곳에서 나타나므로 평균이하인 곳을 대상으로 1차원 스무딩을 수행하면 누적값은 잇몸이 시작하는 위치에서 증가하는데, 이 위치를



(a) 1 line X-profile



(b) 5 line summation X-profile



(c) 직선선분 검출

(그림 3) 임플란트 직선선분 검출

잇몸의 시작위치로 한 뒤, 이 정보와 직선선분을 이용하여 (그림 5)와 (그림 6)과 같이 관심영역을 분리한다. 관심영역은 결정된 위치를 중심으로 좌우 20픽셀, 상하 50픽셀의 크기를 갖는다.

2.2 영상 정렬

영상 정렬은 두 영상의 신뢰성 있는 차정보를 얻기 위한 중요한 절차로, 실제 시간차를 두고 촬영된 두 영상내의 구조물이 약간의 위치 및 방위의 차를 가짐으로 이러한 구조물의 위치 및 방위차를 조절하여 정확히 매칭시키는 것을 목적으로 한다.

본 논문에서는 영상 정렬의 가능성을 줄여 정렬 속도를 높이기 위해서 이미 계산된 임플란트의 경계선 정보가 이용된다. 임플란트의 경계선은 비교적 정확한 임플란트의 방위(orientation)와 위치(position) 정보를 제공함으로써 두 영상의 정렬시 계산수를 현저히 줄일 수 있다. 본 연구에서는 계산된 두 영상에서 임플란트의 방위와 오차범위를 이용한 GHT[11] 기반 영상 정합 방법을 채택하였다. 먼저 첫 번째 영상의 관심영역에서 에지를 구하여 참고패턴을 생성하고 두 번째 영상에서 GHT를 이용하여 정합을 수행한다. 이때 누산기(accumulator)의 범위를 계산된 위치와 방위, 그리고 계산된 값의 오차범위를 이용하여 한정함으로써 연산 시간의 단축과 정확성을 높일 수 있다.

2.3 차영상 계산 및 환부 분리

구조적 분석을 통해서 분리된 두 영상에서의 관심영역의 정렬이 완료되면 두 영상간의 변화를 나타내는 차영상을 구하게 된다. 차영상은 식 (2.1)과 같이 정렬된 두 영상의 차의 절대값을 취한 것이다.

$$Sub(x, y) = |ROI(x, y)_{INPUT1} - ROI(x, y)_{INPUT2}| \quad (2.1)$$

여기서  $(x, y)$ 는 영상에서의 각 좌표를 의미하며,  $ROI(x, y)_{INPUT1}$ 는 첫 번째 입력영상에서 분리된 관심영역이고,  $ROI(x, y)_{INPUT2}$ 는 두 번째 입력영상에서의 관심영역이다.

변화가 생긴 부위는 차영상에서 높은 값을 갖게 된다. 그러나 임플란트 주위염이 존재하는 부위가 X-ray 영상에서 어둡게 나타나기 때문에 차영상에서도 변화가 작게 된다. 따라서 일반적인 임계치 방법으로 차영상에서 주위염을 분리하는 것은 거의 불가능하다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위해서 치아구조 분석과정에서 구해진 근사적인 잇몸 경계 정보를 바탕으로 배경과 잇몸을 분리하기 위한 국부적인 임계치를 계산한다. 현 영상에서의 배경과 잇몸 밝기 정보에 근거한 임계치를 사용함으로써 미세한 변화를 갖는 주위염 부위를 검출할 수 있다. 이렇게 얻어진 임계치는 식 (2.2)와 같이 얻어진 차영상에 적용되어 임계화 된다.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } Sub_{ROI}(x, y) > T \\ 0 & \text{if } Sub_{ROI}(x, y) \leq T \end{cases} \quad (2.2)$$

여기서,  $Sub_{ROI}(x, y)$ 는 관심영역에서 얻어진 차영상이고,

$T$ 는 계산된 국부적인 임계치, 그리고  $g(x, y)$ 는 임계화된 영상이다.

구조적 정보를 바탕으로 하는 탐색 영역의 제한과 임계치 결정은 주위염 부위에 적용되므로 영상 전체를 대상으로 하는 전역 임계값을 사용하는 방법과는 달리 불필요한 계산을 줄일 수 있고, 존재 불가능한 영역에서의 주위염 검출 보고를 방지할 수 있다. 이렇게 분리된 주위염 영역은 레이블링(labeling)되어 면적과 둘레가 계산되고 그 결과가 정량적으로 수치화되어 표시된다.

3. 결과 및 비교평가

본 논문에서 제안한 방법은 실용 시스템에서 이용하기 위하여 개발된 방법이기 때문에 저가의 PC와 요즘 보편화되어 사용되고 있는 운영체제인 윈도우즈 2000를 이용하여 구현하였다. 알고리즘 구현에 사용된 시스템은 다음과 같다.

하드웨어(컴퓨터) : IBM-PC 호환기종(PentiumIV 1.7GHz, 256M)  
 소프트웨어-운영체제 : Windows 2000  
 컴파일러 : Visual C++ 6.0  
 알고리즘 개발도구 : MTES[12, 17]

제안된 알고리즘은 Subtraction Radiography를 기반으로 하여 임플란트 이식 시술후 발생되는 주위 골조직의 변화를 빠르게 인식하고 대처하기 위한 방법이다. 그러나 전체 영상을 대상으로 하는 기존의 방법들은 X-ray 입력 환경의 변화에 따른 오류가 발생하여 정확도가 떨어지고, 차영상에서의 임계치 결정에도 많은 어려움이 따른다.

제안된 방법을 4명의 임플란트 시술 환자에게서 얻은 X-ray 영상을 대상으로 실험해본 결과 <표 1>과 같은 수행 결과를 얻을 수 있었다. 전체적으로 영상크기에 비해 빠른 수행시간을 보여주고 있으며, 임플란트 주위염이 존재하는 경우보다 존재하지 않는 경우가 조금 더 빠른 것을 알 수 있었다. 제안된 방법의 목적은 실용 시스템으로의 이용에 있기 때문에 알고리즘의 처리속도 또한, 전체적인 영향을 평가하는데 중요하다.

<표 1> 처리율

	환자A	환자B	환자C	환자D
영상정보	448×663×256b	448×658×256b	660×441×256b	665×450×256b
수행시간(초)	1.918	2.023	2.313	1.603
전체 평균(초)	1.964			

<표 2>은 참고(reference) 필름을 이용하여 매뉴얼에 의해 Subtraction을 수행하는 THREE-STEP 방법[4]과 참고 픽셀(reference point)을 이용하여 영상을 정렬한 후 Subtraction을 수행하는 PERI-IMPLANT 반 자동화 방법[2]을 제안된 알고리즘과 비교한 결과이다. <표 2>에서 보듯이 두 가지 방법과 비교하여 제안된 알고리즘이 정확하게 임플란트 주위 골조직의 변화를 검출할 수 있다.

<표 2> 실험 결과

성공률	방법		THREE-STEP [4]		PERI-IMPLANT [2]	
	제안된	알고리즘				
검출 성공률(%)	99.6	98.9	23.1	11.6	34.1	18.2
오류 검출률(%)	0.4	1.1	76.9	88.4	65.9	81.8
전체 성공률(%)	99.3		17.4		26.2	

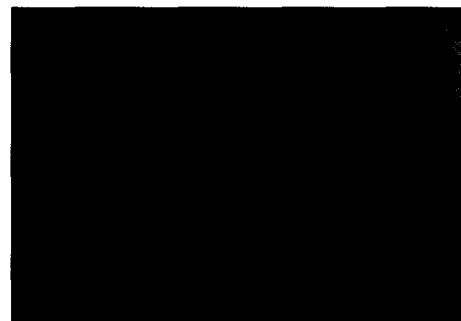
검출 성공률 = 이상이 있는 영역 중 검출한 영역 픽셀수/검출한 전체 영역 픽셀수×100  
 오류 검출률 = 이상이 없는 영역 중 검출한 영역 픽셀수/검출한 전체 영역 픽셀수×100

<표 2>에서 제안된 알고리즘이 상대적으로 높은 성공율을 가지는 이유는 THREE-STEP 방법이나 PERI-IMPLANT 반 자동화 방법의 경우, 영상의 전체적인 매칭과 전역적인 임계치를 사용하므로 실제 골조직의 변화보다 주위 잡음의 변화가 더 크게 검출되므로 실제 환부의 이상 여부보다는 잡음 영역이 상대적으로 크게 나타난다. 그러나 제안된 방법은 관심영역만을 대상으로 하고 국부적인 임계치를 이용하므로 기존의 방법에 비해 임플란트 주위 골조직의 변화만을 정확하게 분리할 수 있다.



Elements	Perimeter	Area	Width	Height	Circular	Rectify	Cent X	Cent Y
1	1	1	1	1	12586	775	261	519
2	1	1	1	1	12586	775	266	68
3	48	48	12	25	218	725	154	63
4	52	32	27	8	148	725	273	64
5	54	297	48	16	608	725	281	72
6	1	1	1	1	12586	775	276	178
7	1	1	1	1	6783	725	287	132
8	1	1	1	1	12586	725	388	134
9	1	1	1	1	12586	725	314	148
10	38	41	7	28	265	725	318	144
11								

(a) 기존 방법의 차정보 표시 영상



Elements	Perimeter	Area	Width	Height	Circular	Rectify	Cent X	Cent Y
1	14	18	5	7	1154	725	392	109

(b) 제안된 방법의 차정보 표시 영상

(그림 7) 차정보 표시 결과(환부에 이상이 없는 경우)



Elements	Perimeter	Area	Width	Height	Circular	Rectify	Cent X	Cent Y
1	30	22	15	17	191	668	333	182
2	40	21	10	21	164	668	489	116
3	2	2	2	2	6283	668	362	120
4	18	14	11	7	542	668	486	121
5	10	7	4	6	879	668	354	123
6	1	1	1	1	12586	668	359	138
7	10	8	6	8	753	668	424	131
8	10	6	2	6	753	668	479	138
9	148	178	13	81	85	668	481	145
10	2	2	1	2	6283	668	424	189
11								

(a) 기존 방법의 차정보 표시영상



Elements	Perimeter	Area	Width	Height	Circular	Rectify	Cent X	Cent Y
1	24	45	7	11	1027	668	148	215
2	42	103	11	19	733	668	428	223

(b) 제안된 방법의 차정보 표시영상

(그림 6) 차정보 표시 결과(환부에 이상이 있는 경우)

(그림 6)과 (그림 7)은 환부에 이상이 있는 경우와 이상이 없는 경우의 결과로, (그림 6)과 (그림 7)의 기존방법은 임계값으로 두 영상의 평균 픽셀값을 사용하였고, Rotation Error 값을 적용하였다. 결과에서 보듯이 부분영상내의 차 영상정보를 관심영역의 추출없이 표시한 영상은 잇몸의 변화뿐 아니라 촬영당시 촬영각 및 대상의 촬영면 변화에 의해 잇몸 영역이외의 차정보가 표시되는 반면, 관심영역을 대상으로 하는 제안된 방법은 잇몸에서의 변화량만이 표시되고 있다. 또한, 제안된 방법은 차정보를 수치적으로 보임으로써 객관적 근거를 제시한다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 치과용 디지털 X-ray 영상에서 Subtraction Radiography를 통한 임플란트 주위염 검출방안을 제시하였다. 제안된 방법은 임플란트의 구조적 분석을 통하여 예상되는 환부를 분리하고, 분리된 환부영역을 중심으로 에

지 기반 정합을 수행함으로써 실제 환부의 이상에 의해 발생할 수 있는 정보 이외의 촬영기기의 프로젝션 방향 및 주변 환경 등에 의한 차정보가 표시되는 문제점을 해결하고, 기존의 수동적인 방법을 통한 결과의 객관성 및 통일성, 정확성에 대한 문제를 해결하였다.

실험결과, 제안된 방안은 신속하고 정확한 임플란트 주위 염 부위의 검출이 가능하였고, 특히 전체적인 정합에서 발생하는 문제점을 해결하여 환부 영역만을 정확히 분리할 수 있다. 그리고 보다 객관적이고 정량적인 결과를 제시할 수 있음을 보여주었다.

이러한 연구를 통해 본 논문은 최근 그 사용도가 점차 증가하는 디지털 방사선 영상에 대한 진단의 자동화를 꾀하였고, 영상정렬에서의 GHT 적용, 영역분리에 있어 Summation 방법 및 직선 선분 추출과 같은 특수용도의 영상에 대해 영상이 갖는 특징을 이용하여 문제를 해결하는 방법론을 제시하였다.

향후 보다 신뢰성 있는 결과를 얻기 위해 다양하고 많은 자료를 바탕으로 한 실험과 수정이 필요하며, 상황이 변함에 따라 발생할 수 있는 여러가지 문제점들이 고려되어야 한다.

**참 고 문 헌**

[1] Bernard Imbert, Jean Meunier, Aldo Camarda and Roni Berbari, "A system for osseointegration quantification in oral implantology," IEEE/EMBS and CMBEC Theme 2 : Imaging, pp.425-426, 1995.

[2] C. C. Leung, P. C. K. Kwok, K. Y. Zee, F. H. Y. Chan, "Estimation of the gray level variations in soft and hard peri-implant tissue from X-ray images," 19th International Conference IEEE/EMBS, pp.802-804, Oct. ~Nov., 1997.

[3] Compend Contin Educ Dent, "Computerized Image Analysis In Density : Present Status and Future Application," Vol.XIII, No.11.

[4] E. H. Verdonshot, A. J. Sanders, A. J. Plasschaert, "A computer-aided image analysis system for area measurement of tooth root surfaces," Journal of Periodontol., Vol. 61, No.5, pp.275-280, May, 1990.

[5] Francesco Bassi, Cristiano Marchisella, Gianmario Schierano, Egon Gasser, "Detection of Platelet-Activating Factor in Gingival Tissue Surrounding Failed Dental Implants", Journal of Periodontal, Vol.72, No.1, January, 2001.

[6] Glenn F. Knoll, "Radiation Detection and Measurement," Wiley, 1988.

[7] Grondahl K, Grondahl H-G, Wennstorm J. and Heijl L., "Examiner agreement in estimation changes in periodontal bone from conventional and subtraction radiographs," Journal of Clinicial Perodontal, 1987.

[8] H. G. Grondahl, K. Grondahl, R. L. Webber, "A digital subtraction technique for dental radiography," Oral Surg., Vol.55, No.1, pp.96-102, January, 1983.

[9] Marjorie K. Jeffcoat, "Radiographic Methods for the

Detection of Progressive Alveolar Bone Loss".

[10] McDonnel, D. Price, "An evaluation of the Sens-A-Ray digital dental image system," Dentomaxillofac, Radiol.22, pp.21-26, 1993.

[11] OK SAM CHAE, "Specialized Parallel Structure For VLSI Implementation of the Hough Transform for Arbitrary Shape Detection," Oklahoma State University, 박사학위논문, 1982.

[12] Ok-sam Chae, Jung-hun Lee, Young-hyun Ha, "Integrated Image Processing Environment for Teaching and Research," Proceedings of IWIE2002, International Workshop on Informations & Electrical Engineering, 2002.

[13] Steenberghe D., Quirynen M., Naert I., Maffei G., Jacobs R., "Marginal bone loss around implants retaining hinging mandibular overdentures, at 4-, 8- and 12-years follow-up," Journal of Clinical Periodontology 2001, 28, pp.628-633, 2001.

[14] "The Development of Dental Clinical Diagnosis System Using Digital Radiography. 치과 임상용 디지털 방사선 진단 시스템 개발에 관한 연구", 최종(2차년도) 연구개발보고서, 연세대학교, 2000.

[15] T. M. Lehmann, H. G. Grondahl, D. K. Benn, "Computer-based for digital subtraction in dental radiography," Dentomaxillofacial Radiology, 29, pp.323-346, 2000.

[16] 이원혁, 안성진, 정진욱, "계층적 관리 구조를 갖는 정보 자원 관리 시스템의 설계 및 구현", 정보처리학회논문지, 2001.

[17] "체계적인 컴퓨터비전알고리즘 관리와 재사용을 위한 영상이해환경에 대한 연구", 최종(2차년도) 연구개발 보고서, 과학재단, 1995.



**안 용 학**

e-mail : yohahn@vision.khu.ac.kr  
 1997년 경희대학교 전자계산공학과(공학 석사)  
 2002년 경희대학교 전자계산공학과(박사 수료)  
 1999년~2000년 한국통신정보기술 GIS 공학연구소 연구원  
 2000년~2004년 송호대학 정보산업계열 조교수  
 관심분야 : 멀티미디어데이터처리, 디지털영상처리, 웹기반기술 등



**채 옥 삼**

e-mail : oschae@khu.ac.kr  
 1982년 오클라호마 주립대학 전기 및 컴퓨터공학(공학석사)  
 1986년 오클라호마 주립대학 전기 및 컴퓨터공학(공학박사)  
 1986년~1988년 Texas Instrument Image Processing Lab. 선임연구원  
 1988년~현재 경희대학교 전자계산공학과 교수  
 관심분야 : 멀티미디어데이터처리, 그래픽데이터처리, 영상처리, Signal Processing 등