

웹 기반 치과 서비스를 위한 CBCT 치아 영상 압축 및 전송

홍성혜¹ · 김정채² · 백진욱³ · 김기덕⁴ · 유선국^{1,5}

¹연세대학교 BK 21 의과학 사업단, ²생체공학협동과정, ³공과대학 컴퓨터과학과,
⁴치과대학 통합진료과, ⁵의과대학 의학공학교실

Compression and Transmission of CBCT Dental Images for Web-based Dental Services

Sung Hye Hong¹, Jung Chae Kim², Jin Wook Baek³, Kee Deog Kim⁴, Sun K. Yoo^{1,5}

¹Brain Korea 21 Project for Medical Science, Yonsei University College of Medicine,

²Graduate School of Biomedical Engineering, Yonsei University,

³Department of Computer Science, Yonsei University College of Engineering,

⁴Department of Advanced General Dentistry, Yonsei University College of Dentistry,

⁵Department of Medical Engineering, Yonsei University College of Medicine

= Abstract =

Due to the development of communication technology, researches which integrate Independent services in the medical field have been continued. In the web-based services, efforts of collaboration and interoperability between systems and services have been increased and the problem of processing large size's medical data has been emerged. Since the mid 1980s, JPEG has been adopted to the international standard and has been used in compressing a variety of multimedia data. However, because of disadvantages such as the impossibility of unifying loss and lossless and blocking after compression, JPEG2000 standard was developed. JPEG2000 provide a variety of features such as high compression efficiency, loss/lossless, and region of interest, etc. Therefore, it has been applied to various fields. In this study, a system which compressed dental images acquired from CBCT was implemented using JPEG2000 for the web-based dental service. To improve transport efficiency, the scalability of JPEG2000 was applied to this system. To evaluate compression performance, PSNR which is a indicator of signal and noise's signal power ratio was used. By comparing the original image and the decompressed image with PSNR and measuring the transfer time of scalability, the feasibility of this system was proven.

Key words: JPEG2000, compression, CBCT, dental service

서 론

정보화와 통신기술의 발달로 의료분야에서도 분산 컴퓨팅 환경에서 이루어지던 서비스를 통합 운영하려는 노력들이 많이 진행되고 있다. 웹은 분산되어 있는 정보에 대해 표준화된 접근과 정보 표현 방법을 제공함으로써 협업을 필요로 하는 의료 서비스의 상호 운영을 가능하게 한다 [1]. 이러한 웹을 통한 서비스를 위해 방대한 의료 데이터를 얼마나 효율적으로 압축하여 에러 없이 빠르게 처리하는가에 대한 문제는 매우 중요하다.

의료 데이터 뿐 아닌 다양한 영상 압축을 위해 1986년에 ISO와 ITU-T에서 제정한 Joint Photographic Expert Group (JPEG)이 국제 표준으로 채택되었고 이후 다양한 멀티미디어 응용분야에 사용되어 왔다 [2]. 그러나 JPEG은 구현이 쉽다는 장점에도 불구하고 손실과 무손실 압축이 단일화되어 있지 않다는 단점을 가지고 있다. 또한 잡음이 많은 저 비트율 환경에서의 성능 열화와 Discrete Cosine Transform(DCT) 후의 압축과정을 수행하여 고압축시 블록화 현상이 심한 문제점을 보였다.

JPEG 표준을 담당하고 있는 ISO/IEC 산하의 JTC1/SC29/WG1 그룹은 JPEG의 이러한 문제점들을 해결하기 위해 JPEG2000이라는 새로운 표준을 개발하였다 [3]. JPEG2000 압축 표준은 기존의 JPEG방식에 비해 높은 압축 효율을 제공할 뿐만 아니라 무손실 및 손실 압축, 다양한 해상도 지원, 임베디드 비트열 생성, 관심영역 부호화 등 압축 시스템에 유용한 여러 기능을 가지고 있다 [4].

본 연구는 웹 기반의 의료 서비스, 특히 디지털 치과 서비스를 위해 JPEG2000을 이용하여 대용량 치아 영상을 압축, 전송함으로써 의료서비스 통합 및 상호 운영에 효율성을 더하고자 하였다. 치과용 고정밀 Cone Beam Computerized

Tomography(CBCT) 시스템을 통해 획득된 DICOM 형식의 환자의 치아, 잇몸, 턱관절 등의 3차원 형상 데이터를 이용하여 압축, 전송함으로써 치과 서비스에 가장 적합한 환경 내 시스템을 구현하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 시스템 구성

Figure 1은 전체적인 시스템 구성을 나타낸다. 웹 기반의 디지털 치과 서비스를 위해 CBCT를 통해 획득한 Dicom 형식의 치아 영상을 JPEG2000을 이용하여 압축하고 효율적인 전송을 위해 Scalability를 적용한 시스템을 구현하였다.

2. 개발 도구 및 환경

시스템 개발을 위한 사용자 인터페이스는 C# 프로그래밍 언어와 Microsoft Visual Studio 2008 개발도구를 이용하여 구현하였다. 대용량 치과 영상 압축을 위해서 JPEG2000 코덱을 제공하는 C언어로 구현된 Jasper 라이브러리 [5]를 이용해 공통의 객체지향형 클래스를 공유하도록 해주는 Common language runtime(CLR) 환경에서 개발하였다.

3. JPEG 2000

JPEG2000은 웨이블릿 변환을 기반으로 하는 새로운 정지 영상압축부호화 국제 표준으로서, 디지털 카메라, 프린터 및 스캔 등에 널리 사용되고 있는 JPEG에 비해 높은 압축 성과 기능을 포함하고 있다.

압축을 위해 원본 영상은 Figure 2와 같이Tiling작업을 통해 정사각형의 블록으로 나뉘는데 이는 메모리 필요조건을 줄이고 독립적으로 복구되어 특정 부분의 디코딩이 가능하게 한다. 이렇게 나누어진 영상은 DC Level Shifting 작업을 통해 넓게 분포되어 있는 데이터의 범위를 줄여 압축 효율성을 높이고, Discrete Wavelet Transform(DWT, 이산 웨이블릿 변환)을 거치게 된다. DWT는 타일 성분의 수평, 수직의 공

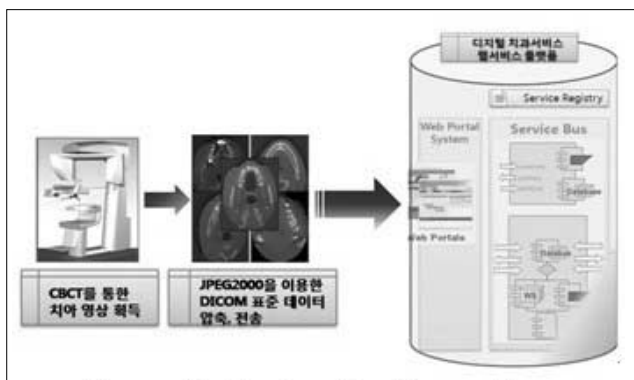


Figure 1. System Configuration

* JPEG2000 표준구조

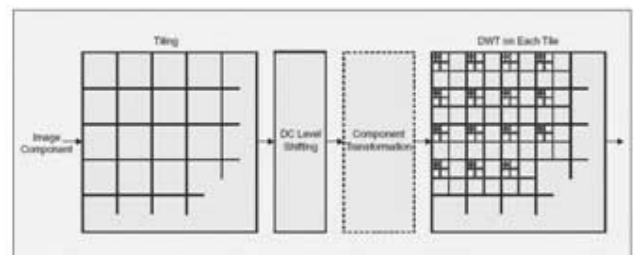


Figure 2. JPEG2000 Preprocessing

간 주파수 특징을 이용하며 Daubechies 9-tap/7-tap 필터에 의한 비가역 변환과 5-tap/3-tap 필터에 의한 가역 변환을 통해 손실/무손실 압축방법을 제공한다.

DWT를 통해 변환된 계수는 Figure 3(a)의 JPEG2000인 코더에서 보듯이 양자화를 거쳐 코드열을 생성하기 전에 엔트로피 부호화 과정을 거친다. JPEG2000의 엔트로피 인코딩은 Embedded Block Coding with Optimized Truncation(EBCOT)과 Arithmetic coding(산술코딩)을 포함한다. EBCOT는 T1, T2 block으로 나눌 수 있다. T1 block은 웨이블릿 변환과 양자화를 거친 sub-band를 EBCOT에서 처리하기 적당한 크기의 code-block으로 나누며 bit-plane으로 분할하여 Significance Propagation Pass, Magnitude Refinement Pass, Clean up Pass의 3가지 pass그룹으로 나누게 되며 Zero Coding(ZC), Sign Coding(SC), Run Length Coding(RLC), Magnitude Refinement(MR)의 4가지 coding방법으로 19개의 Context 중 현 샘플이 해당되는 Context(CX)와 Decision(D)를 추출하게 된다 [6]. 산술부호화는 곱셈연산과 덧셈 연산을 사용하는 Q-coder, QM-coder 대신에 덧셈연산과 쉬프트 연산을 사용하는 MQ-coder를 사용하여 추출된 Context와 Decision을 이용하여 실질적인 압축을 산술 부호화에서 수행하게 된다. T2 block은 T1에서 만들어진 압축된 bit-stream을 주어진 bit-rate에 맞게 데이터를 삭제하거나 주어진 bit-rate를 맞추어 점진적인 SNR Scalability와 Resolution Scalability가 가능하게 압축된 데이터를 재배열 시키는 block이다 [7]. 디코더는 Figure 3(b)와 같이 인코더와 반대 과정을 거쳐 디코딩 된다.

* JPEG2000 주요 특징

JPEG2000 표준은 한 영상의 Region of interest(ROI, 관심영역)를 정의하기 위한 중요한 가능성, SNR와 Spatial Scalability, Error resilience(에러 적응력)와 같은 주요 특징을 보여준다.

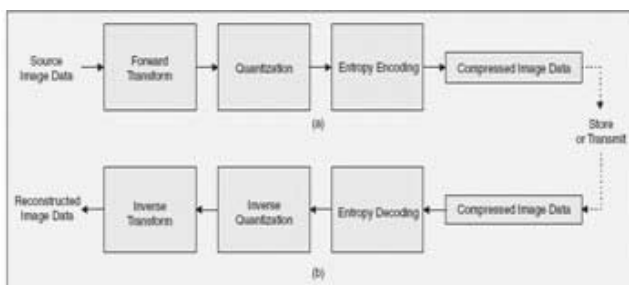


Figure 3. JPEG2000 Encoding/Decoding

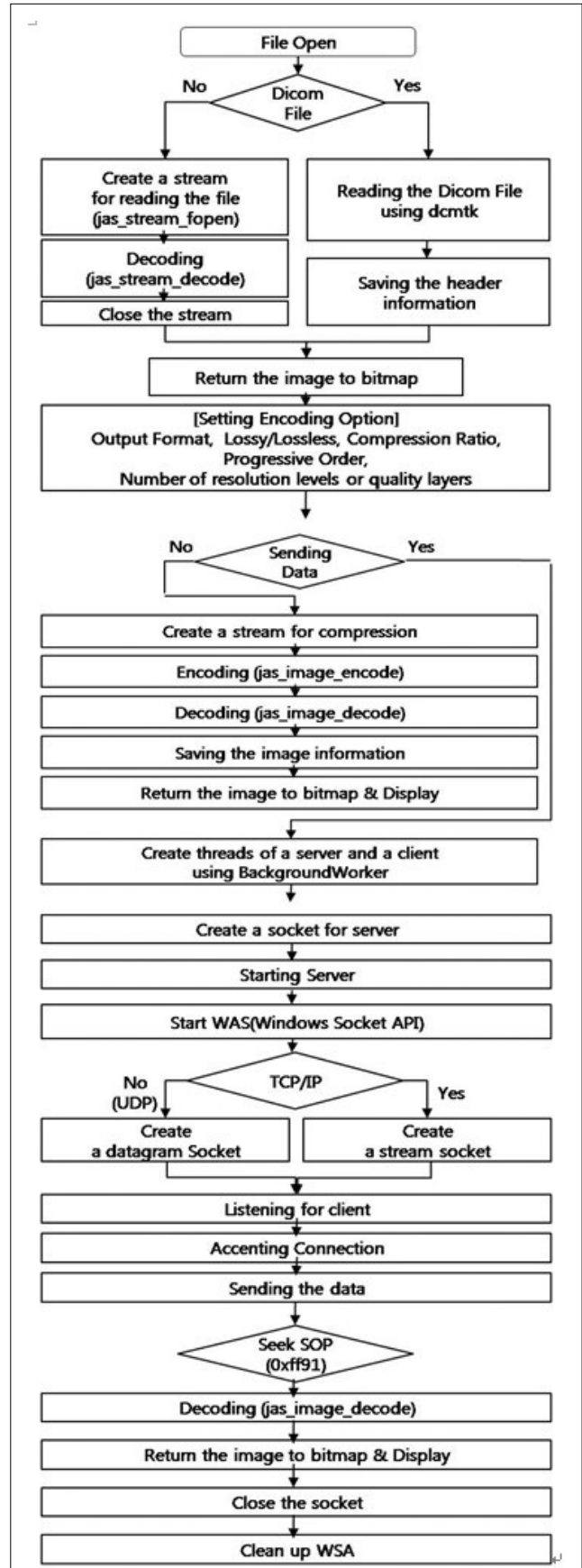


Figure 4. Block Diagram of compression and transform

ROI의 기능은 영상의 특정 부분이 다른 부분보다 높은 중요성을 가진 응용분야에서 이용되며 ROI와 관련된 비트가 배경과 관련된 비트보다 높은 비트 평면에 놓이게 되도록 계수를 이동하는 MAXSHIFT를 이용한다. 또한 JPEG2000은 하위 계층에서 뒤로 더해질 수록 영상의 높은 화질을 재생시키는 SNR Scalability와 대역폭 능력 관점에서 강화 계층으로 갈수록 해상도를 높이며 재생시키는 Spatial Scalability의 두 가지 Scalability의 특징을 가지며, 에러가 나기 쉬운 채널에서 압축된 영상을 보내는 능력을 향상시키기 위해 에러 적응 비트 열 구문을 포함한다.

4. JPEG 2000을 이용한 CBCT 치아 영상 압축 및 전송

본 연구에서는 웹기반의 디지털 치과 서비스를 위해 CBCT로부터 얻어진 DICOM 형식의 대용량 치아 영상을 JPEG2000을 이용하여 압축하고 Scalability를 적용하여 전송하였다.

Figure 4는 JPEG2000을 이용하여 대용량 치아 영상을 압축한 후 전송한 블록 다이어그램을 나타낸다. 인코딩 정보들, 즉 Output Format, 손실/비 손실, 압축률, Progressive Order, 그리고 Resolution levels과 Quality layers등에 대한 값들은 사용자 인터페이스를 통해 입력 받아 인코딩을 하였다. 압축된 파일은 jp2또는 jpc로 저장할 수 있게 구현하였으며, 압축된 이미지 데이터는 원본 이미지와의 비교를 위해 디코딩 후 Bitmap형식으로 변환하여 화면에 표시하였다.

JPEG2000의 주요한 기능인Spatial Scalability와 SNR Scalability를 치아 영상에 적용하여 대용량 데이터 전송에 효율성을 더하고자 하였다. 데이터 전송을 위해 BackgroundWorker 클래스를 이용하여 별도의 전송을 위한 스레드를 생성하고 서버와 클라이언트의 소켓을 생성하여 통신을 가능하게 하였다. 이때 TCP/IP나 UDP에 따라 소켓 생성을 선택하게 하였다. 전송시Scalability를 위해 패킷의 시작을 나타내는0xff91 값의 Start of Packet(SOP)을 찾아 전까지의 데이터를 디코딩하여 실시간으로 이미지를 화면에 표시하였다.

5. 성능 평가 및 실험

압축 성능을 분석하기 위해 신호와 잡음신호의 전력 비율을 정량적으로 나타내기 위한 지표인 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)를 이용하였다. 보통 PSNR이라는 약어로 표시하는데, Figure 5와 같은 식으로 정의되며, 단위는 dB를 사용한다.

PSNR을 이용하여 압축률에 따른 원본 치아 영상과 압축

후 복원된 영상에 대한 차이를 비교하였다. CBCT로 촬영된 치아 데이터 중 512×512, 16bpp의 1채널 영상을 50:1, 25:1, 10:1, 5:1, 2:1의 압축률에 따라 압축한 후 PSNR을 이용하여 원본 영상과 복원된 영상의 차이를 분석하였다. JPEG 2000의 Scalability를 적용한 데이터의 전송 시간도 측정하여 시스템 성능을 알아보았다.

결 과

Figure 5는 JPEG2000을 이용하여 CBCT 치아 영상을 압축한 결과이다. 이미지의 Row, Column, Channel, 그리고 Pixel당 Bit 수에 대한 정보를 표시하였고, 9/7 필터와 5/3필터에 따른 손실/비손실 압축과 압축률을 선택하여 압축할 수 있도록 하였다. 또한 Resolution level을 선택하여 DWT의 level을 조절할 수 있도록 하였다.

Figure 6은 CBCT 치아 영상 데이터에 JPEG 2000 Scalability를 적용하여 전송하여, 디코딩한 후 화면에 표시한 결과이다. (a)는 Spatial Scalability를 적용하여 전송 시 해상도에 따라 표시되는 이미지의 모습을 나타낸다. Resolution levels에 따라 낮은 해상도부터 높은 해상도의 모습으로 순차적으로 증가되며 표시되는 결과를 보였다. (b)는 SNR Scalability를 적용하여 왼쪽부터 하위계층의 영상 화질을 높이며 전송한 모습이다. 영상이 전송됨에 따라 하위계층에서 강화계층으로 화질이 증가되었다.

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right)$$

Figure 5. PSNR Formula

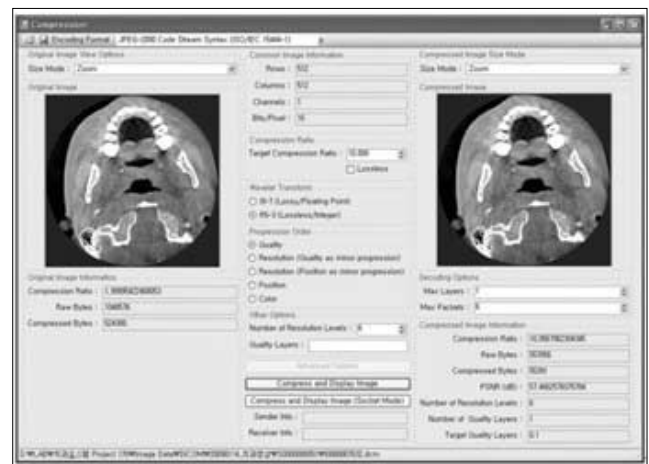


Figure 6. CBCT 치아 영상 압축 사용자 인터페이스

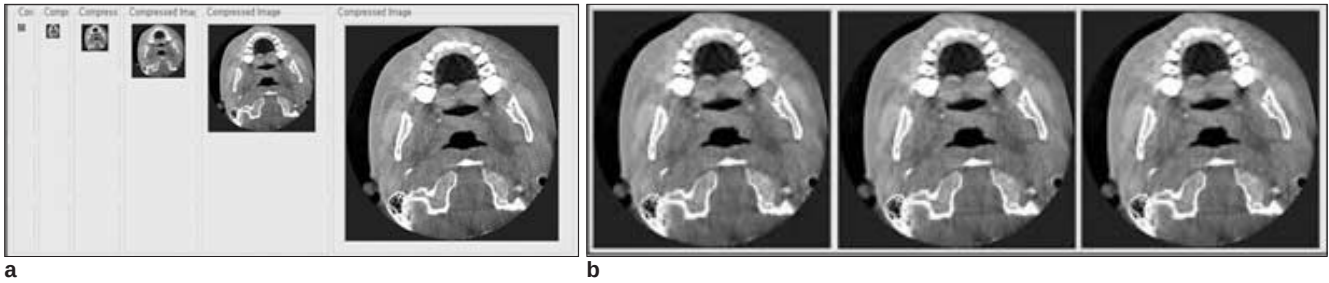


Figure 7. Scalability를 적용하여 전송한 결과

Table 1. 압축률에 따른 PSNR

압축률	PSNR
50:1	44dB
25:1	48dB
10:1	57dB
5:1	69dB
2:1	84dB

치아 원본 영상과 압축 후 복원된 영상과의 차이를 비교하기 위해 압축률에 따른 PSNR 값을 측정하였다.

Table 1은 압축률에 따른 PSNR 값을 나타낸다. 30dB 이상 일 때 인간의 눈으로 두 영상의 차이를 구분하는 것이 어렵다는 연구결과 [8]에 따라 JPEG2000을 이용한 치아 영상의 압축이 문제없음을 확인할 수 있었다.

Figure 8은 치아 영상에 Progressive Order의 Scalability를 적용하여 전송한 시간이다. 최종 강화계층의 데이터를 전송하여 수신 측 화면에 표시될 때까지 6~7초를 넘지 않은 짧은 시간을 보였다.

고찰 및 결론

본 연구에서는 웹 기반의 디지털 치과 서비스를 위해 CBCT를 통해 획득된 환자의 치아 영상을 압축, 전송함으로써 의료 서비스 통합 및 상호 운영에 효율성을 더하고자 하였다. 이를 위해 높은 압축률을 제공하는 JPEG2000을 이용하여 치아 영상을 압축하였다. 다양한 환경과 일정치 않은 데이터 크기 및 형태를 위하여 압축률 뿐 아니라 손실/무손실, 그리고 Progressive Order 등을 설정하여 압축할 수 있게 하였고, JPEG2000이 지원하는 Scalability를 적용함으로써 시스템과 전송환경에 따른 이미지 해상도와 화질을 조절하여 전송 효율을 높였다.

압축 성능을 분석하기 위해 PSNR 지표를 이용하여 압축률에 따른 원본 치아 영상과 압축 후 복원된 영상에 대한 차이를 비교하였다. 512×512 , 16bpp의 1채널 영상의 PSNR값을

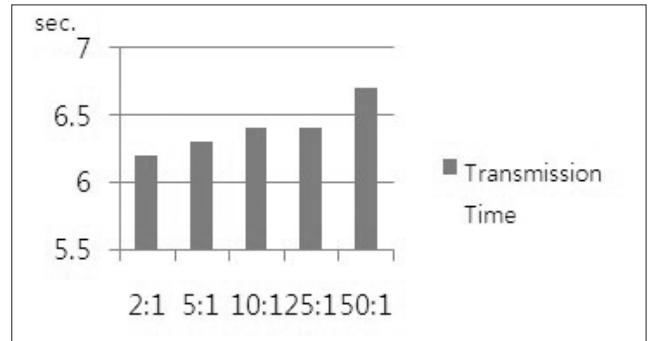


Figure 8. 압축률에 따른 전송시간

50:1, 25:1, 10:1, 5:1, 2:1의 압축률에 따라 측정하여 압축 성능을 확인하였다. 30dB 이상일 때 인간의 눈으로 두 영상의 차이를 구분하는 것이 어렵다는 연구결과를 바탕으로 JPEG2000을 이용한 치아 영상의 압축이 효율적이었음을 알 수 있었다. 또한 치아 영상에 Progressive Order의 Scalability를 적용하여 전송한 시간을 확인하였다. 6~7초의 짧은 시간이 측정되었지만, 이는 Scalability 적용을 위해 로컬 상에서의 소켓 통신을 통해 데이터 송수신을 한 값이며 다른 네트워크 상에서의 전송 시 결과 값에 차이를 보일 것이라 생각된다.

본 연구에서는 웹 기반의 치과 서비스를 위해 JPEG2000을 적용하여 치아 영상을 압축, 전송함으로써 치과 의료 기술 시스템의 상호 연동 및 운영에 공헌을 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

1. Lee KH, Lee KC. The vision and standard activities of web services. Korean Information Science Society 2003;19(1):80-87
2. Rabbani M, Joshi R. An overview of the JPEG 2000 still image compression standard. Signal Processing: Image Communication 2002;17(1):3-48
3. Kim JJ. Still image coding technology with JPEG2000. Journal of computer & communication 2003;1(2)
4. Taubman DS, Marcellin MW. JPEG2000: Image compression fundamentals, standards and practice. 2002;Kluwer Academic Publishers

5. Adams MD. JasPer project home page, <http://www.ece.uvic.ca/~mdamams/jasper/>. 2002
6. Taubman D. High Performance Scalable Image Compression with EBCOT. IEEE transactions on image processing 2000; 9(7)
7. Skodras A, Christopoulos C, Ebrahimi T. The JPEG2000 still image compression standard. IEEE Signal Processing Magazine 2001;18(5)
8. Hashimoto Y, Sampei S, Morinaga N. Channel monitor-based unequal error protection with dynamic OFDM subcarrier assignment for video transmission. Vehicular Technology Conference 2002 56th Proceedings 2002;913-917

= 초 록 =

정보화와 통신기술 발달 등을 통해 의료분야에서도 독립적으로 이루어지던 서비스를 통합하기 위한 연구들이 진행되었다. 웹 기반에서의 시스템 및 서비스 간의 협업과 상호 운영의 노력이 증가함에 따라, 방대한 크기의 의료 데이터의 효율적인 처리 문제가 대두되었다. 1980년대 중순 JPEG이 국제 표준으로 채택되어 다양한 멀티미디어 데이터 압축에 사용되어 왔지만, 손실/무손실의 단일화의 불가능, 압축 후의 블록화 현상 등의 단점으로 인해 JPEG2000 표준이 새롭게 개발되었다. 현재 JPEG2000은 높은 압축 효율과 무손실/손실 압축, 관심영역 부호화 등의 여러 기능을 제공함으로써 다양한 분야에서 응용되고 있다. 본 연구에서는 JPEG2000을 이용하여 CBCT에서 획득한 치아 영상을 웹기반 치과 서비스를 위해 압축하고 전송하는 시스템을 구현하였다. 또한 JPEG2000의 Scalability을 적용하여 전송효율을 높였다. 압축 성능을 평가하기 위하여 신호와 잡음신호의 전력 비율의 지표인 PSNR을 사용하였다. PSNR을 통해 원본 영상과 복원 영상을 비교하였으며 Scalability을 통한 전송시간을 측정함으로써 시스템의 실행가능성을 확인할 수 있었다.