# PACS 환경에서 JPEG2000 압축 영상의 화질 평가

이 용 재
고려대학교 컴퓨터과학기술대학원 정보통신학과
dragj@kumc.or.kr

# Quality Evaluation of JPEG2000 Compressed Images in PACS Environments

Yongjai Lee
Graduate School of Computer Science and Engineering, Korea University

요 약

현재 여러 병원에서 PACS 시스템을 도입해 유용하게 사용하고 있다. 병원 진료에서 방사선 영상 정보는 중요한 위치를 차지한다. 방사선 영상은 관전압(KVP)과 관전류(mAs)로 방사선량을 조절한 후 인체에 조사하여 얻게 되는데, KVP 와 mAs, 인체의 두께에 따라 영상의 질이 변하게 된다. 이와 같이 장비에서 촬영된 영상은 판독을 거쳐 진료에 이용되고 일정한 시간이 지나면 압축하여 보관하게 되는데, 압축율을 높게 적용할수록 저장장치에 대한 경제적인 효과는 크다. 이에 저자는 1) CR, DR 촬영 조건별 흉부 영상을 얻어 JPEG 2000 압축방식을 적용해 촬영조건이 압축영상에 미치는 영향을 평가 하였고, 2) MOS(Mean opinion score) 평가를 통해 영상판독에 영향을 주지 않는 유효 압축율을 제시하였다.

## 1. 서론

정확하게 만들어진 영상은 정확한 치료를 보장한다. 이런 의미에서 진료영상의 중요성은 크다. 기존 필름 방식에서 화질 개선에 대한 연구는 많이 있었다[1][2]. 그러나 PACS환경에서 화질 연구는 미미하다. 본 논문에서는 2가지 방향으로 연구 되었다. 첫째 X-ray 영상은 촬영 조건 설정에 따라 영상의 질이 변화된다[3]. 따라서 저자는 실험을 통해 촬영조건의 변화가 흉부CR, DR 압축영상의 화질에 미치는 영향에 대해 관찰 하였다. 둘째, PACS 시스템에서 영상은, 저장장치의 효율적 사용과 경제적인 이유로 대부분 판독 후 압축하여 보관 하는데 가시적 화질의 저하 없는 적정 수준의 압축율 선택이 중요하다. 저자는 JPEG2000을 적용 영상압축 실험을 통하여 흉부CR, DR 영상의 유효 압축율을 제시한다. 논문의 구성은 1절 서론, 2절 관련연구, 3절 실험 방법, 4절 실험 결과, 5절 결론 및 향후 과제, 참고문헌으로 구성하였다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 PACS와 영상 압축

PACS(Picture archive and communication system in medicine)는 ACR-NEMA 에서 표준으로 제시한 DICOM(Digital image and communication in medicine) 규약에 따라[4] 각 장비에서 획득된 디지털 의료영상을 저장 장치에 저장 후 검색하여 판독하며 진료에 이용 하는 시스템이다[5][6]. 판독된 영상은 압축하여 보관 하는데, JPEG 을 많이 사용한다. 적정 압축율에 대한 제시도 있다[7][8]. 하지만 JPEG 압축 방식은 계단잡음 (staircase noise) 과 격자 잡음(grid noise) 이 있어[9] 압축율이 높아 질수록 화질은 현저하게 떨어진다[10]. 그래서 일부 병원은 DICOM WG4에서 DICOM영상 압축표준으로 채택한 JPEG2000을 영상압축 방법으로 적용하고 있다[11].

### 2.2 JPEG2000

JPEG2000은 국제통신연합(ITU)-R SG8과 ISO/IEC JTC1/SC29/WG1에서 총 12개 Part로 구성 하여, 2000년 Part 1 ISO/IEC 15444-1:2000의 공표를 시작으로 표준을 제정하고 있으며, 구조는 그림 1과 같다.

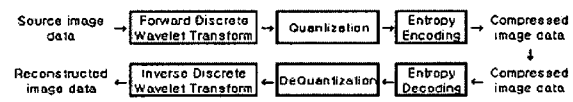


그림1. JPEG2000의 구조

#### 2.2.1 전처리

압축을 위한 준비 작업으로 입력 영상을 Tiling 하고, 컬러스페이스 변환, 필터링, 컬러 서브샘플링 한다. 컬러스페이스 변환은 입력 영상의 컬러모델을 변환 하는 것이다. 즉 RGB모델을 YCbCr 모델로 변환 하는 것이고, 필터링은 잡음을 제거해서 압축율을 높이기 위한 과정이고, 컬러 서브샘플링은 YCbCr 모델에서 인간의 눈에 덜 민감한 Cb, Cr 정보량을 줄이게 된다.

#### 2.2.2 이산 Wavelet 변환

전처리 과정을 거친 Tile들은 Wavelet 변환을 하게 되

는대 먼저 열 방향으로 고주파 통과 필터와, 저주파 통과 필터를 적용한 후 다시 행 방향으로 고주파 통과 필터와, 저주파 통과 필터를 적용하게 된다. 이것이 DWT 1단계를 수행한 것이고, 결과적으로 그림 2에서 보는 바와 같이 대각선 방향의 에지 영상과(HH), 수직 방향의 에지 영상(HL), 수평 방향의 에지 영상(LH), 해상도만 줄어든 영상(LL)로 분해된다. 여기서 LL에 대해서 위의 과정을 반복 하면 분해 레벨을 올릴 수 있다.

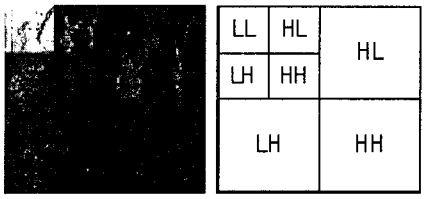


그림 2. Wavelet 영상 분해

2.2.3 양자화

실질적인 데이터 손실이 발생하는 단계이다. JPEG2000에서는 스칼라 양자화를 사용하는데, 원 영상으로부터 8×8블록의 영상이 입력되면 아래 식에 의해 양자화가 된다. 여기서 $Sq_{uv}$는 양자화된 값이며, $Q_{uv}$는 양자화 테이블의 값이고,$S_{uv}$는 변환된 영상 데이터 값이다.

$$Sq_{uv} = \text{round}\frac{Suv}{Quv}$$

2.2.4 엔트로피 코딩

영상 압축의 마지막 단계로 무손실 압축을 진행한다. JPEG2000에서는 EBCOT(Embedded Block Coding with Optimized Truncation)알고리즘을 사용한다. DWT를 통한 그림 2와 같은 서브밴드들은 최대 64×64의 코드 블록으로 나뉘어 독립적으로 부호화를 수행한다. 이후 ZC(Zero Coding), SC(Sign Coding), MR(Magnitude Refinement), RLC(Run-Length Coding)로 산술부호화 하고 비트 스트림을 생성한다.

## 3. 실험 방법

3.1 실험 재료

* FUJI IP Cassette Type-C (14" * 17" ).
* FUJI FCR5000 Plus.
* Hologic DR 1000C.
* SIMENS MULIIX UPH
* Infinitt Piview star 5052 Version.
* Imagepro Analysis tool.
* Dicom image compressor.
* Human chest phantom.
* Acryl phantom 5Cm.
* Grid 10 :1, 12 :1,
* Barco Coronis CB 5MP Monitor

3.2 실험 순서

1) 그림 3과 같이 X-ray 노출 준비를 한다. 여기서 좌측 그림이 X-ray 발생 장치이고, 중앙이 흉부 Phantom 이고 Phantom 앞의 사각형 판이 X-ray Detector가 있는 Holder이다. 그리고 우측이 획득 영상이다.
2) 관전압을 100KVP로 하고 mAs를 2,4,6,8,10으로 변환하면서 흉부 Phantom 영상을 얻는다.
3) 관전압을 120KVP로 하고 위와 같이 영상을 얻는다.
4) 관전압을 140KVP로 하고 위와 같이 영상을 얻는다.
5) 2~4의 과정을 CR & DR 장비에서 Phantom 두께20Cm, 25Cm에서 각각 실행한다.
6) 위에서 얻어진 각 조건별 영상을 JPEG2000 압축방식을 이용해 10 :1, 30 :1, 50 :1, 80 :1, 100 :1 압축 한다.
7) 각 압축영상의 Raw Data를 얻는다.
8) 얻은 Raw Data를 이용해서 PSNR값을 구한다.
9) 각 조건별 PSNR값을 비교 평가한다.
10) 각 장비의 실제 흉부 영상을 얻는다.
11) 흉부 영상을 각 압축비로 압축 후 관찰자를 통한 MOS평가하여 유효 압축율을 제시한다.

그림 3. X-선 조사와 획득영상

## 4. 실험 결과

표 1. CR 압축영상, KVP에 따른 PSNR의 변화(dB)

| KVP | 압 축 율 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 10:1 | 30:1 | 50:1 | 80:1 | 100:1 |
| 100 | 26.67 | 24.66 | 24.23 | 23.78 | 23.67 |
| 120 | 27.53 | 25.31 | 24.83 | 24.4 | 24.29 |
| 140 | 27.64 | 25.44 | 24.78 | 24.57 | 24.45 |

(Phantom두께25Cm, 6mAs)

표 2. CR 압축영상, mAs에 따른 PSNR의 변화(dB)

| mAs | 압 축 율 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 10:1 | 30:1 | 50:1 | 80:1 | 100:1 |
| 2 | 27.1 | 24.29 | 23.78 | 23.32 | 23.14 |
| 4 | 26.92 | 24.78 | 24.41 | 23.92 | 23.82 |
| 6 | 27.53 | 25.31 | 24.83 | 24.4 | 24.29 |
| 8 | 28.69 | 25.9 | 25.27 | 24.81 | 24.68 |
| 10 | 28.78 | 26.13 | 25.53 | 25.18 | 24.98 |

(Phantom두께 25Cm, 120KVP)

표 3. CR 압축영상, 두께에 따른 PSNR의 변화(dB)

| 두께 | 압 축 율 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 10:1 | 30:1 | 50:1 | 80:1 | 100:1 |
| 20 Cm | 29.88 | 27.08 | 26.47 | 26.16 | 25.87 |
| 25 Cm | 27.53 | 25.31 | 24.83 | 24.4 | 24.29 |

(120KVP, 6mAs)

CR장비 전체 실험에서 PSNR값은 23 이상 이었다. 표 1에서 KVP가 높아 질수록 PSNR값은 높았고, 압축율이 높아 질수록 PSNR값은 저하된다. 그리고 표 2에서 mAs량이 증가하면 각 압축율의 PSNR값도 높게 나타났고, 30:1 압축 이상에서 mAs를 1단계 올리면 압축율을 1단계 올린 영상과 화질이 유사했다. 표 3에서 Phantom의 두께가 두꺼울수록 PSNR값은 저하해 화질이 떨어진다.

표 4. DR 압축영상, KVP에 따른 PSNR의 변화(dB)

| KVP | 압 축 율 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 10:1 | 30:1 | 50:1 | 80:1 | 100:1 |
| 100 | 26.71 | 21.21 | 33.98 | 29.77 | 29.12 |
| 120 | 23.44 | 33.5 | 25.54 | 25.32 | 25.29 |
| 140 | 24.52 | 29.39 | 25.44 | 25.2 | 25.07 |

(Phantom두께 25Cm, 4mAs)

표 5. DR 압축영상, mAs에 따른 PSNR의 변화(dB)

| mAs | 압 축 율 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 10:1 | 30:1 | 50:1 | 80:1 | 100:1 |
| 2 | 24.62 | 27.93 | 22.42 | 21.8 | 21.73 |
| 4 | 23.44 | 33.5 | 25.54 | 25.32 | 25.29 |
| 6 | 24.29 | 22.49 | 21.52 | 20.77 | 23.22 |
| 8 | 21.49 | 31.63 | 29.63 | 26.61 | 26.33 |
| 10 | 24.77 | 23.38 | 22.76 | 22.07 | 23.7 |

(Phantom두께25Cm, 120KVP)

표 6. DR 압축영상, 두께에 따른 PSNR의 변화(dB)

| 두께 | 압 축 율 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 10:1 | 30:1 | 50:1 | 80:1 | 100:1 |
| 20 Cm | 27 | 21.37 | 28.04 | 27.46 | 27.27 |
| 25 Cm | 23.44 | 33.5 | 25.54 | 25.32 | 25.29 |

(120KVP, 4mAs)

표 7. CR, DR 흉부 압축영상의 MOS 평가

| 영상 | 압축율 | 관 찰 자 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 평균 |
| CR | 10:1 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.9 |
| | 30:1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4.8 |
| | 50:1 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4.6 |
| | 80:1 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4.4 |
| | 100:1 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4.2 |
| DR | 10:1 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.8 |
| | 30:1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4.8 |
| | 50:1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4.7 |
| | 80:1 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4.2 |
| | 100:1 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4.2 |

DR 압축영상은 PSNR의 방향성은 뚜렷하지 않았고, 값은 21 이상이었다. 결과적으로 CR영상인 경우 mAs량과, KVP가 높고, Phantom의 두께가 얇아지면 화질에 긍정적으로 나타났다. DR영상의 경우 방향성이 명확하지 못해 추가적인 연구가 필요하다 생각한다. CR, DR영상의 압축율에 따른 PSNR값을 보면, 30:1이상의 압축율에서 PSNR의 차이는 미미했고, MOS평가는 100:1 압축 영상에서도 평균 4.2 이상으로 원본과의 차이가 아주 적은 것으로 나타났다. (실험 결과치는 지면의 제한상 일부만 올림)

## 5. 결론 및 향후 과제

압축 영상의 화질 향상을 위해 KVP와 mAs를 높게 하거나 흉부의 두께가 얇은 것이 효과적이다. 그리고 MOS평가 결과 JPEG2000은100:1압축에서도 화질이 우수해 기존 10:1수준의 JPEG압축보다 좋은 화질을 유지 하면서도 저장장치 투자비용을 대폭 줄일 수 있다. 위의 결과에서 나타난 바와 같이 PACS 환경에서 JPEG2000 압축방식 적용은 꼭 필요한 작업이다. 다만 좀더 폭 넓은 적용을 위해 환자의 상태나, 질환별, 촬영 부위별로 좀더 많은 변수를 고려한 연구가 필요하다고 생각한다.

## 참고문헌


[1] 김정민,김동현," 흉부촬영에서 증감지-필름계의 선질변화에 따른 감도와 화질에 관한 연구," 대한방사선기술학회지 회지, Vol.15, No.1, pp.65-7, 1992.

[2] 허준," 폐암의 방사선진단과 흉부 X선 사진의 화질관리," 대한방사선기술학회지, Vol.18, No.2, pp.15-22, 1995.

[3] 李晚求,林太郎,石田有治," 흉부질환의 화질과 피폭을 고려한 촬영조건의 연구," 대한방사선기술학회지, Vol.20, No. 2, pp.56-62,1997.

[4] American College of Radiology, National Electrical Manufacturers Assosation.:Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM): version 3.0, PART1, introduction and overview, PS 3.1,1999.

[5] 임재훈," PACS 의 정의와 도입의 필요성," 대한 PACS 학회지, Vol.1, pp.13-18,1995.

[6] 임재훈,박원식,안중모,김삼수,정환,최형식," PACS 의 경제성 분석," 대한 PACS 학회지, Vol.6, No.1, pp.9-18,2000.

[7] 차순주,김용훈,김형석,황윤준,김수영,허감,이동호,정귀원," PACS 에 이용되는 압축영상의 화질평가 4K 고해상도 CR영상의 장기저장을 위한 적정 압축율," 대한 PACS 학회지, Vol.7, No.1, pp.9-12, 2001.

[8] 박승철,박순만,최승욱,권동진,배준오,정환훈,노택수,홍기택,강호영," 3 가지종류 CR 영상의 DICOM JPEG 압축율 비교와 시각적으로 손상이 되지 않는 비가역 영상 압축에 대한 평가," 대한 PACS 학회지, Vol.6, No.2 호, pp.91-95, 2000.

[9] ISO/IEC/JTC1/SC1/WG8, JPEG technicall specificatl on Revision 8, 1990.

[10] Kiryung Lee, Dong Sik Kim, senior Member IEEE, and Taejeong Kim," Regression-Based Prediction for Blocking Artifact Reduction in JPEG-Compressed Images," IEEE Trans Image Processing, Vol.14, No.1, pp36-48, 2005.

[11] 김은경," 구내디지털방사선영상의 JPEG 과 Wavelet 압축방법비교," 대한구강악안면방사선학회지, Vol.6 권, No.3, pp.117-122, 2004.