

구강 내 촬영용 센서의 정량적 평가

정재호¹ · 정재은² · 강희두¹ · 나극환¹

¹광운대학교 전자공학과 · ²남부대학교 디지털경영정보학과

Quantitative Analysis for Digital Intraoral Sensor

Jae Ho Jung¹ · Jae Eun Jung² · Hee Doo Kang¹ · Keuk Hwan Ra¹

¹Department of Electronic Engineering, Kwang Woon University ·

²Department of Digital Management and Information, Nambu University

Abstract

Carried out an experiment for quantitative evaluation about intraoral sensor among oral dental imaging equipments in PACS environment. For evaluation, testing environment & evaluation criteria are established that refer to the 'IEC 62220-1-2' and experimented with set up the standard radiation penetration that correspond with RQA-3(IEC 61267). Results of experiments using the image J, derived the ESF(edge spread function), LSF(line spread function) and calculated the MTF(modulation transfer function) finally. As a result, the MTF that 0.1, 0.2sec are 10% about 10 lp/mm and 0.32 sec is the 10% about 9 lp/mm in level represents the value of the MTF. Change of scan condition in dental environmental, according to the MTF value taken note that no changes can be seen enough. However, the dimensions of each other size 1(1200×1600), size 2(1440×1920) intraoral sensors for 3 lp/mm, respectively 40%, 90% of the note might have been the difference between the value of MTF, in accordance with standard sensors might note differences could be observed.

Key Words : Intraoral sensor, Image Evaluation, MTF(modulation transfer function)

I. 서론

본 연구는 PACS 환경에서 치과 의료기관의 영상장비들 중 구강촬영용 센서 영상에 대한 정량적 평가를 위한 실험방법 과 실험영상에 대한 평가 기준에 대한

연구이다. 일반 X선 영상에 대한 정량적 평가방안으로서 DQE와 MTF를 많이 이용하고 있지만 치과 구강 내 촬영 영상의 정량적 평가방법에 대한 기준이 없어 본 실험에서는 디지털 치과구강 내 촬영센서에 대한 MTF를 측정하여 장비별, 병원별 결과 값을 비교하고자 하였다. 실험의 근거는 'IEC 62220-1-2'를 참조하였으며 언급되지 않은 사항은 실제 임상 촬영환경을 유지할 수 있도록 하였다. 우리는 LSF(line spread function)의 적합한 샘플화를 위해 푸리에 변환(FT)을 수행하였고, 텅스텐 plate를 이용한 edge method를 사용하여 측정하였다. 합성적 푸리에 변환은 제한적 영역 내에 합성적 푸리에 변환값을 분할/분포시킴으로써 응용화 될 수 있는데 이것은 사전 MTF 샘플링을 제공하기 위한 주파수 영역내의 싱크함수(sinc function)를 이용한다.

이 논문은 2009년 7월 27일 접수하여 2009년 9월 24일 채택되었음.
본 연구는 2009년도 식품의약품안전청 용역연구개발 사업의 연구비(과제번호 09142 방사선 511)지원에 의해 수행되었음.

Corresponding Author: 나극환

(139-701) 서울시 노원구 광운길 26

광운대학교 전자공학과

Tel: 02) 940-5117 Fax: 02) 942-5235

E-mail: khra@kw.ac.kr

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

치과방사선 영상의 물리적 평가연구를 위해 2개 회사 3개 병원을 대상으로 intraoral sensor를 MTF측정을 실시한다.

1) KODAK intraoral sensor 특성 및 제원

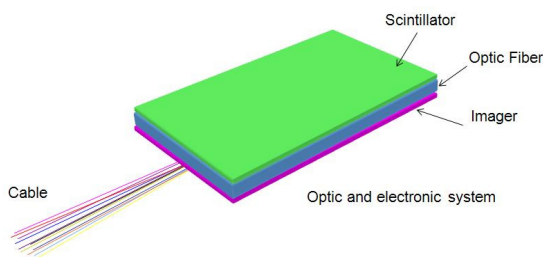


Fig. 1. 실험대상 Intraoral sensor의 특성 및 제원

Table 1. KODAK intraoral RVG6100 sensor의 제원

구 분	Size 1	Size 2
Active Surface	22×30 mm	27×36 mm
Matrix	1200×1600	1440×1920
Resolution	>20 lp/mm	>20 lp/mm
Pixel Size	18.5microns	18.5microns
Image archiving	12bits	12bits



Fig. 2. KODAK Intraoral sensor(size 1, size 2)

2) SIRONA intraoral sensor 특성 및 제원

(1) SIRONA intraoral sensor

Table 2. SIRONA intraoral sensor의 제원

구 분	XIOS plus
Active Surface	20×30mm
Pixel Size	15microns
image archiving	12bit

2. 연구방법

Digital imaging system의 주파수반응(frequency response)을 묘사하는 presampling MTF는 영상의 선예도(Sharpness)를 평가하는데 많이 사용하며, MTF는 영상시스템의 정량적인 분해능을 관측할 수 있고 고주파 성분의 값이 많을수록 시스템 전체의 선예도가 우수함을 판정할 수 있는 요소이다[2]. 측정방법은 Hiroshi Fujita에 의해 정의가 되어있는 slit method[3]를 이용하여 MTF를 측정한다. 본 연구에서는 CMOS 기반의 치과용 internal oral 디지털 방사선센서를 대상으로 MTF(modulation transfer function)를 측정하였다. 여러 MTF측정 방법 중 본 연구에서는 edge method를 이용하여 시스템의 정확한 해상도를 측정하였다. IEC 62220-1에 의한 일반촬영용 edge method의 시험도구에 대한 규정은 제정되어 있으나, 치과용 Internal Oral 디지털 방사선 센서에 대한 시험도구는 규정되어 있지 않다. 따라서 본 연구를 위해 텅스텐(4×2 cm)과 납판을 특수 제작하여 시험에 이용하였다. Intraoral sensor에서 획득된 영상의 질을 평가하기 위해 RQA-3(IEC 61267)에 해당하는 표준방사선 침투력을 설정하였으며[4] 이는 X선속 내에 10 mm 알루미늄(Al)필터를 위치시킨 다음 필요로 하는 3.7 mm의 반가층(HVL)을 얻기 위한 튜브 관전압을 조정하는 것으로 이루어진다. 시험 장비는 텅스텐 두께 1 mm, 가로 2 cm, 세로 4 cm의 사이즈로 절단한 텅스텐 판을 사용하였으며 X선관은 SIRONA사의 Heliodent DS를 사용하였으며 시험 조건은 tube voltage 60 kv, Tube current 7 mA, Exposure time 0.1 mAs, 0.2 mAs, 0.32 mAs에서 각각 4회 이상 촬영하여 그 평균값을 산출하여 계산하였다. 또한, 관구에는 2 mm Al 필터가 설치되어 있다. 실험 시 edge는 pixel

matrix와 약간의 각도(1.3°~3°)를 두고 위치시키고 정교하게 sample된 edge spread function(ESF)을 구하기 위해, edge로부터 거리에 대한 pixel value를 작성한다. Edge spread function의 미분은 edge에 수직인 LSF이며, LSF의 Fourier transform이 MTF값이 되는 것이다. 이러한 복잡한 계산과정을 보다 더 간단하게 처리하기 위하여 image J 1.41 버전을 이용하여 MTF값을 수월하게 얻을 수 있다.

전통적으로 MTF는 다음의 두 가지 식으로 설명된다 [5].

- 1) 주파수를 함유한 input에 대한 주파수 함유 output의 비

$$MTF(u, v) = \frac{|FT_{out}(u, v)|}{|FT_{in}(u, v)|}$$

- 2) 시스템에 입력된 delta function에 대한 Fourier 크기

$$MTF(u, v) = |OTF(u, v)|$$

여기서, OTF(u,v)는 Optical Transfer Function 즉 PSF의 Fourier Transform(FT)이다.

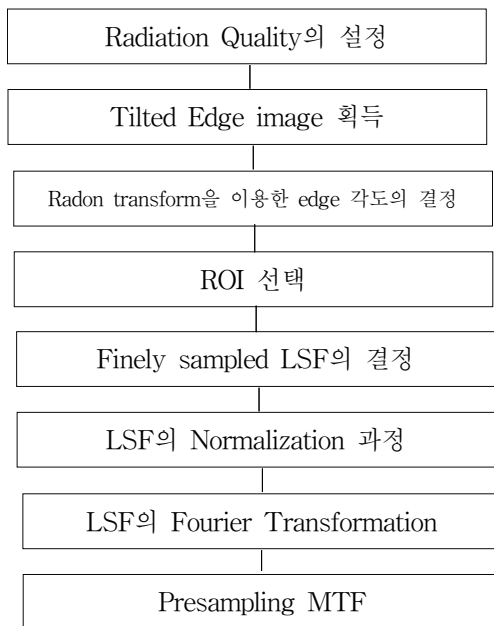


Fig. 3. Presampling MTF를 측정하기 위한 과정

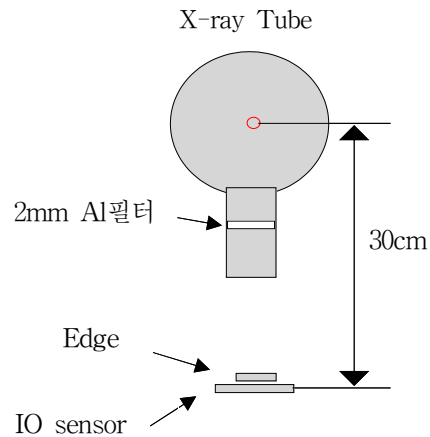
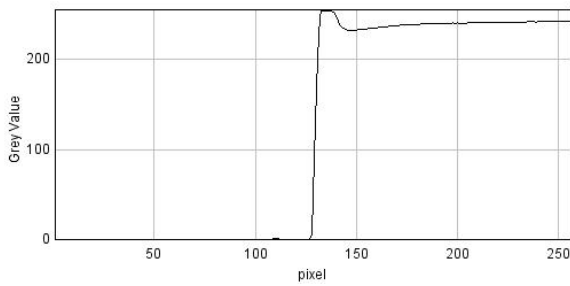


Fig. 4. MTF 측정 실험 구성도

III. 결 과

Tube voltage 60 kVp, tube current 7 mA, Exposure time 0.1 mAs, 0.2 mAs, 0.32 mAs에서 각각 4회씩 측정하여 그 평균값을 획득한다. 각 시행된 실험의 결과 값은 Image J를 이용하여 ESF(edge spread function), LSF(line spread function)을 도출한 후 MTF(modulation transfer function)을 산출한다. 이를 바탕으로 치과용 intraoral 센서 촬영용 장치에서 유일하게 촬영조건이 변경가능한 mAs를 변경하여 그 추이를 알아보았다. 그 결과 MTF는 0.1, 0.2 sec의 경우 10 lp/mm에서 10%정도이며 0.32 sec의 경우 9 lp/mm에서 10% 정도의 MTF값을 나타낸다. 치과 환경에서 촬영조건에 따른 MTF값의 유의할 만한 변화는 없다고 볼 수 있다. 하지만 각각의 규격이 다른 size 1(1200×1600), size 2(1440×1920) intraoral 센서의 경우 3lp/mm에서 각각 40%, 90%의 유의할 만한 차이를 보이고 있어 센서 규격에 따른 MTF값의 유의할 만한 차이를 관찰 할 수 있었다. 또한, 각각 3개병원의 비교 실험에 있어서는 동일한 실험 조건(kVp, mAs, 거리)에서 실험한 MTF값은 거의 비슷한 결과를 나타내며 검사조건의 미세한 차이에 따른 변화는 거의 없다고 보여 진다.



0.1mas

Fig. 5. 60kVp 7mA 0.1mAs ESF(edge spread function)

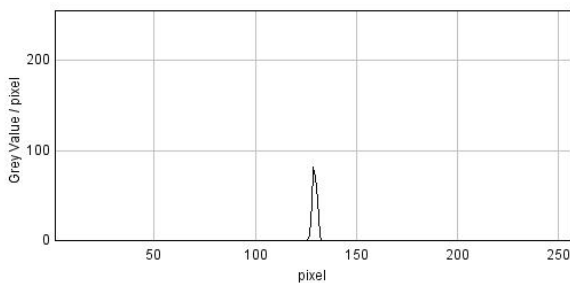


Fig. 6. 60kVp 7mA 0.1mAs LSF(line spread function)

Table 3. mAs 차이에 따른 plot values

cycles/pixel	0.1mAs	0.2mAs	0.32mAs
0	1	1	1
0.03333334	0.962942674	0.962942674	0.952942674
0.06666667	0.922942674	0.922942674	0.902942674
0.1	0.867942674	0.814213216	0.81937624
0.13333334	0.749186933	0.735256612	0.5906533
0.16666667	0.597046971	0.579037845	0.445747435
0.2	0.398193806	0.390101016	0.303632468
0.23333333	0.274678469	0.265357167	0.174584389
0.26666668	0.172198117	0.170676038	0.097309642
0.30000001	0.06765826	0.066841587	0.049816765
0.33333334	0.050699271	0.044253182	0.060037173
0.36666668	0.059567709	0.041106958	0.054001015
0.40000001	0.06634599	0.046641495	0.04987298
0.43333334	0.080726646	0.056945931	0.059277046
0.46666667	0.070136771	0.047372416	0.048367638
0.5	0.056922011	0.037590403	0.036211062

Table 4. Sensor의 규격(size1, size2)에 따른 병원별 plot value

Cycles/pixel	Size2(A병원)	Size1(A병원)	Size2(B병원)	Size1(B병원)
0	1	1	1	1
0.03333334	0.962942674	0.718258381	0.977837372	0.687303841
0.06666667	0.922942674	0.418955803	0.96118494	0.436532944
0.1	0.814216216	0.318312794	0.878343463	0.313442171
0.13333334	0.735256612	0.210771963	0.800078483	0.224001303
0.06666667	0.579037845	0.173575461	0.582664242	0.170099765
0.2	0.390101016	0.122331209	0.466733485	0.127033174
0.23333333	0.265357167	0.102624565	0.338963866	0.103358366
0.26666668	0.170676038	0.072447218	0.178224578	0.078122146
0.30000001	0.066841587	0.061447639	0.086049348	0.060451053
0.33333334	0.044253182	0.041407347	0.027043927	0.048746448
0.36666668	0.041106958	0.034876931	0.052672472	0.036229212
0.40000001	0.046641495	0.02654935	0.066707388	0.030526381
0.43333334	0.056945931	0.023754122	0.073912449	0.028168952
0.46666667	0.047372416	0.012938542	0.080067448	0.021876084
0.5	0.037590403	0.019683098	0.023672817	0.073408075

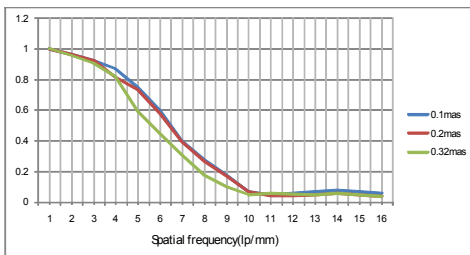


Fig. 7. mAs차이에 따른 MTF값의 변화

Table 5. 3개병원의 각 병원별 sensor plot value

Cycles/pixel	A 병원	B 병원	C 병원
0	1	1	1
0.03333334	0.962942674	0.977837372	0.960755634
0.06666667	0.922942674	0.961184943	0.901828108
0.1	0.814213216	0.878343463	0.849252641
0.13333334	0.735256612	0.800078483	0.736425102
0.16666667	0.579037845	0.592664242	0.534537487
0.2	0.390101016	0.466733485	0.468039882
0.23333333	0.265357167	0.338963866	0.279777164
0.26666668	0.170676038	0.178224578	0.171885548
0.30000001	0.066841587	0.086049348	0.060649583
0.33333334	0.044253182	0.027043927	0.038987694
0.36666668	0.041106958	0.052672472	0.054996321
0.40000001	0.046641495	0.066707388	0.047453632
0.43333334	0.056945931	0.073912449	0.028042722
0.46666667	0.047372416	0.080067448	0.090445273
0.5	0.037590403	0.023672817	0.084349252

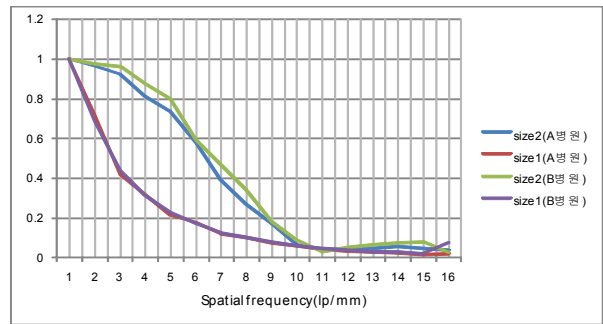


Fig. 10. Sensor의 규격(size1, size2)에 따른 MTF비교 (A, B병원)

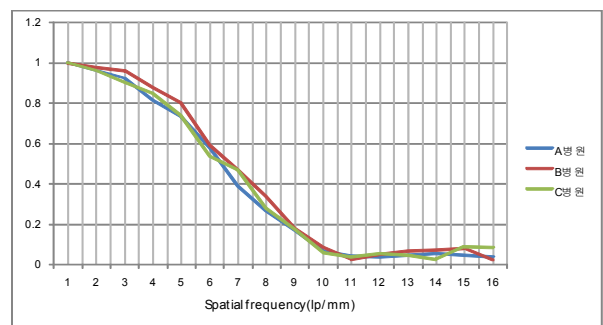


Fig. 11. 3개병원의 각 병원별 sensor의 MTF비교

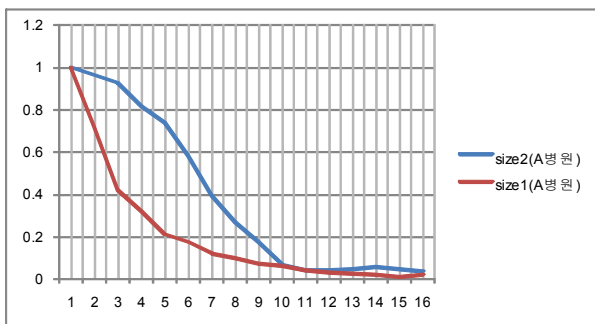


Fig. 8. Sensor의 규격(size1, size2)에 따른 MTF비교(A병원)

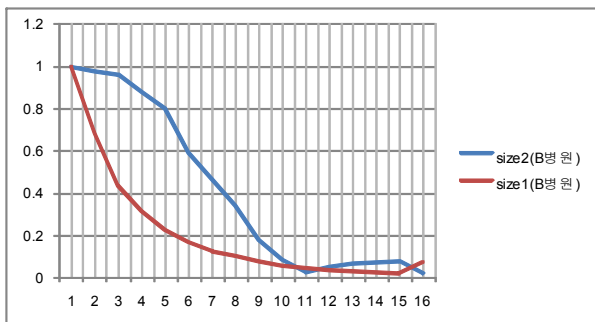


Fig. 9. Sensor의 규격(size1, size2)에 따른 MTF비교(B병원)

IV. 고찰

MTF 측정뿐만 아니라 DQE 측정을 통해 영상센서의 성능을 정량적으로 평가하여야 하나 intraoral 센서에 대한 정량적 평가 기준이 없으며 정량적 평가를 위한 tool이나 guideline 등도 전무한 상태이다. 그 과정에서 새롭게 평가 방법 및 기준에 대한 정립이 필요하며 MTF 측정 방법 및 기준은 연구과정에서 임상환경과 유사한 기준을 정립하여 수립하였으며 실험을 통해 intraoral 센서와 같은 작은 size의 영상센서에서는 그 변화의 폭은 극히 제한적이며 이는 영상에서 구현되는 영상의 질의 차이 또한 극히 제한적이다. 따라서 정량적 평가 요소 외에 영상에 대한 주관적 평가 요소로서의 임상평가요소를 개발하여 평가하여야 한다고 사료된다.

참고문헌

1. H. S. Cho image quality evaluation of a highly-integrated digital X-ray Imaging Sensor for Dental

- Intraoral-Imaging Applications. journal of the korean Physical Society, Vol. 51, No. 1, July 2007, pp.30-34.
2. 강신원: “MEMS 기반 인체영상센서 원천기술 개발에 관한 연구”, 2004.
 3. Fujita H, Tsai D, Itoh T, Doi K, Morishita J, Ueda K, et al: A simple method for determining the modulation transfer function in digital radiography. IEEE Trans Med Imaging 1992; 11: 34-39.
 4. IEC 61267 Ed. 1: “Medical diagnostic X-ray equipment-Radiation conditions for use in the determination of characteristics”, 1994.
 5. James T: DobbinsIII, Handbook of Medical Imaging, vol.1, Chap 3, SPIE press.