

탄소 중간물질 그리드를 사용한 DR system에서의 moiré artifact에 관한 연구

이성주, 조효성, 최성일, 조희문, 오지은, 이소영, 박연옥, 이민식

연세대학교 방사선학과

Study on a moiré Artifact in the Use of Carbon Interspaced Antiscatter Grids for Digital Radiography

Sungju Lee, Hyosung Cho, Sungil Choi, Heemoon Cho, Jieun Oh, Soyoun Lee, Yeonok Park, Minsik Lee

Dept. of Radiological Science, Yonsei University

<요약>

비산란 그리드는 X선 영상에서 산란방사선을 제거시키기 위해 사용되고, 그에 따라 X선 영상의 대조도를 향상시킬 수 있다. 그러나 많은 경우 디지털 X선 영상에서는 그리드의 부적절한 샘플링으로 인해 moiré artifact를 발생 시키게 된다. 본 논문에서는 그리드 주파수, pixel pitch, 각도와 moiré artifact의 상관관계에 관하여 분석하고 실험으로 확인하였다. 실험을 위하여 4.0 - 8.5 까지의 6가지 탄소 그리드를 사용하여 139 μm x 139 μm pixel size의 DDR system에서 실험을 하였다. 본 실험을 통하여 획득한 moiré artifact의 frequency는 이론적 계산값과 거의 같았고, 특히 그리드와 detector array의 각도에 따라 moiré frequency가 달라지는 것을 확인 할 수 있었다. 본 연구를 통한 moiré artifact에 대한 이론과 data는 향후 DR system에서 moiré artifact 제거에 큰 도움을 주리라 생각한다.

Abstract

Antiscatter grids are widely used in radiography to remove scattered X-rays and thus improve the image contrast. However, the use of grids makes moiré artifact in the digital image, and this can be a critical reason for a mistaken diagnosis. In this paper, we examined that moiré artifacts are how to relate with grid frequency, pixel pitch and grid rotation angle. To experiment we prepared 6 grids having different line frequencies (4.0 to 8.5lines/mm) and tested with a DR imager having a 139 μm x 139 μm pixel size. In the result of this experiment, we could get data about moiré artifact that could be make solution to remove the line artifact for the successful use of the grid in digital radiography. The acquired data and theory through this experiment, are expected to make contribution to the elimination of moiré artifact in the DR system.

keyword: Carbon, DR, moiré artifact

Corresponding Author: 조효성

주소: 강원 원주시 흥업면 연세대학교원주캠퍼스 방사선학과, E-mail: hscho1@yonsei.ac.kr, Tel: +82-33-760-2428

투고 일자: 2008년 07월 02일, 심사일자: 2008년 9월 30일, 수정 일자: 2008년 11월 20일, 게재 확정일자: 2008년 12월 16일

I. 서론

비산란 그리드는 DR X선 영상 (Digital Radiography) 촬영시 피사체에서 발생한 산란 방사선을 제거하여 영상 대조도를 향상시키기 위하여 임상적으로 가장 널리 사용되는 대표적 도구이다. 이러한 디지털 영상시스템은 아날로그 방식과는 달리 필름을 사용하지 않고 대신에 센서를 이용하여 영상을 표현하게 되는데, 아날로그 영상이 디지털 영상으로 변환되는 과정에는 특별히 샘플링 (sampling) 및 양자화(quantization) 의 두가지 과정을 거치게 된다. 특히 샘플링과정 중 그리드의 주파수가 system이 표현할 수 있는 최대주파수 이상인 경우 즉, nyquist frequency를 만족하지 못하는 경우 moiré 라 불리는 artifact가 발생하게 된다. 이러한 현상은 특히 임상에서 환자진단에 영향을 끼쳐 오진을 일으키는 원인이 되기도 한다. 본 연구에서는 moiré artifact 현상의 원인을 분석하고, 실험적으로 moiré를 제거할 수 있는 방법을 찾고자 하였다. 특히 grid와 pixel array의 각도에 따라 변하는 moiré artifact의 frequency를 확인함으로써 영상에서 나타나는 영향을 분석하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

1.1 그리드

본 연구에서 사용한 그리드는 정원정밀 공업사(Jungwon Precision Ind. Co. Ltd.)로부터 제공받은 그림 1과 같은 형태의 Carbon Interspaced Focused 그리드를 사용하였으며, 사용된 그리드의 격자비(Grid ratio)는 5:1로 고정되고 4.0, 5.1, 5.9, 7.0, 7.87, 8.45의 주파수를 갖는 7가지의 그리드를 사용하여 실험을 하였다.

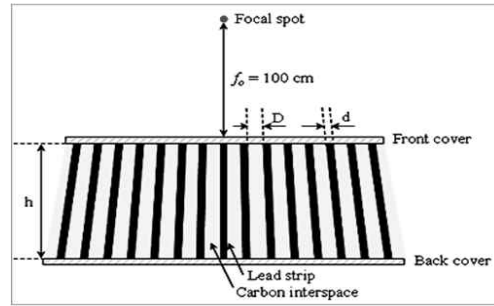


그림 1. Carbon Interspaced Focused 그리드.

2.2 DR system과 선원

본 실험에서는 70kVp, 10mA, 40mAs의 조건을 갖는 선원을 그리드로부터 100cm의 거리로 떨어진 지점에서 조사하여 영상을 획득하였다.

Detector는 pixel size가 139 μm x 139 μm (sampling frequency: 7.194lp/mm) 이고 matrix size가 2560 x 3072인 a-Se flat panel detector를 사용하였다.



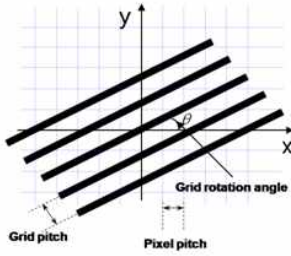
그림 2. 본 연구에 사용된 DDR system.

2. 방법

2.1 이론과 계산식

각도를 가질 경우 이론적인 moiré frequency의 값은 식(1)을 통하여 획득할 수 있다. 변수로는 그리드의 주파수, 그리드와 pixel array간의 각도 차이, 그리고 sampling 주파수가 있다. 여기서 sampling 주파수는 pixel size의 역수로 구할 수 있으며, m과 n 각각의 값은 아래 식을 만족하는 하나의 정수 값

을 나타낸다. 또한 moiré artifact의 각도는 식 (2)를 통하여 획득할 수 있다.



$$u_{Moiré} = \sqrt{\left(u_{grid} \sin \theta - m u_s\right)^2 + \left(u_{grid} \cos \theta - m u_s\right)^2} \quad (1)$$

$$\frac{u_{grid}}{u_s} \sin \theta - \frac{1}{2} < m < \frac{u_{grid}}{u_s} \sin \theta + \frac{1}{2}$$

$$\frac{u_{grid}}{u_s} \cos \theta - \frac{1}{2} < n < \frac{u_{grid}}{u_s} \cos \theta + \frac{1}{2}$$

$$\phi = \tan^{-1} \left\{ \frac{u_{grid} \sin \theta - m u_s}{u_{grid} \cos \theta - m u_s} \right\} \quad (2)$$

2.2 측정

Detector의 pixel array와 그리드의 각도를 10도 간격으로 변화시켜 가며 영상을 획득하였고, 획득된 영상에서 ROI를 512 x 512를 지정하고 matlab 프로그램을 이용하여 주파수 분석을 하였다. 주파수 분석을 통하여 얻어진 측정치와 계산식을 이용하여 획득한 주파수 data를 비교하였고, 그리드 주파수 pixel size 그리고 그리드와 pixel array의 각도 등 여러 변수들에 대한 상관관계를 분석해 보았다.

III. 결과

1. 그리드주파수 변화에 따른 moiré artifact의 주파수

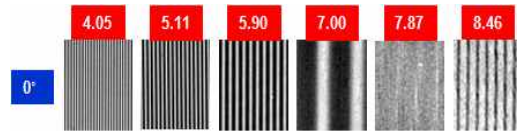


그림 3. 그리드주파수의 변화와 moiré artifact.

각도를 0도로 고정시키고 그리드 주파수를 변화시키며 그림 3 과 같은 moiré artifact의 영상들을 획득하였다. 그림을 보면 moiré artifact의 간격이 그리드 주파수가 증가할수록 점점 넓어지다 7.00 line/mm에서 moiré artifact의 간격이 가장 넓고 그 이후의 그리드에서는 다시 moiré artifact의 간격이 좁아져 나타나는 것을 볼 수 있다. 다시말해, moiré frequency가 7.00 line/mm 부근 에 가까울수록 작아진다는 것을 알 수 있다. 이 data는 그림 6을 통해 더 자세히 확인해 볼 수 있다.

그림 4에서 보면 이론에 의한 계산 값과 실험에 의한 측정값이 거의 동일하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한 이론적으로 해당 system의 샘플링 주파수인 약 7.194 line/mm와 같은 값의 주파수를 갖는 그리드를 사용하였을 경우, moiré artifact 주파수의 값을 0으로 만들 수 있고 이 경우 영상은 moiré artifact가 제거된 영상으로 나타날 것을 예상해 볼 수 있다.

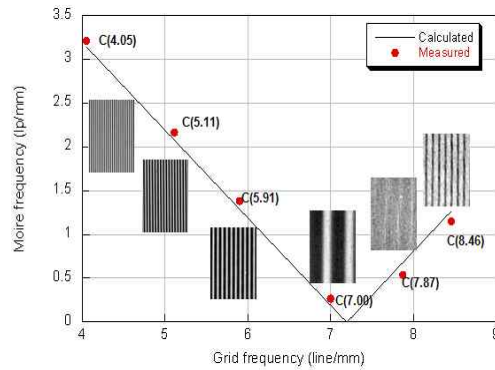


그림 4. 그리드 주파수 변화에 따른 moiré artifact 주파수의 계산값과 실험값.

2. 각도에 따른 moiré artifact의 주파수

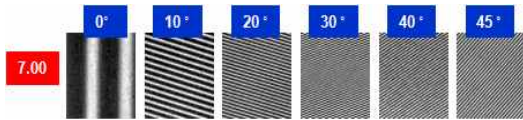


그림 5. 그리드의 각도변화와 moiré artifact.

이번에는 각도를 변화시켜가며 달라지는 moiré artifact의 영상을 획득하였다. 그림 5는 그리드의 주파수가 7.00 line/mm인 경우 각도에 따른 moiré artifact의 영상이다. 그림을 보면 moiré artifact의 주파수가 그리드와 pixel array의 각도 증가에 따라 점점 증가하는 것처럼 보인다. 또한 moiré artifact의 각도는 그리드와 pixel array의 각도와는 달리 새로운 방향으로 생기는 것을 확인 할 수 있다.

그림 6을 보면 같은 주파수의 그리드 사용시, 그리드와 pixel array간의 각도가 증가함에 따라 moiré artifact의 주파수도 대체로 증가하는 형태를 보이는 것을 알 수 있다.

하지만 각도가 30도 되는 지점부터는 다시 moiré artifact의 주파수가 감소하고 45도 지점을 중심으로 대칭적인 moiré artifact의 주파수가 나타나는 것을 볼 수 있다.

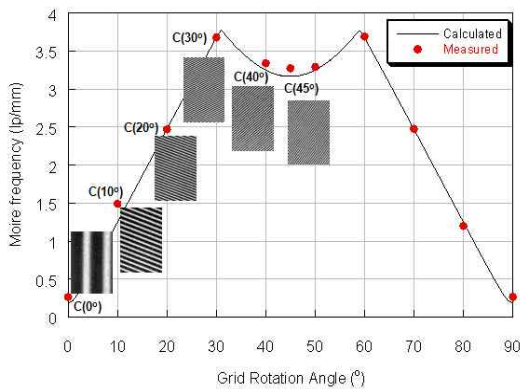


그림 6. 그리드와 pixel array간의 각도 변화에 따른 moiré artifact 주파수의 계산값과 실험값.

그리드 주파수와 각도 변화에 따른 moiré artifact의 변화를 종합해서 보면 그림 7과 같은 그래프를 얻을 수 있다. 그래프에서 5.1 line/mm이하의 그리드에서는 각도 증가에 따라 moiré artifact의 주파수도 같이 증가하지만 5.1 line/mm 이상의 주파수를 갖는 그리드에서는 각도가 증가해도 moiré artifact의 주파수가 오히려 감소하는 경우가 있다는 것을 알 수 있다. 또한 각도가 0도가 아닌 경우에는 어떠한 그리드를 사용해도 moiré artifact의 주파수를 0으로 만들 수 없음을 이 그래프를 통해 확인 할 수 있었다.

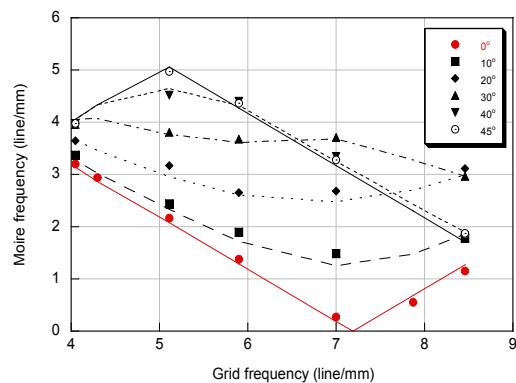


그림 7. 각각의 그리드에 대한 moiré 주파수 변화

그림 8은 4.0 line/mm, 5.1 line/mm 그리고 7.0line/mm의 주파수를 갖는 그리드를 사용하였을 때, 그리드와 pixel array간의 각도에 따른 moiré artifact의 주파수 변화를 보여준다. 45도를 중심으로 완벽한 대칭을 보여주고 있으며, moiré artifact의 주파수는 각도를 이용하여 주파수를 증가시켜도 사용한 그리드의 주파수 이상을 넘지 못한다는 것을 그래프를 통해서 확인 할 수 있다. 이 그래프를 통해 그리드와 pixel array 간의 각도가 증가하게 되면 moiré artifact의 주파수도 함께 증가하지만 moiré artifact의 주파수가 그리드 자체 주파수에 도달하게 되면 그 때부터는 그리드 주파수로 나타남을 확인 할 수 있었다.

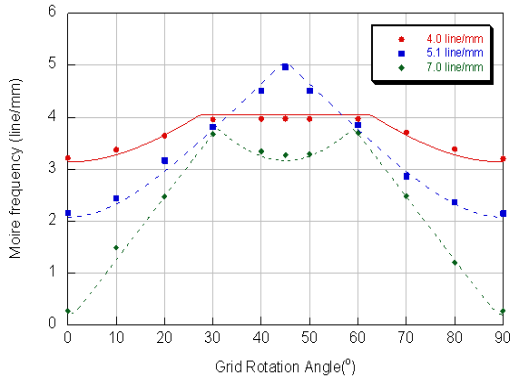


그림 8. 4.0, 5.1, 7.0line/mm의 그리드 사용시 각도 변화에 따른 moiré 주파수의 변화

3. 각도에 따른 moiré angle

그림 9는 4.0 line/mm인 경우에 그리드와 pixel array의 각도에 따라 moiré artifact의 각도 변화와 moiré artifact 주파수의 변화를 함께 보여준다.

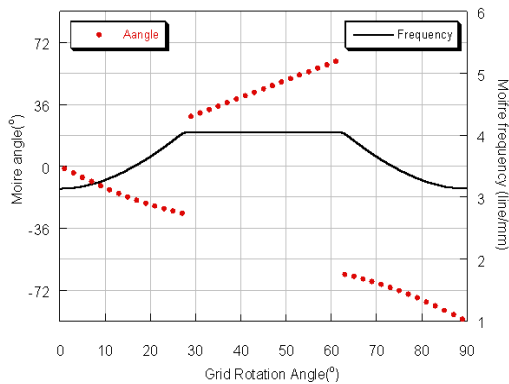


그림 9. 4.0 line/mm인 경우 그리드와 pixel array간의 각도 변화에 따른 moiré artifact의 각도와 주파수의 변화

그림에서 보면 그리드의 각도가 증가함에 따라 moiré artifact의 주파수가 증가하고 angle이 약 28도 되는 지점에서 부터는 주파수 값이 그리드 자체 주파수 값으로 일정하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 따라서 이 지점 부터는 그리드와 pixel array간의 각도가 증가함에 따라 더 이상 moiré artifact가 아닌 그리드 자체 strip이 나타남으로서 moiré의 각도가 그리드와 pixel array간의 각도와 같게 나타나는 것

을 알 수 있었다.

IV. 결론

moiré 현상은 디지털 X선 촬영시 대조도를 향상 시키기 위하여 사용하는 비산란 그리드의 부적절한 사용으로 인해 나타나는 artifact이다. 본 연구에서는 moiré artifact 현상에 대하여 사용한 DR system의 pixel size와 그리드의 주파수 그리고 그리드와 pixel array와의 각도 등에 따라 변하는 moiré artifact를 이론값과 측정값을 비교 분석하여 보았다. 그 결과 moiré artifact가 나타나는 현상에 대하여 각 변수들과의 상관성을 이론적으로 확립 할 수 있었다. 본 연구를 통하여 알게 된 moiré artifact의 여러 다양한 인자들과의 상관관계에 대한 이론과 data는 향후 moiré artifact를 제거하기 위한 방안에 유용하게 사용되어 질 것이라고 생각한다.

참고 문헌

- [1] Jai-Woong Yoon. Reduction of a grid moiré pattern by integrating a carbon-interspaced high precision x-ray grid with a digital radiographic detector 2007.
- [2] Bruce H. Hasegawa, Ph.D. The Physics of Medical X-ray Imaging, Wisconsin. 1991.
- [3] Jun Wang and H. K. Huang, Film Digitization Aliasing Artifacts Caused by Grid Line Patterns, IEEE, 1994.
- [4] K. Creath and J. C. Wyant, "moiré and Fringe Projection Techniques", 2nd ed., Optical Shop Testing, pp. 653-658, 1992.
- [5] Oster G. and Y. Nishijima, "moiré pattern", Sci. Amer., Vol. 208, No. 5, pp. 54-63, May 1963.
- [6] H. P. Chan and K. Doi, "Investigation of the Performance of Antiscatter Grids: Monte Carlo Simulation Studies", Phys. Med. Biol., Vol 27, No. 6, pp. 785-803, Jun. 1982.