

FM Screen을 이용한 高精細 스크린 인쇄에 관한 연구

김기호, 조가람*, 구철희**

세진 공업(주), *부경대학교 대학원 인쇄공학과,

**부경대학교 공과대학 화상정보공학부

A study on the screen printing of high definition used FM screen

Gi-Ho Kim, Ga-Ram Cho, Chul-Whoi Koo***

Sejin Industry Co., Ltd.,

*Dept. of Graphic Arts Engineering, Graduate School of Pukyong National University,

**Division of Image & Information, College of Engineering, Pukyong National University

Abstract

Screen printing is a stencil process whereby ink is transferred to the substrate through a stencil supported by a fine fabric mesh. Therefore screen had a tendency to distort and swell, as ink was deposited between the fibers, and were difficult to clean.

The tow importance of stencil parameters that affect print quality are stencil thread diameter and the fabric thickness because of their influence on both ink deposit and print definition. Since screen printing inks can be formulated to adhere to almost any surface, and the printing process itself can be handled almost any substrate in a wide variety of shapes, screen printing is a very versatile process.

The small size printing is reproduced image used screen printing because the surface of substrates is not suited at screen printing method. In screen printing, the need of high definition printing is gradually increasing according to developing special inks.

A conventional halftone, so called AM screening, is simple and easy to implement, but the halftone dot patterns by using this method are not free for the moire fringe. This paper is

used densitometry and image analysis to investigate relation with printing according to screen mesh, opening size and resolution of copy in image reproduction used FM screen.

We had the good result of dot gain and tone reproduction on the screen printing of high definition using FM screen.

1. 서 론

스크린 인쇄 기법은 다른 인쇄방식과 달리 망사의 오프닝을 통해서 잉크를 전이시키는 방식이기 때문에 망사에 따라서 재현할 수 있는 인쇄물의 품질이 한정된다.^{1, 2)} 따라서, 스크린 인쇄는 다른 오프셋 인쇄 및 그라비아 인쇄와 같이 고급 인쇄물을 얻기는 어렵다. 또한 원색 인쇄에 있어서 원색 분판의 스크린 각도와 망사의 각도에 의하여 moire가 발생하기 때문에 인쇄물의 품질이 떨어지는 경우가 있다. 그러나, 스크린 인쇄의 장점은 다양한 피인쇄체에 인쇄가 가능하다는 것이다 일반적으로는 스크린 인쇄의 경우, 대형 인쇄물이 주류를 이루고 있었지만 현재는 소형 인쇄물이라도 스크린 인쇄에 의한 화상 재현이 많이 이루어지고 있다. 특히 현재 특수 잉크 및 별색의 잉크가 계속적으로 개발됨에 따라 스크린 인쇄에 있어서 고정세의 필요성은 점점 더 높아져만 가고 있다.³⁾

따라서, 본 연구에서는 스크린 인쇄에서 FM screen을 사용한 이미지 재현에 있어서 망사의 mesh 및 오프닝 크기, 사용할 원고의 DPI(dot per inch) 단위별 망점의 크기와 인쇄시에 나타나는 망점과의 관계에 대하여 최적의 조건을 찾고자 한다.

우선 FM screen을 이용하여 패치를 제작하고 농도법(densitometry), 화상 분석법(image analysis)으로 dpi 단위별 망점의 형태, moire 등의 인쇄물 품질을 측정하였다. 또한 이때 발생하는 문제점 및 FM screen의 스크린 인쇄 적용에 관하여 검토하였다.

2. 실 험

2-1. 원고의 제작

실험용 원고의 제작은 Macintosh 8600/300으로 Adobe Photoshop 6.0을 이용하여 상용화된 FM Screen Filter(PNDither1.0, 1.1)를 사용하였다. Patch의 해상력을 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 dpi의 8단계로 구분하였고, 각각의 해상력에 대하여 연속 계조를 5%에서 100% 단계까지 각각 5%단계의 망점으로 구분하여 20단계의 halftone gray scale patch를 제작하였다. Halftone gray scale patch의 크기는 가로, 세로 각 1cm의 크기로 처리하여 제작하였다.

2-2. 견장 및 제판

스크린사의 견장은 장력이 스크린 망사 길면에 균일하게 하기 위하여 당김을 급격히 높여주는 것이 아니라, 서서히 당겨서 장력을 맞추어 주는 일반적인 방법을 사용했다. 장력은 각각의 회사 망사 및 mesh에 따라 다르지만, 통상 16~24(N/cm), 나일론 20~28(N/cm), 폴리에스테일은 경우는 16~32(N/cm)정도이며, 본 실험에서는 폴리에스테일을 사용하였다.^{4, 5)} 또한 견장기로는 기계식인 SS-130 모델(삼성그랜드社)로 장력을 23(N/cm), 스크린 망사의 각도는 4도로 견장하였다. 장력의 측정은 TETKOMAT-F12) 모델(SEFAR社)을 이용하여 측정하였다.

Table 1. The properties of screen mesh and frame

(34, 31 : thread diamter, Y : yellow fabric color. PW : plain weave)

Screen mesh	Brand	Mesh	Type
	SEFAR ZBF	300-34Y PW, 350-31Y PW, 380-31Y PW	Polyester
Frame	Brand	Width × Length	Type
	Samsung grand	63cm × 83cm	Aluminium

제판은 감광액 Dirasol-22A(SERICOL社)를 자동 유제 도포기(SS-1000 AT, 삼성그랜드社)에서 전면 2회 반복해서 도포 후, 다시 후면 1회 반복해서 도포 건조하였다. 빔썰기(Solar beam)로 45초 노광 후 현상, 수세, 건조하여 스크린 판을 제작하였다.

2-3. 인쇄 및 측정

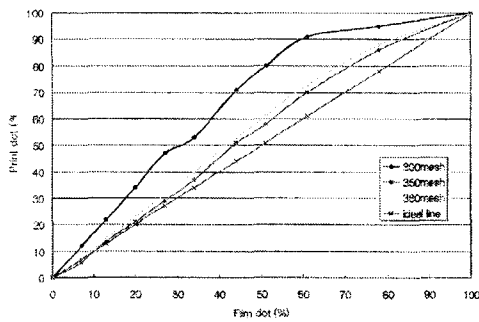
반자동 스크린 인쇄기를 사용하여 반사 인쇄물을 스크린 mesh별 및 dpi단계에 대하여 100장씩 인쇄하여 무작위로 30장씩 샘플링 하였다. 그리고 종이는 국내 H사의 스노우 화이트지 80g/m², 잉크는 Visproxs black 8702(VISPROXB社)를 사용하였다.

각 스크린 망사 mesh별 dpi에 대하여 5%에서 100% 단계까지 각각 5%씩 0단계로 제작한 필름 원고는 X-Rite341 투과 농도계(X-Rite社)를 사용하였고, 샘플링 한 인쇄물은 X-Rite408 반사 농도계⁶⁾(X-Rite社)로 측정하였다. 또한 동일한 방법으로 화상 분석기(OLYMPUS社, BX-60)를 이용하였다.

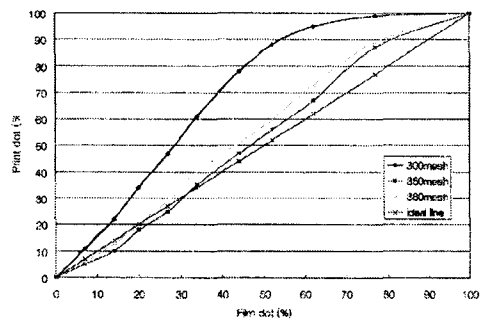
3. 결과 및 고찰

3-1. dpi 변화에 따른 망점 재현

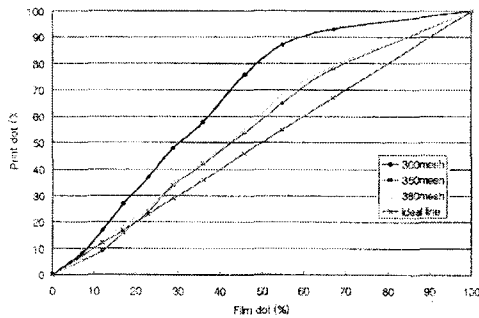
Fig. 1~9는 필름 원고와 인쇄물의 망점 면적율을 비교하여 나타낸 것이다. Fig. 1과 같이 150dpi에서 350mesh와 380mesh의 망점 계조가 highlight부에서는 필름 계조와 비슷한 경향을 보였고, middle과 shadow부에서는 망점 계조가 높게 나타났으며, Fig. 2인 200dpi에서는 350mesh와 380mesh 모두가 0~20%까지의 인쇄물 망점 재현이 필름 원고보다 낮고, 또한 middle과 shadow부의 재현 범위는 필름 원고보다 높았다. 250dpi의 결과인 Fig. 3에서는 380mesh에서 highlight부의 재현이, 350mesh에서 middle과 shadow부분의 망점 재현이 우수한 경향을 보였다. 300~500dpi에서는 Fig.4~8과 같이 전체적으로 300mesh에서 전 계조의 농도가 높게 나타났고, 350mesh에서는 highlight부의 재현이 우수하고, 380mesh에서는 middle과 shadow부의 망점 재현이 우수하였다. Fig. 9는 AM screen(100line/inch)의 필름 원고와 인쇄물의 망점 면적율을 비교한 것으로 350mesh에서 망점 재현이 잘 나타났다. Fig. 10은 실험에서 직접 인쇄한 인쇄물이다.



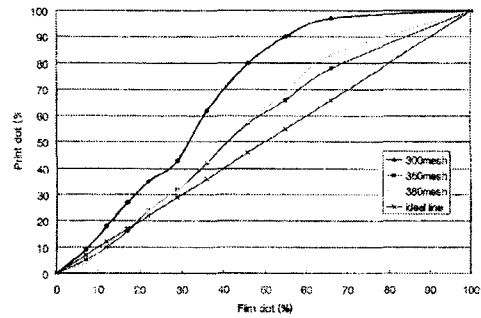
(a) PNDither 1.0



(a) PNDither 1.0



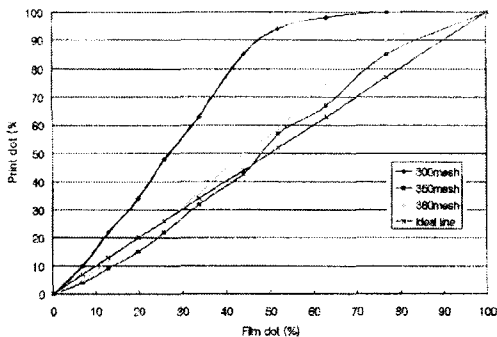
(b) PNDither 1.1



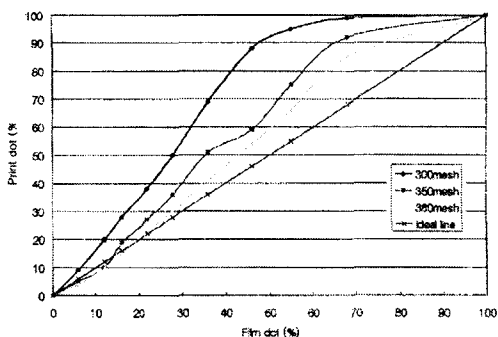
(b) PNDither 1.1

Fig. 1. Film dot vs. print dot for each screen mesh with 150dpi using PNDither 1.0 and PNDither 1.1.

Fig. 2. Film dot vs. print dot for each screen mesh with 200dpi using PNDither 1.0 and PNDither 1.1.

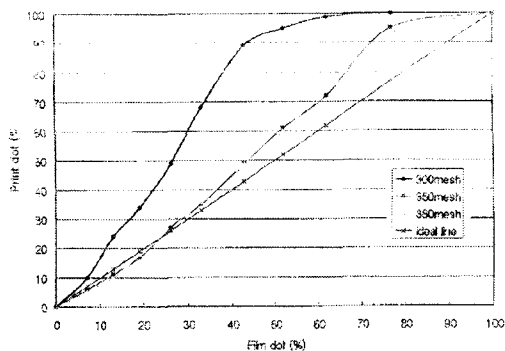


(a) PNDither 1.0

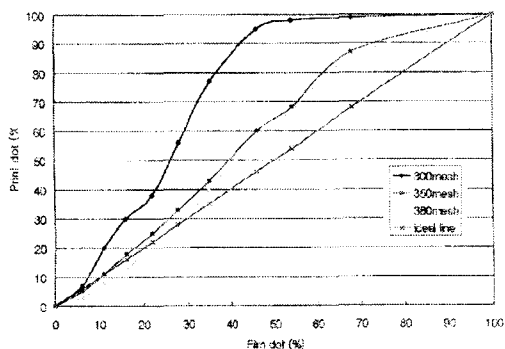


(b) PNDither 1.1

Fig. 3. Film dot vs. print dot for each screen mesh with 250dpi using PNDither 1.0 and PNDither 1.1.

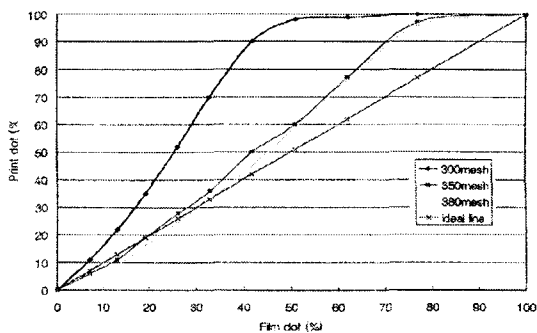


(a) PNDither 1.0

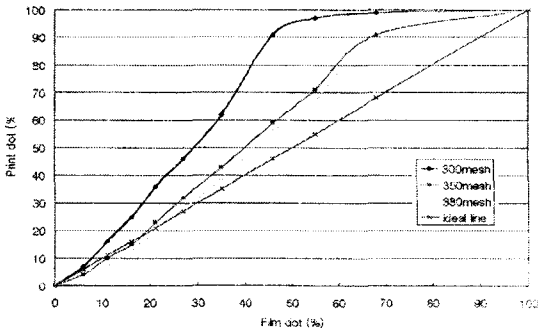


(b) PNDither 1.1

Fig. 4. Film dot vs. print dot for each screen mesh with 300dpi using PNDither 1.0 and PNDither 1.1.

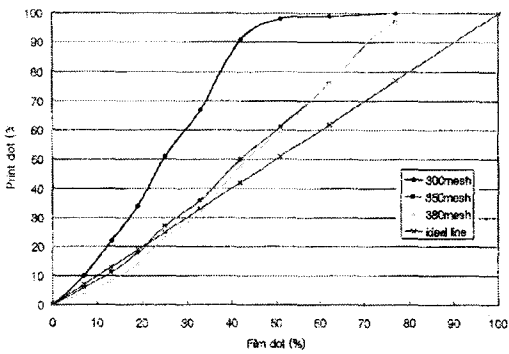


(a) PNDither 1.0

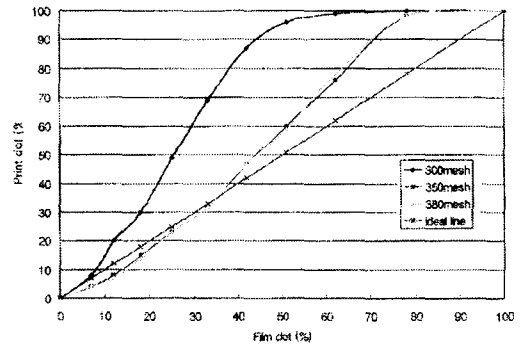


(b) PNDither 1.1

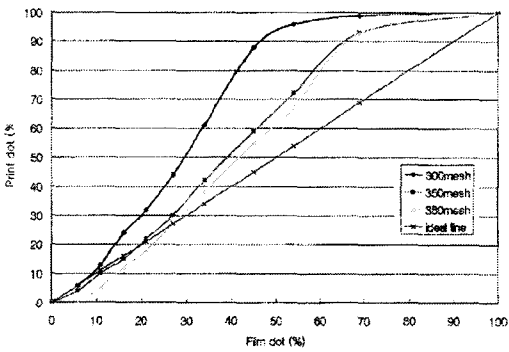
Fig. 5. Film dot vs. print dot for each screen mesh with 350dpi using PNDither 1.0 and PNDither 1.1.



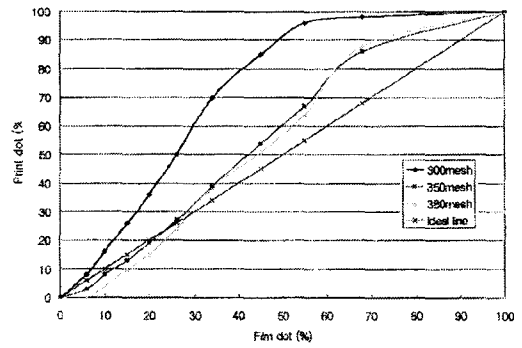
(a) PNDither 1.0



(a) PNDither 1.0



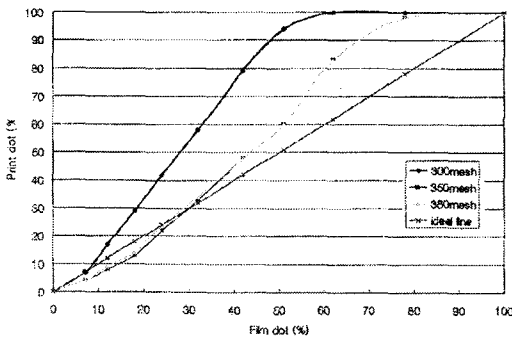
(b) PNDither 1.1



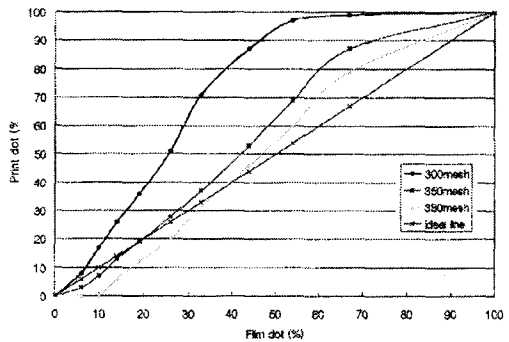
(b) PNDither 1.1

Fig. 6. Film dot vs. print dot for each screen mesh with 400dpi using PNDither 1.0 and PNDither 1.1.

Fig. 7. Film dot vs. print dot for each screen mesh with 450dpi using PNDither 1.0 and PNDither 1.1.



(a) PNDither 1.0



(b) PNDither 1.1

Fig. 8. Film dot vs. print dot for each screen mesh with 500dpi using PNDither 1.0 and PNDither 1.1.

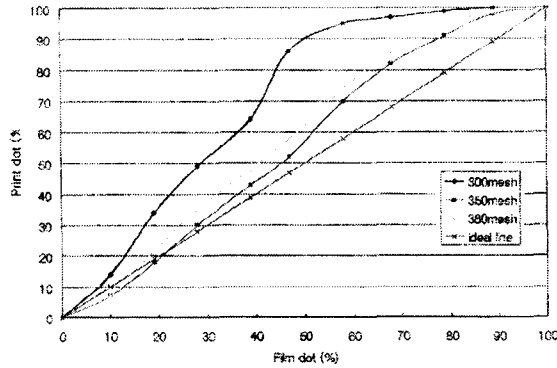


Fig. 9. Film dot vs. print dot for each screen mesh for 100line/inch of AM screen.

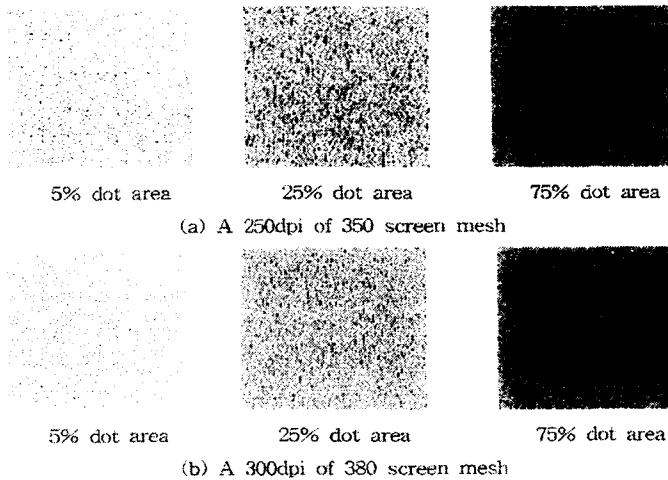


Fig. 10. Photo. of printed patch for each screen mesh with FM screen.

3-2. PNDither 1.0과 PNDither 1.1의 망점 재현

3-2-1. 필름에서의 dot loss

Fig. 11은 필름 원고를 PNDither 1.0과 PNDither 1.1을 비교한 것이다. PNDither 1.0은 PNDither 1.1보다 dot loss가 적게 나타났으며, 원고의 25% 망점에서 PNDither 1.0의 필름 망점은 9%, PNDither 1.1의 필름 망점은 11%의 dot loss가 생겼다. 원고의 50% 망점에서는 17%와 22%의 dot loss가 나타났고, 원고의 75% 망점에서 가장 큰 차이를 보였는데 PNDither 1.0은 19% dot loss가 나타났고 PNDither 1.1은 26%의 dot loss가 발생하였다 PNDither 1.0과 PNDither 1.1에서의 dot loss 차이는 알고리즘에 의한 것이라 사료된다.

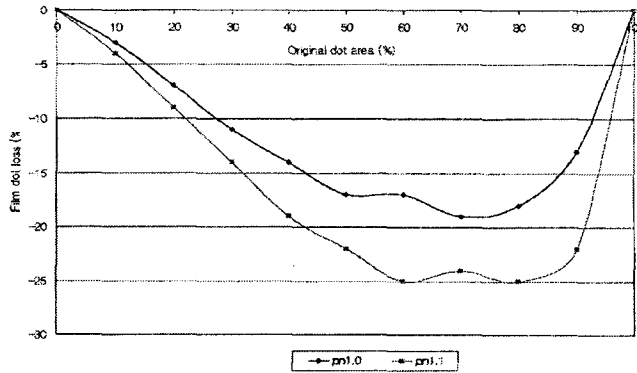


Fig. 11. The relationship between film dot loss and original dot area on film.

3-2-2. 피인쇄체에서의 dot gain

Fig. 12, 13, 14는 피인쇄체의 dot gain⁶⁾을 나타내었다. Fig. 12에서 300mesh PNDither1.0은 middel, shadow부 dot gain이 일어나 망점 계조 범위는 증가되었는데, 특히 shadow부에서 큰 증가를 보였다. PNDither1.1은 highlight부는 필름과 비슷한 경향을 보였고, shadow부에서 dot gain이 나타났다.

350mesh에서 PNDither1.0은 highlight, middle부에 이르는 망점 계조에서 dot loss가 일어났고, shadow부에서 dot gain이 보였다. PNDither1.1은 PNDither1.0과 비슷한 경향이 있지만, shadow부에서 dot gain이 더 크게 일어나는 경향을 알 수 있었다.

380mesh에서 PNDither1.0은 350mesh와 비슷한 경향을 나타내었고, PNDither1.1은 highlight, middle부에서 dot loss가 더 크게 일어나는 경향을 보였는데 여기에서 dpi가 증가할 수록 dot loss는 더욱 커지고 있다. 150, 200, 250dpi에서 계조 곡선은 이상적인 곡선에 가깝게 나타났다. 또 PNDither1.1은 대체적으로 계조 곡선이 감소하는 모양을 나타내고 있다.

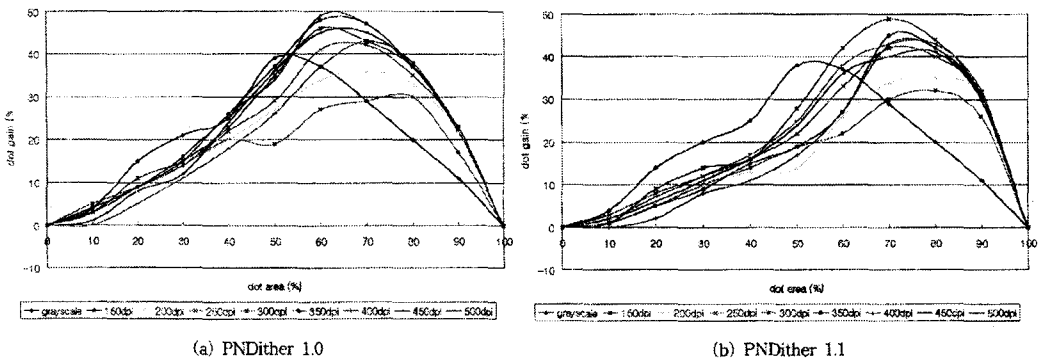
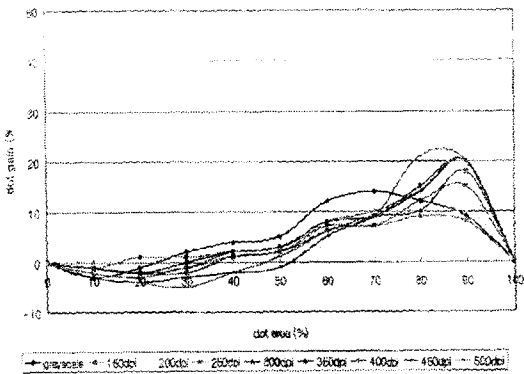
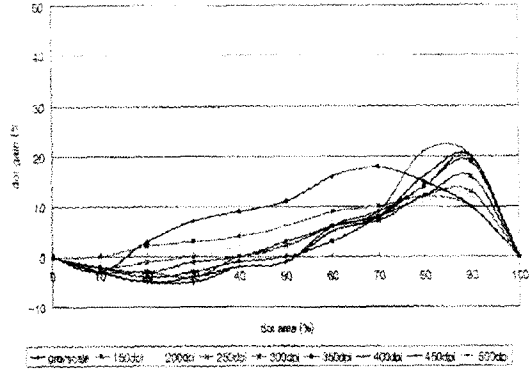


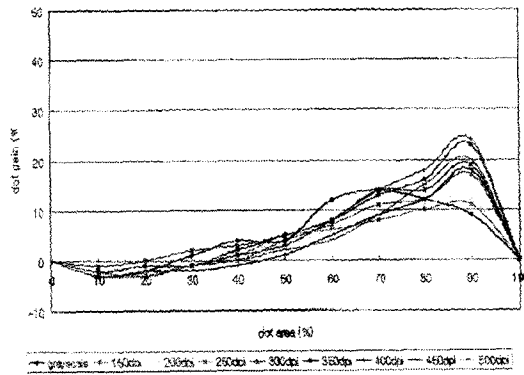
Fig. 12. The relationship between film dot gain and dot area on 300 screen mesh.



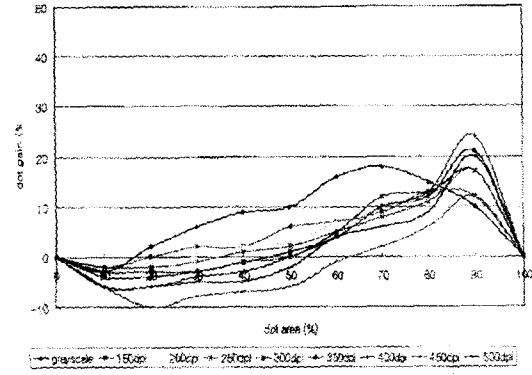
(a) PNDither 1.0



(a) PNDither 1.0



(b) PNDither 1.1



(b) PNDither 1.1

Fig. 13. The relationship between film dot gain and dot area on 350 screen mesh.

Fig. 14. The relationship between film dot gain and dot area on 380 screen mesh.

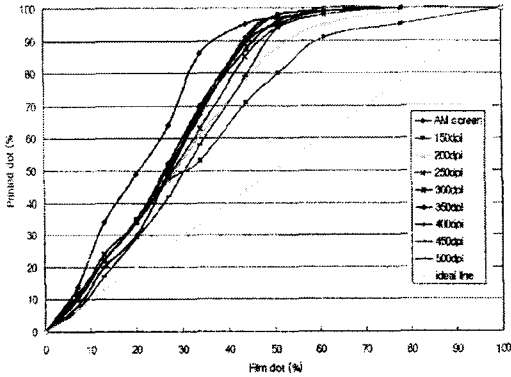
3-3. Mesh count 변화에 의한 망점 재현

3-3-1. 300mesh에서 망점 재현

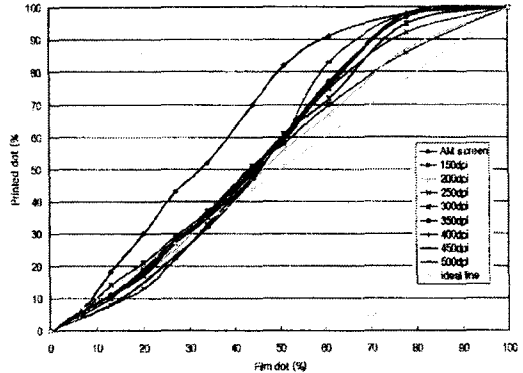
Fig. 15는 300mesh에서 mesh count 변화에 따른 망점 재현을 나타내는데, AM screen(100line/inch)은 0~50% 망점에서 급격하게 상승하고 50~100%에서는 급격히 하락하는 곡선을 나타내었다. AM screen은 재현 범위가 좁고 tone jump가 큰 반면 FM 망점에서는 종래의 AM screen보다 재현 범위가 넓어진 것이라 사료된다.

150dpi에서는 80%에 최고 값을 나타내고, 200dpi에서는 65%에서 최고 값을 나타내고, 그 외는 60~70%에서 최고 값을 나타내고 있다. 300mesh에서는 shadow부의 망점이 큰 증가를 나타내었다. 또한 400, 450, 500dpi에서는 highlight부에서 dot loss가 적게 나타나는 것은 망점 크기가 마이크로 단위로 작으면 작을수록 클리프도 늘어남을 알 수 있다. 여기

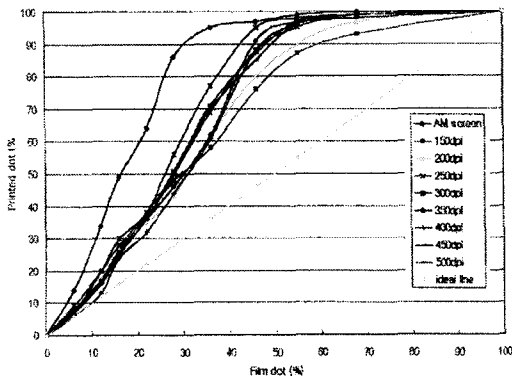
서 클립은 망점이 스크린 mesh의 직경보다 작아 스크린 mesh 위에 놓여 인쇄되지 않는 경우이다. 모든 망점이 미소한 크기이므로 망점이 mesh의 직경에 숨어버리는 비율이 높기 때문이라 사료된다. 300mesh에서는 150, 200dpi의 망점 재현이 가장 우수하지만, 300dpi에서는 망사의 간섭으로 moire가 발생하였다.



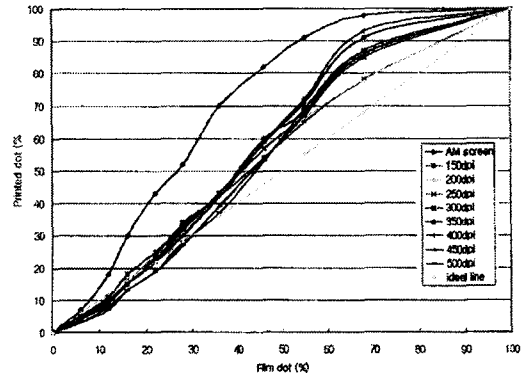
(a) PNDither 1.0



(a) PNDither 1.0



(b) PNDither 1.1



(b) PNDither 1.1

Fig. 15. The relationship between printed dot area and film dot area of 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500dpi on 300 screen mesh.

Fig. 16. The relationship between printed dot area and film dot area of 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500dpi on 350 screen mesh.

3-3-2. 350mesh에서 망점 재현

Fig. 16은 350mesh에서의 망점 재현을 나타낸 것으로 highlight부에서는 dot loss가 일어났고, middle과 shadow부에서는 dot gain이 일어났으며, 80~90% 망점에서 망점의 밀도가 높아졌기 때문에 dot gain이 더 큰 것을 알 수 있었다.

300dpi에서 망점 재현이 우수하였고, 350mesh에서 gray scale은 전형적인 dot loss와 dot gain 곡선을 그렸으나 350dpi에서는 망사의 간섭으로 moire가 발생하였다.

전체 계조 영역에서 AM screen보다 dot gain이 적게 일어났고, highlight부에서 dpi가 높을수록 dot loss 범위가 넓어지고 또한 크게 나타났으며 shadow부에서는 80~90%까지 최고의 dot gain을 나타내었다. AM screen보다 highlight부와 middle부에서는 재현력이 우수하고, dot gain이 적게 나타났기 때문에 FM screen 망점 재현이 우수하며 특히 350mesh의 망사는 250dpi에서 적합한 망사로 사료된다.

3-3-3. 380mesh에서 망점 재현

Fig. 17은 380mesh에서 망점 재현을 나타낸 것으로 250dpi의 망점 재현력이 가장 우수하였다. Highlight부에서는 dot loss가 일어나 150dpi 보다 낮은 영역으로 재현되었으며 400, 450dpi에서 dot gain 곡선이 크게 나타났다. Middle부에서는 250dpi에서 450dpi까지 재현성이 우수하며, shadow부에서는 대체적으로 dot gain이 큰 곡선을 나타내었고, 150, 200, 250dpi에서의 계조 곡선은 이상적인 곡선에 가까웠다. Dot loss는 150, 200, 250dpi를 제외하고 많이 일어났으며, 400, 450, 500dpi에서는 특히 highlight부에서는 적게 나타났으나 shadow부에서는 크게 일어났다. 또한 350, 400dpi에서는 망사의 간섭에 따라 전체적으로 moire가 발생하였다. 380mesh의 망사에서는 300, 350dpi가 적합하다고 사료된다.

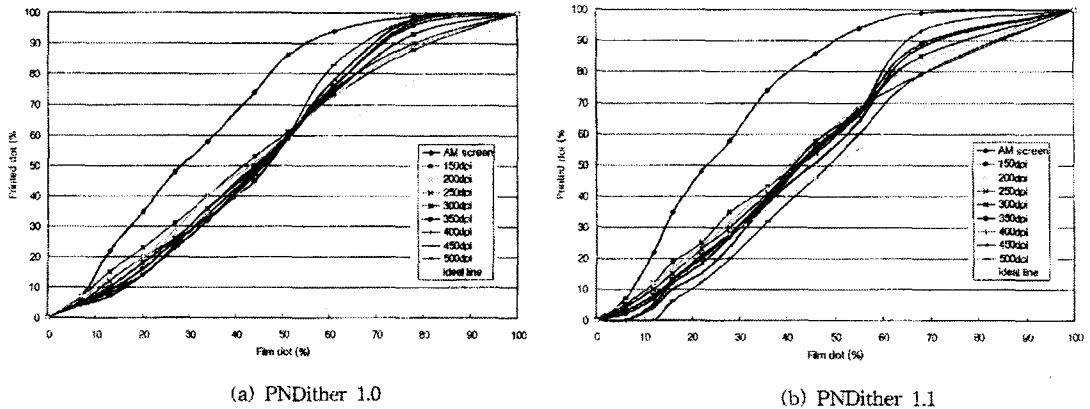


Fig. 17. The relationship between printed dot area and film dot area of 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500dpi on 380 screen mesh.

3-4. 망점 크기와 moire의 관찰

3-4-1. 망점 크기의 관찰

화상분석기 Bx-60(OPTIMAS 6.2)를 이용하여 망점 크기를 100배로 확대 측정하여 Table 2에 나타내었다.

300mesh에서 재현된 인쇄물의 망점 크기는 dpi가 증가할수록 필름 망점 크기보다 대략 2~4배의 차이를 나타내었고 350, 380mesh에서 인쇄물의 망점 크기는 필름의 망점 크기 보다 2배 정도의 차이를 나타내었다. 그리고 필름 망점 크기와 인쇄물의 망점 크기를 비교하면 300mesh에서 250dpi일 때 88 μ m차이로 가장 작았으며 350mesh는 250dpi에서 33 μ m으로 작은 차이를 보였고, 380mesh는 250dpi에서 25 μ m으로 작은 차이를 나타내었다.

Table 4. The relationship between film dot size and printed dot size

dpi	Film dot size(μ m)	Printed dot size(μ m)		
		300mesh	350mesh	380mesh
150	165	305	227	225
200	126	286	218	217
250	102	190	135	127
300	85	185	133	119
350	73	181	132	110
400	64	169	125	109
450	56	166	120	104
500	51	165	115	99

3-4-2. Moire 의 관찰

Fig. 18은 스크린 망사의 견장 각도가 0, 90도 일 때 300mesh는 300dpi에서 moire가 발생하였고, 350mesh는 350dpi 그리고 380mesh는 350, 400dpi에서 moire가 발생하였다. 이것은 망점의 구성 배열과 스크린 mesh의 간섭으로 추측되며 mesh count와 dpi가 \pm 20% 이내에서는 망점 크기와 mesh 망사의 밀도가 가까워 이미지 전체에 moire가 나타나는 것으로 사료된다.

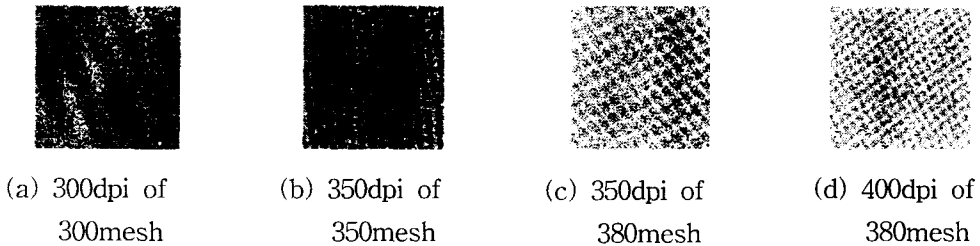


Fig. 18. Comparison of moire on the FM screen printing.

4. 결 론

FM screen을 이용한 스크린 인쇄에서 망사의 mesh, 망사의 오프닝, 원고의 dpi와 재현되는 망점을 실험하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. dpi 변화에 따른 망점 재현에서는 250dpi의 경우 380mesh에서 highlight부의 망점 재현과 350mesh에서 middle과 shadow부의 망점 재현이 우수한 경향을 보였다. 300, 350, 400, 450, 500dpi의 경우에는 전체적으로 350mesh에서 highlight부 재현이 우수하고, 380mesh에서는 middle과 shadow부의 망점 재현이 우수하였다.

2. PNDither 1.0과 PNDither 1.1의 망점 재현에서 필름 원고는 PNDither 1.0이 PNDither 1.1보다 dot loss가 적었고, highlight부와 shadow부 보다 middle부에서 dot loss가 가장 크게 나타났다. 인쇄물은 300, 350mesh에서는 PNDither 1.1에서 dot gain이 적게 발생하였고, 380mesh에서는 PNDither 1.1에서 dot loss가 많이 일어났다.

3. Mesh count 변화에 따른 망점 재현은 300mesh에서는 150, 200dpi에서 망점 재현성이 우수하였다. 350mesh는 300dpi에서 망점 재현성이 우수하고, 380mesh는 150, 200, 250, 300에서 망점 재현성이 우수하게 나타났으며, dpi가 높을수록 dot gain과 dot loss가 증가하는 경향을 보였다.

4. 망점 크기는 300mesh에서 250dpi일 때 dot size의 차이가 $88\mu\text{m}$ 으로 가장 작았으며, 350mesh는 250dpi에서 $33\mu\text{m}$ 으로 작은 차이를 보였고, 380mesh는 250dpi에서 $25\mu\text{m}$ 으로 작은 차이를 보였다.

5. 300mesh는 300dpi에서 moire가 발생하였고, 350mesh는 350dpi, 380mesh는 350과 400dpi에서 moire가 발생하였지만, moire는 스크린 망사의 견장 각도를 4도로 기울려 견장하여 moire를 제거하였다.

참고 문헌

1. 양봉석, “新스크린印刷技術”, 부림출판사, pp.19~20 (1991).
2. 정기영, “스크린인쇄이론”, 한국산업인력관리공단, pp.3~52 (1996).
3. “AM·FM 고정쇄 스크린 인쇄화상 재현에 관한 연구”, 대한인쇄연구소 (1998).
4. “Perfect Stencil Making Perfect Screen Making”, 삼성화학상사, pp.2~32 (1995).
5. 남수용 편저, “알기 쉬운 스크린인쇄의 세계”, 부경대학교, pp.35~45, 84~87 (1998).
6. Peter V. Brehm, “Introduction to Densitometry”, Graphic Communications Association, pp.19~32 (1992).