

그라비아 인쇄 검사 시스템

Surface Inspection System For Gravure Print M/C

인용수 / (주)수택 대표이사

1. 서론

디지털 영상 처리는 1960년대 초에 문자 인식, 의료용 영상 처리, 물체 인식, 훼손된 사진의 해석, 우주 탐사선 등에서 송신되는 영상의 분석을 여러방면에서 초보적인 연구가 시작되어 현재의 영상 처리 기술의 기초가 되었다. 이때는 중형 및 대형 컴퓨터에서 활발하게 진행되었다.

70년대에 개인형 컴퓨터(PC)의 출현으로 PC를 기본으로 한 영상 처리 기술이 개발되기 시작하였다. 이 시대를 대화형 영상처리 기술의 시대라 표현 할 수 있다.

80년대 영상 처리 기술은 실용화를 위한 데이터 처리 시간의 고속화가 연구되어 대용량의 영상 메모리와 전용 영상처리 프로세서가 개발되었다.

이때의 특징은 종래의 디스크 대신에 대용량의 영상 메모리를 시스템의 중심부에 두어 데이터 전송시간을 줄였고, 영상처리 전용 프로세서로 영상 처리 알고리즘중 전체적인 것과 부분적인 것을 전용 프로세서에 ASIC화 하여 처리시간을 줄였다.

90년대 들어 CPU의 처리 속도 향상과 고속 대용량 Memory의 발전, 고성능 카메라의 개발 등 주변 기기에 대한 기술의 고성능, 고품질화로 전세계적으로 비약적인 발전을 하고 있는 분야이다.

카메라를 이용한 영상처리 기술은 크게 분류하여 민생용과 산업용으로 분류될 수 있다. 민생용으로는 컴퓨터를 접목한 보안 시스템, 영상처리를 이용한 화상 송수신 등이 있으며, 산업용으로는 컴퓨터/반도체 산업에서는 필수적인 핵심 장비로 분류되어 있다.

따라서 카메라를 이용한 영상처리 기술은 비전 시스템(Vision System)또는 머신 비전 시스템(Machine Vision System)이라는 새로운 업계를 창출하였으며 생활 주변 및 산업 장비 모든 업종 및 업체에 적용이 가능하다.

특히 인쇄 업계에서의 Vision System은 극히 초보적인 수준으로 태동하는 시장이라고 말할 수 있다. 카메라를 이용한 검사 시스템을 구축하여 생산시간을 단축하고 이를 통한 효율적인 생산 체제를 이루려는 시도가 국내외적으로 추진되었고, 카메라를 이용한 검사 시스템의 주된 기능은 제품의 불량 검사 및 판별, 치수 측정 등의

관상의 결점을 시각 센서를 통하여 알아내는 것이다.

현재까지 대다수 생산 공정에서의 제품 검사는 QC담당자의 완제품 샘플링 검사 및 생산 라인에서 사람의 시각 검사로 행해졌는데 검사자의 육체적, 정신적 상태에 따라 항상 일정한 규격제품을 유지하기 위하여 자동화된 시각 검사 시스템을 도입하고, 발전하게 된 배경이 되었다.

훌륭한 인쇄 제품도 인쇄 불량품이 품질 관리 없이 납품될 경우 상품의 가치와 신뢰성이 떨어지고, 저가의 상품으로 왜곡되어 인쇄 제품생산 업체에 불이익을 받을 수 있다. 따라서 인쇄 제품의 품질 관리는 인쇄 생산 업체의 장래 매출신장에도 매우 중요한 요소가 된다.

그라비아 인쇄 검사 시스템은 Roll/Sheet윤전 인쇄기 및 검사기에 취부하여 제품의 품질 및 생산 수율을 관리 할 수 있는 제어 관리 시스템이다.

2. 인쇄 검사 시스템의 파급 효과

2-1. 품질관리의 표준화

- 마스크 제품의 Date 관리가 되므로 인쇄 제품의 규격화 및 표준화가 가능하다.

2-2. 제품의 수율 관리

- 마스크된 제품의 영역이 인-라인 실시간 처리 및 판별로 인쇄의 불량 판별 및 수율 관리가 자연스럽게 된다.

2-3. 생산성 향상

- 인쇄 제품의 품질 관리 및 수율 관리가 표준

화 규격화되어 업체의 생산성 향상에 일익을 담당한다.

2-4. 국제 경쟁력 강화로 인한 수출 증대

- 수입 장비의 국내 유입이 차단되고, 국내 기업체의 국제 가격 경쟁력 강화로 고부가가치 제품의 수출 증대에 일익을 담당한다.

- 인쇄 검사 시스템은 기계, 전기, 전자의 결합으로 이루어진 메커니즘의 집합체로 카메라 진동 설계 프레임 및 구동 시스템, 모터의 속도 및 위치 제어, 카메라와 컴퓨터의 인터페이스(Interface)처리 기술, 실시간 영상 처리 알고리즘 기술 등 기계, 전기, 전자, 광학 등 국내 산업 전반이 총 집합된 복합 기술이다.

3. 인쇄 검사 시스템 구성도

3-1. Camera(=Line Scan Camera or Line Sensor Camera)

- Line Scan Camera의 종류로 B/W Camera, 1-Line Color Camera, 3-Line Color Camera가 있고, 주사 시간에 따라 고속, 저속형 Camera가 있다. 또한, 출력 형태에 따라 Analog/Digital 출력이 있다.

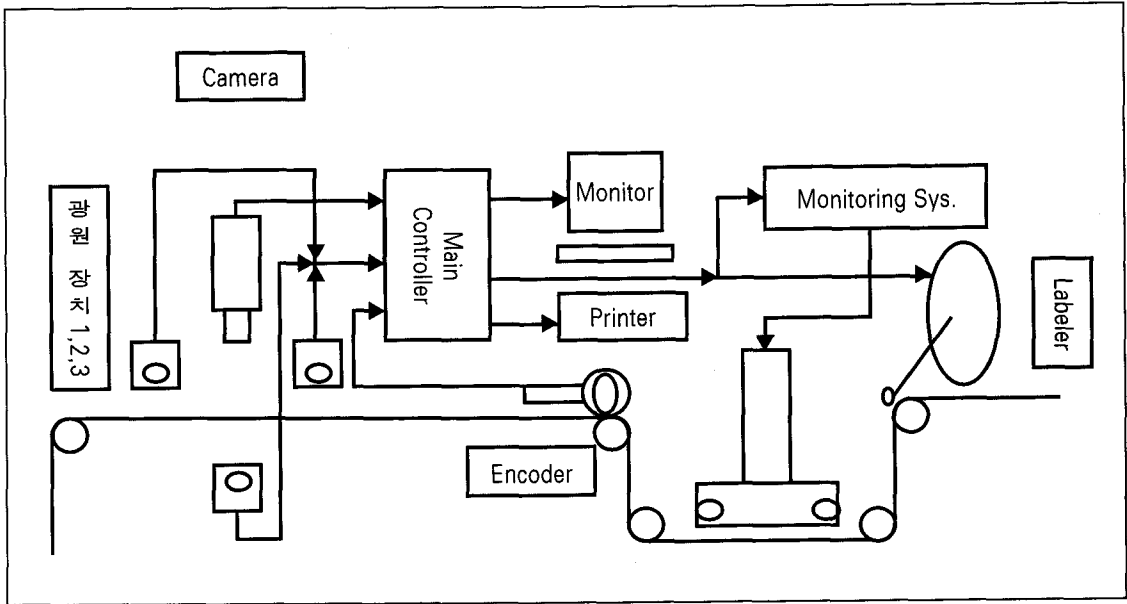
- B/W Line Scan Camera(흑백 Line Scan Camera)

· CCDSensor : 1024, 2048, 5000, 7500 Pixels

· Line Scan Rate : 100, 200, 300, 500, 700 usec

· Analog : 0-5V / Digital : 8Bits Out-Put

(그림 1) 인쇄검사시스템 구성도



(표 1) B/W Line Scan Camera

카메라	scan비	주사시간	화소수	scan비	주사시간	화소수	scan비	주사시간	화소수
단위	MHz	msec	bits	MHz	msec	bits	MHz	msec	bits
수치	10	0.22	2,048	12	0.43	5,000	40	0.11	5,000

- 1-Line Color Line Scan Camera (=단판식 Line Scan Camera)

- CCDSensor : 2048, 5000 Pixels
- Line Scan Rate : 300 usec
- Analog : 0-2.5V Out-Put

- 3-Line Color Line Scan Camera (=삼판식 Line Scan Camera)

- CCDSensor : 1024, 2048 Pixels
- Line Scan Rate : 105 usec

· Analog : 0-4.5V Out-Put

- CCDSensor 종류

- 카메라 & 렌즈 : 횡(CD, x 방향)방향 결점 정도를 결정하는 요소.

- 최대 속도와 최소 결점사양

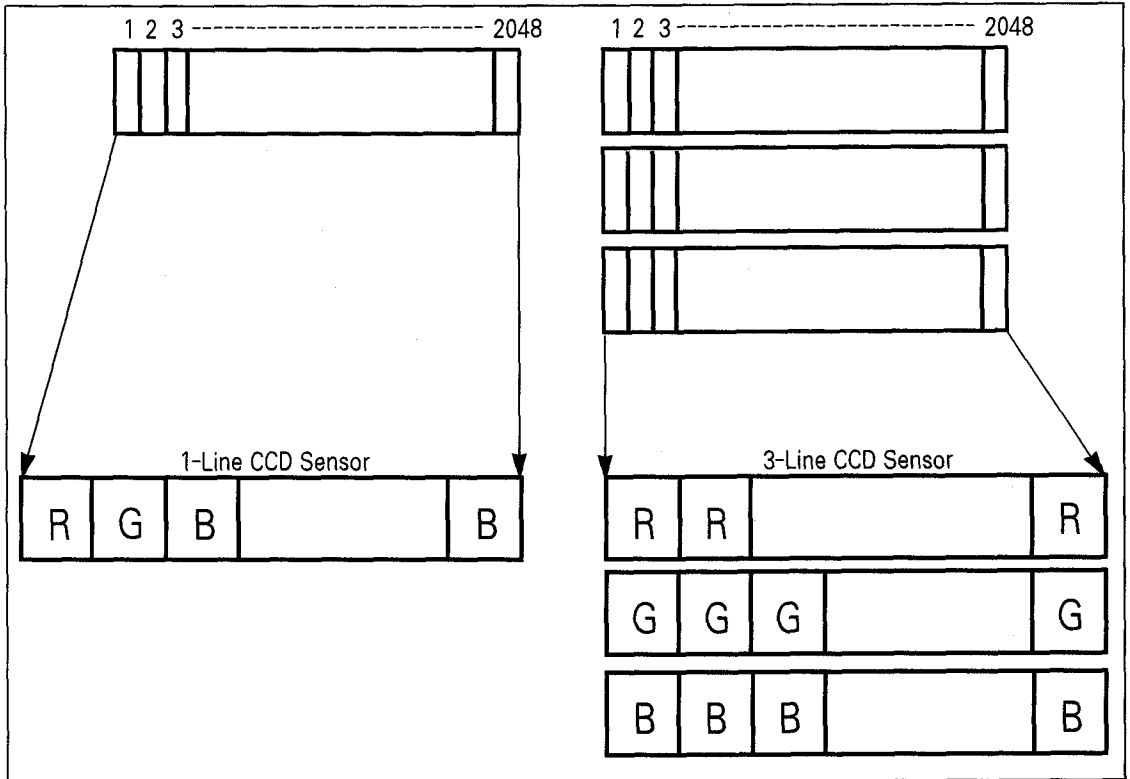
(표 2) 최대 속도와 최소 결점사양

결점 사양	최대속도	최소결점	검출폭	OVERLAP
단위	m/min	mm	mm	mm
수치	250	1.00	402	5

(표 3) CCD 소자 크기와 렌즈의 확대 비율

카메라	scan비	scan비	화소 수	최소 간격	화소 폭	수광면 길이	이론분해능	검출 거리	LENS
단위	Mhz	msec	bits	um	um	mm	mm	mm	fF
수치	8	0.15	1,024	14	14	14.34	0.20	0.129	35:1.4

(그림 2) CCDSensor 종류



- 보통 카메라 내부의 CCD 소자 크기와 렌즈의 확대 비율로 결정된다.

CCD 소자 1픽셀의 크기가 14미크론인 경우 15배 확대하면 0.21mm로 된다. 따라서 2048개의 CCD소자인 경우 $2048 \times 0.21\text{mm} = 430\text{mm}$ 가 1대의 카메라 시야가 된다.

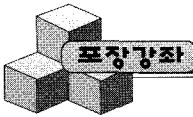
3-2. Light Source(=광원 장치)

- 광원으로서의 다양한 형태의 광원이 있지만 특히LINEScan Camera광원으로 자주 사용되는 거스 형광등, 할로젠, Xenon, LED등이 있으며, 특히 원단 폭의 변화에 유연한 고가인

Optic-Fiber 조명과 결합된 조명이 가장 신뢰성이 높다. 또한, 광원의 선택은 검출 제품에 따라, 검출속도 및 정도에 따라 사양이 수시로 변할 수 있다.

- 반사 광원 및 투과 광원(=Fluorescent Lamp)

· 일반적인 형광등은 50/60Hz용을 사용하지만 Line Scan Camera는 고속주사가 필요하므로, 20KHz 이상의 고주파 점등 방식을 채용해야 합니다. 만약 고주파 형광등을 사용하지 않을 경우에는 Flicker 현상(=점멸 현상)이 발생하여 검출 정도를 떨어뜨린다.



- 유효 조명 폭: 500, 1,100, 1,350, 2,100mm
- 소비 전력: AC220V/40, 80, 160, 220 VA
- 일반적인 저가의 제품으로 AC 전원에 의한 Flicker 현상과 원단 폭에 의한 규격 제품의 제한으로 근래에는 LED를 이용한 조명을 많이 사용한다.
- 할로겐 조명(=Halogen Lamp)
 - 소폭의 저가용으로 가장 많이 사용하지만 Lamp의 발열 및 사용 기간에 따른 조도(=광도: lx)의 급격한 감소로 비번한 Lamp 교환을 해야 한다.
 - 원단 폭이 넓은 경우 광 파이버와 같이 결합하여 사용한다.
- 유효 조명 폭 : 100, 200, 300mm 등 주문에 의해 제작 가능.
- 소비 전력 : DC 12, 24V / 20, 40VA
- 크세논 조명(=Xenon Lamp)
 - 할로겐 램프의 단점을 보완한 대체 광원으로 사용하지만 고가 및 적용 램프의 선정상 어려움으로 고 정도를 요구하는 제품에 한하여 사용한다.
 - 원단 폭이 넓은 경우 광 파이버와 같이 결합하여 사용한다.
- 유효 조명 폭 : 100, 200, 300mm 등 주문에 의해 제작 가능.
- 소비 전력 : DC 360V / 6, 18, 60, 80, 110VA
- LED 조명(=Light Emitted Device)
 - 형광등의 단점을 보완한 최근의 대체 광원으로 사용하지만 고가의 약점을 제외하면 향후 훌륭한 대체 조명이 될 가능성이 있음.

- 유효 조명 폭 : 500, 1,000, 1,500mm 등 주문에 의해 제작 가능.
- 소비 전력 : DC 60V / 10, 20, 60VA

3-3. 엔코더(=Encoder)

- 기계 속도를 감지하여 진행 방향(MD) 정도를 결정하는 요소
- 진행 방향(MD, y방향)결점 정도는 기계 속도와 카메라 Scan Rate로 결정된다.
- 만약, 카메라 스캔비=105usec, 기계 속도=150m/Min인 경우 이론상 $106 \times 10^6 \times 150 \times 10^3 / 60 \text{sec} = 0.265 \text{mm}$ 로 된다.
- Encoder의 분해능은 0.25mm/pukes로 된다.

(표 4) CD 및 MD 분해능

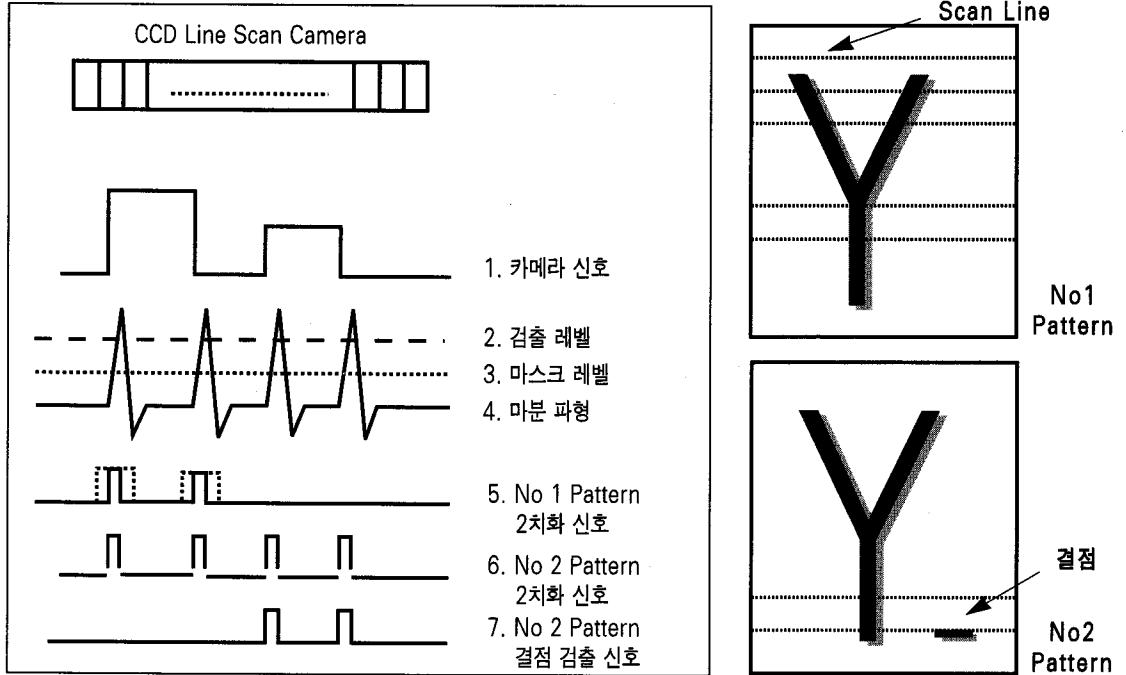
엔코더	Pulse 수	PULLEY		CD분해능	MD분해능
단위	Pulse/rev	직경 mm	원주 mm	mm/bit	mm/pulse
수치	1,000	79.58	250	0.14	0.25

- CD(Cross Direction) 및 MD(Machine Direction) 분해능
- CD분해능=검출폭 / 화소수(mm/bit)
- MD분해능=원주 / 펄스수(mm/pulse)

3-4. Main Controller

- 결점 검사의 원리 : 다양한 검사 방법이 많지만 크게 분류하면
- 미분 차분 영역 추출 방식
- 패턴 매칭 방식(Pattern Matching)이 있다.
- 미분 차분 영역 추출 방식
 - No1 Pattern에 대한 1) 카메라 신호는 문자 Y의 윤곽부에서 입수된 것이다. 이 카메라 신

(그림 3) 미분 차분 영역 추출 방식



호를 미분하면 4) 미분파형을 만든다. 미분파형 신호의 3) 영역 마스크 레벨을 넘는 부분에서 5) 영역부 마스크 2치화 신호를 만든다. 이 영역부 마스크 2치화 신호에서 영역부를 추출한 신호가 마스크 데이터로 된다. 이 동작을 MD 진행 방향분해능(1Line)씩 똑같은 방식으로 NO 1Pattern(1 Frame)을 영역부 마스크 데이터로 만든다.

· 다음의 Pattern도 똑같이 1 Line씩 카메라 신호를 미분 처리한다. 결점이 없는 부분에서 카메라 신호의 미분 파형은 영역부를 제거하여 변화하지 않는다. 즉 결점 Line의 카메라 신호는 결점 부위에서 미분 파형이 변화한다. 앞에서의 Pattern에서 만든 영역부는 무시하여 검사를 진

행하지만 결점 부위는 영역부에 없기 때문에 마스크를 생성시키지 않으므로 미분 파형의 변화에서 이상을 판단한다.

· MD방향 결점의 크기는 영역부(Mask)를 제외한 미분파형이 변화한 Line 수로 판단하고, CD방향은 미분파형의 간격으로 결점 크기를 계산한다. 결국 영역부를 검사하여 영역부 이외의 카메라 신호변화(미분)에 따라 결점을 검출한다.

· 미분 처리와 같이 차분 처리는 MD 방향 혹은 CD 방향의 1화소 전의 카메라 신호 데이터를 Digital화 하여 256 레벨로 색조 차를 얻은 결점으로 한다. 차분 처리는 카메라 신호를 디지털 변화하여 색조 차를 구하는 방식이다.

그림에서 문자 Y영역부와 결점 영역부에 색조 차가 나타났다. 영역부는 마스크 데이터에 따라 검사되므로(무시) 결점만이 색조 차로써 인식된다.

- 패턴 매칭 방식(Pattern Matching)

· 카메라CCD화소(2048 Pixel)분의 신호 Data를 Digital화하여 메모리에 기억시킨다. 이것을 1Line 씩 2048회 반복하여 1Frame의 기준 화상 Data로 구성한다.

· 작성된 기준화상 Data의 다음 Pattern Data와 1Frame씩 매회 비교한다.

· 결점 크기와 색 차가 있는 Frame를 카운트 하여 계산한다.

· 1Frame의 비교는R,G,B 삼원색으로 분해하여 기준 화면과 검사 화면의 색조차를 비교한다. 예를들어, 2048Line의 화소 구성이면 1Line당 2048x3=6144회의 연산이 필요하다. MD 방향의 분해능을 0.33mm, 1Pattern 길이를 678mm, 기계속도를

150m/Min으로 하면 Web은 2500mm/sec 속도로 진행한다. Data 처리 횟수는 $2500(\text{mm}/\text{sec}) / 0.33(\text{mm}) = 7575\text{회}$, 따라서 카메라 1대에는 $7575\text{회} \times 6144\text{회} = 46,540,800\text{회}$ 의 1초당 연산 속도가 필요하다.

카메라가 복사개의 경우는 정수배의 연산 능력이 필요하다.

- Inspection Method

· Self Learning Method

Real Time인쇄 정보에 대한 Master Pattern 신호를 Memory에 연속적으로 갱신하는 방법.

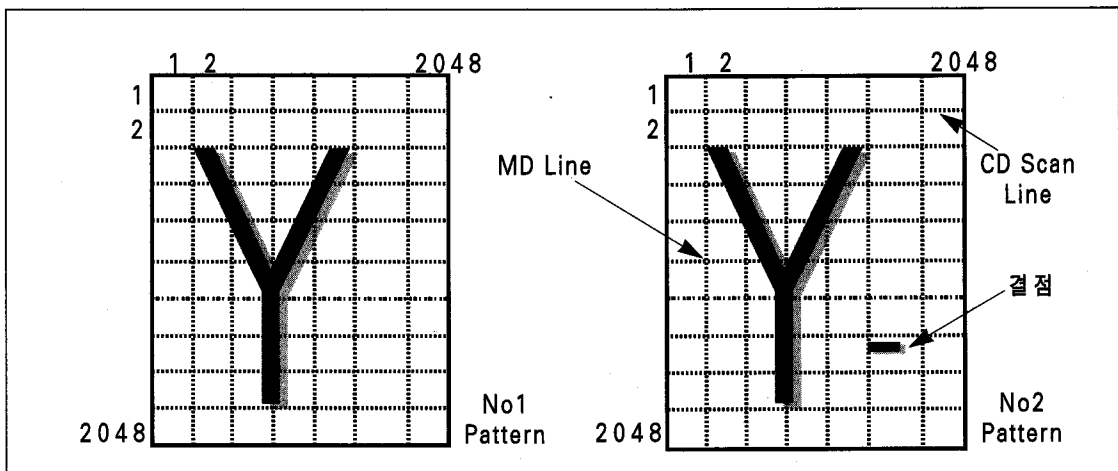
· Bench Mark

초기 양품의 인쇄 제품을 메모리에 Master Pattern으로 저장하고 진행중인 인쇄 Pattern을 비교, 판정하는 방법.

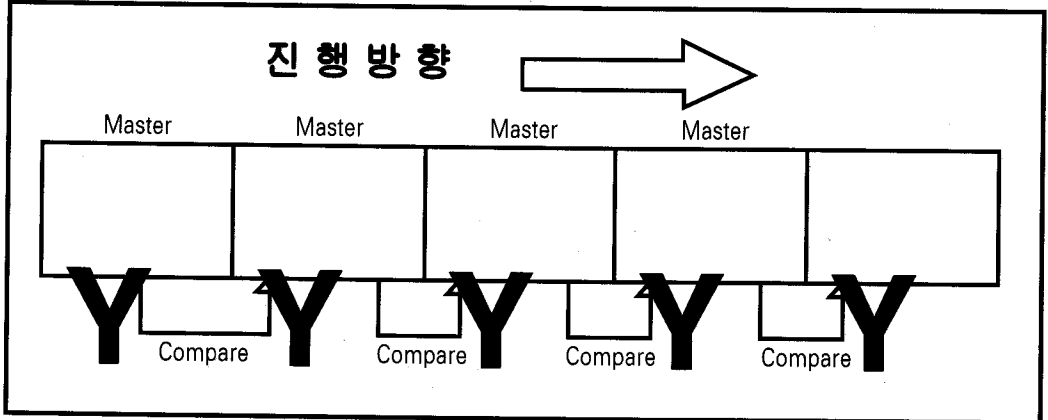
· Semi Bench Mark

- 기본 사양 ; 기계속도=50n/Min, 카메라 화소수=1024bits [표 5]참조

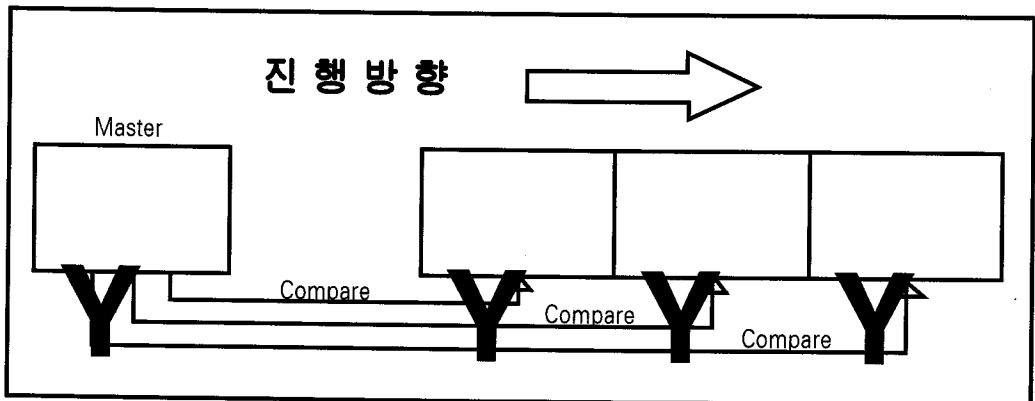
(그림 4) 패턴 매칭 방식(Pattern Matching)



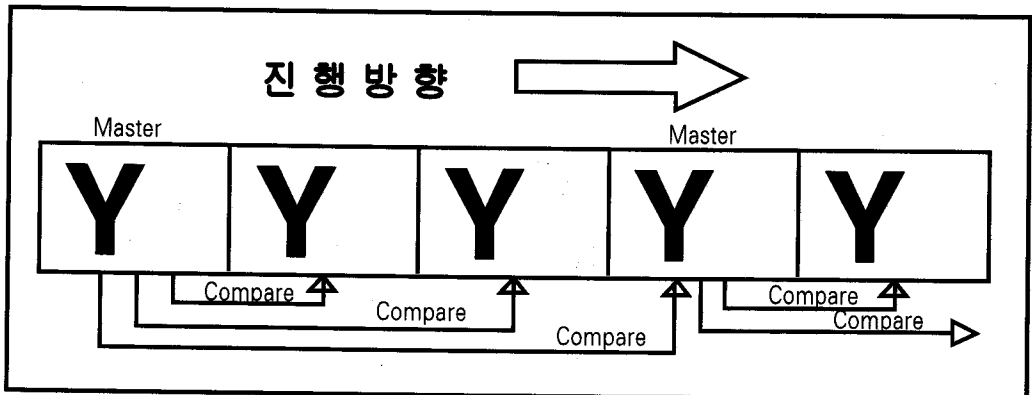
(그림 5) Self Learning Method



(그림 6) Bench Mark



(그림 7) Semi Bench Mark



[표 5] 기본 사양

기계	기계 폭	유효 폭	대당 거리	카메라	총 검출폭	검출폭/CH	OVER LAP	CD 분해능	MD 분해능
단위	mm	Mm	mm	수량	mm	mm	mm	mm/bit	mm/pulse
수치	1,300	1,200	200	6	1,205	205	5	0.23	0.50

[표 6] 운영 체계 사양

검출 회로	신호 처리	미분 신호 : A(미분)	
		비디오 신호	Cross Dir. : B, C(문침, 핀홀) Machine Dir. : D(줄, 바코드)
	검출 방법	2차화 신호 처리	
	결점 검출	A, B, C, D; 4Levels	
판정 회로	패턴Mask	A, B, C, D; 4Levels	
	판정 방법	폭·길이; AND 회로	
	판정 Level	A, B, C, D; 4Levels	
	판정 지역	Lane 으로	
	Lane 수	최대 8 Lanes	
	폭 정수	System Clock(CD분해능); 8(MHz)	
	길이 정수	PG Clock(MD분해능); 0.25mm/P	
검사 폭	Lane 수	최대 8Lanes	
	Edge Mask	가변(수동 입력)	
	Lane폭	가변/균등(수동 입력)	



3-5. Printer

- 생산제품의 불량 수율관리용 출력 Printer

3-6. Monitoring System(=Option)

- 인쇄결점 발생시 알람으로 작업자에게 숙지하고 그 불량 위치를 카메라로 모니터링 하는 시스템

3-7. Labeler(=Option)

- Web이 Roll상태로 보통 4000m이므로 인쇄결점 발생시 결점 부위를 표시하게끔 라벨 부착. ☐

- 운영 체계 사양

[표 6]참조

- 기계속도와 카메라 최소 결점 검출 크기 상관 관계 [표 7]참조

[표 7] 기계속도와 카메라 최소 결점 검출 크기 상관 관계

기계속도		최소결점 (mm)	Scan Rate(주사주기) = 결점정도/속도			주사주파수 = 1/T	
(m/Mim)	(mm/sec)		(sec)	(msec)	(usec)	(Hz)	(Khz)
300	5,000	1.20	0.00024	0.24	240	4167	4
250	4,167	1.00	0.00024	0.24	240	4167	4
200	3,333	0.80	0.00024	0.24	240	4167	4
150	2,500	0.60	0.00024	0.24	240	4167	4
100	1,667	0.40	0.00024	0.24	240	4167	4
75	1,250	0.30	0.00024	0.24	240	4167	4
0	833	0.20	0.00024	0.24	240	4167	4