

---

# 고속 대용량 ATM Switching칩 구현을 위한 MCM기술 적용

김남우\* · 허창우\* · 임실묵\*\*

High-Speed, Large-Capacity ATM switching-chip  
Implemented by MCM Technology

Nam-Woo Kim\* · Chang-Wu Hur\* · Sil-Mook Lim\*\*

## 요약

본 논문에서는 고속 대용량 ATM교환기에 쓰이는 스위칭소자들 중 서로 관련 있는 두 종류의 칩을 MCM 기술을 이용하여 하나의 칩으로 구현하고 그 기능을 검증하였다. MCM은 소형화와 이종간 소자의 결합이 주목적으로 개발된 기술로서 하나의 패키지 상에 다양한 칩들을 실장 함으로써 칩간 지연시간이 시스템 성능향상을 가져오며 고성능화와 소형화가 시스템 개발에 도움으로 주는 기술로 각광을 받고 있는 기술이다. 고속 대용량화를 위해 구현된 MCM 스위칭 칩의 기능 검증을 위하여 기존에 개발된 칩들의 VHDL코드를 가지고 시뮬레이션 모델을 생성하였고, 시뮬레이션을 통해 모델링된 패턴의 입출력 값을 얻었다. 칩 테스트 장비에 패턴 값을 입력하여 시뮬레이션 결과와 비교함으로써 동작성능을 평가하였다.

본 연구에서 실행된 시뮬레이션은 SUN 워크스테이션 상에서 Synopsys를 사용하였고, 칩의 기능 시험은 Trillium장비를 사용하였다.

본 연구를 통하여 시뮬레이션을 통해 얻은 결과와 시험장비를 통해 얻은 결과를 비교한 결과 처음에 목적인 패턴의 시험에 대한 기능들이 일치됨을 알았다.

## ABSTRACT

In this paper, high-speed, large-capacity ATM switching-chip is developed by MCM technology. MCM technology is suited for light-weight portable communications, mobile computing, high-frequency applications. For test of the developed MCM switching-chips, the simulating model is made by VHDL code of previously developed chip and input-output values of modeling pattern are obtained through the simulation. After the pattern values in chip-test machine are inserted, their results are compared with the simulation results. The design in this paper is simulated by synopsys design tool using SUN workstation and functions of chip is measured by TRILLIUM machine. Simulated and measured results have been compared, showing close agreement. Last, the MCM technique presented in this paper will provide useful insight into future designs.

---

\* 목원대학교 대학원  
접수일자: 2001. 7. 31

\*\* 한국산업기술대학교

### I. 서론

멀티미디어 시대가 다가옴에 따라 초고속 디지털 통신을 가능하게 하는 ATM 교환기의 개발이 진행되고 있다. 이러한 시스템의 전체 throughput은 2.4Gb/s 급에서 10Gb/s급 규모이며 현재 개발되고 있는 대부분의 교환기는 과거부터 많이 사용되던 실장방식을 사용하고 PGA (Pin Grid Array)와 QFP(Quad Flat Package)등의 소자를 사용하여 구현하고 있다. 기존의 실장방식은 스위치의 규모가 커질 경우 I/O핀 수의 한계와 냉각기술의 한계 때문에 문제점을 가지게 된다.[1] 이렇듯 고성능화와 소형화가 시스템 개발에 따라 하나의 패키지 상에 다양한 칩들을 실장 할 수 있는 멀티칩모듈이 최근에 이르러 차세대 LSI실장기술로 각광을 받게 되었다. MCM 개념은 1980년대 초에 등장하여 초창기엔 칩의 소형화와 이종간 소자의 결합을 목적으로 사용되어 왔다. 하지만, 칩의 고 집적화가 급속히 이루어짐에 따라 칩간 지연시간이 시스템 성능향상에 상당히 악영향을 미치게 됨에 따라 MCM이 미래의 실장기술로써 각광을 받기 시작하였다.

다음에서는 MCM의 기본구조와 MCM 기술의 종류와 특성, 그리고 이런 장점들을 통한 ATM교환기에 스위칭소자로 사용되고 있는 두 종류의 칩을 MCM화하는 구현 및 테스트 과정을 통해 MCM의 타당성 대하여 기술한다.

### II. 멀티칩모듈(MCM)

멀티칩 모듈의(MCM : Multi-Chip Module) 개념은 1980년대 초에 등장하기 시작하였으나, 초창기엔 소형화와 이종간 소자의 결합이 주목적으로 군사용, 항공우주용, 대형계산기 등의 특수한 분야에 주로 사용되어 왔었다. 하지만, 최근에는 LSI의 한계성이 드러나게 됨에 따라 MCM은 차세대 LSI실장기술로써 워크스테이션, PC, 통신 기기 등으로 그 응용분야가 확대되고 있다. 미세 가공기술의 발달로 LSI의 고기능화, 고속화가 실현되었지만 실리콘의 특성이 고속화되면서 패키지와 프린트 기판상의 신호전달 지연이 상대적으로 시스템 고속화의 커다란 장애요인으로 등장하게 되었다. 즉 실리콘의 속도가 빨라져도 실장의 전달특성이 개선되지 않는 한 시스템의 고속화는 한계점에

도달하게 된다. [표1]에서 보는 바와 같이 1990년대 후반에 이르면, CMOS의 설계 룰은 0.25미크론, DRAM은 256Mbit, 게이트 어리의 수는 6백만 게이트에 이르는 대규모 LSI가 가능해질 것이다. 이러한 LSI칩의 고기능, 고속화는 패키지에도 큰 영향을 초래하게 되고, 기존의 실장기술로는 LSI칩의 성능을 충분히 이끌어낼 수 없게 된다.

표 1 1990년대 CMOS 개발 추이

CMOS 실장기술	메모리 제품대		포지 제품대		전원 전압 (V)
	DRAM 집적도 (M)	SRAM 액세스 시간 (ns)	GA 집적도 (K)	CPU 클럭 (MHz)	
0.5 $\mu$ m	16	10	500	75	5/3.3
0.35 $\mu$ m	64	7	1.6	120	3.3
0.25 $\mu$ m	256	5	6000	200	2.0/2.5

표 2 패키지 및 보드에 의한 지연 영향

		1989	1992	1995
C M O S	게이트 지연시간	200	140	125
	칩 지연시간	468	399	375
	패키지 지연시간	548	476	465
	보드지연시간	668	593	579
Bi C M O S	게이트 지연시간	175	135	120
	칩 지연시간	395	337	304
	패키지 지연시간	440	379	343
	보드 지연시간	515	451	412

[표2]는 CMOS 및 BiCMOS LSI를 사용한 시스템 가운데 신호전달지연을 각 요인별로 수치화 한 것이다. 표에서 보는 바와 같이 1989년에 CMOS의 패키지 및 보드 지연시간은 1216ps로 총 지연 시간(1884ps)의 64.5%정도였으나, 1995년엔 1044ps로 총 지연시간(1554ps)의 67.6%에 이르게 된다. 앞으로 패키지나 보드에 의한 지연시간이 정제 지연시간에 미치는 영향은 더욱 커지게 되고, 시스템 전체 성능은 크게 개선되지 않게 될 것이다.

따라서 실장에 기인하는 지연시간의 개선이 향후

시스템 고속화의 주요 요건으로 작용하게 된다. 그리고, 실리콘 기술의 발달에 따른 LSI의 고집적화는 Lenz의 법칙으로 알 수 있듯이 패키지 핀 수의 증대를 초래하게 되며, 소비전력도 고집적화에 비례하여 증대에 따라 패키지 및 실장에 많은 어려움을 초래하게 된다.

칩 직접도가 더욱 높아지는 ULSI 시대에 이르게 되면 이러한 현상은 더욱 커지게 된다. 따라서, 최근에 이르러 이러한 현상을 줄일 수 있는 실장기술로 MCM이 각광을 받기 시작하였다. 여기서 MCM 기술의 기본구조 및 특징에 관하여 간략하게 알아보고, 현재 어떤 제조기술이 개발되고 있으며, 제 외국 및 업체의 MCM 개발은 어느 정도의 단계에 이르고 있는지를 알아보고, 앞으로 어떤 문제점들이 해결되어야 하며, 향후 시장은 어떻게 될 것인가를 알아보기로 한다.

### 2.1 기본구조

MCM은 여러 개의 베어칩을 고밀도 배선기판 상에 탑재함으로써 기존 시스템에서 발생하였던 패키지와 보드상의 지연시간을 배제하여 칩간 신호 교환시 발생하는 전달지연을 최소화함으로써 시스템의 고속화룰 도모할 수 있는 실장기술이다.

또한, MCM 전용의 LSI 칩을 설계하면, I/O 버퍼가 필요 없게 되기 때문에 버퍼의 지연시간이 작아지며, 시스템의 속도를 더욱 높일 수 있게 된다. LSI 칩의 경우 75MHz 이상에서 동작하게 되면, MCM과 같은 실장에 의한 특성 페널티를 최소한으로 하는 수법을 사용하지 않으면 시스템의 동작속도를 개선할 수 없게 된다. 또한, MCM의 채용으로 현대 LSI에서 바로 다음 세대의 성능을 끌어낼 수 있게 되었고, 종래 방식보다 CPU Cycle Time이 2배 이상의 고속화가 가능하여 졌다는 IBM의 보고도 있다.

### 2.2 MCM의 특징

MCM은 여러개의 칩을 하나의 기판 상에 접착함으로써 기존에 비해 여러 가지 이점을 제공하게 된다.

- 성능향상 : 칩간 거리의 단축과 기생손실의 저하로 시스템의 고속화가 이루어진다.
- 이종간 소자 결합 : 아날로그 칩이나 디지털 칩과 같이 특성이 다른 소자들을 하나의 모듈상에 구

현할 수 있게 된다.

- 소형화 : 크기와 무게를 줄일 수 있어 휴대용 컴퓨터와 같은 소형 시스템의 개발에 용이하게 된다.
- 신뢰성 증가 및 핀수 감소 : 기존의 다중 패키지 방식에 비해 핀 수가 감소하게 되며, 인터페이스가 적어 신뢰성이 증가하게 된다.
- 효율적인 열대책 : LSI 칩의 고속화는 소비전력의 증대를 가져오게 되는데, 최근에는 소비전력이 10W 이상의 칩이 개발되고 있다. 따라서, 이러한 고소비전력의 칩마다 방열대책을 마련하는 것보다 열전도가 우수한 기판에 칩을 직접 실장하여 모듈화 함으로써 일괄적으로 방열대책을 취하는 것이 보다 효율적이다.
- 비용절감 : MCM 실장 자체는 원칩 실장에 비해 비용이 낮은 것이 아니지만, 하나의 MCM은 수 개의 칩을 실장 함으로 전체적인 비용에서 절감이 이루어지게 된다.

### 2.3 MCM의 분류

많은 업체들이 여러가지 구조와 금속을 사용하여 다양한 MCM 실장 기술을 선보이고 있다. 일반적으로 MCM은 사용하는 기판의 형태에 의하여 MCM-L, MCM-C, MCM-D, MCM-L/D, MCM-C/D 등으로 분류되며, 칩접착(chip attach) 방법에 따라 DCA, TAB, SCC 등으로 분류되기도 한다.

#### 가. 기판기술에 의한 분류

MCM을 기판기술에 의하여 분류하면, 기존의 프린트 기판기술이나 세라믹 실장기술을 응용한 MCM-L과 MCM-C, 금속 혹은 실리콘 기판상에 박막기술을 응용하여 고밀도배선층을 형성시킨 MCM-Si와 MCM-D 그리고 위의 기술들을 혼합한 MCM-D/C와 MCM-D/L 등으로 분류할 수 있다. 이중 MM-L, MCM-C 그리고 MCM-D는 IPC(Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuit)에서 정의되고 있는 기판기술 이다.

#### MCM-L

기존의 인쇄회로기판을 여러 개 쌓아올린 방식으로 기존 요소기술을 이용한다는 장점은 있으나, 집적도,

열전도성 등에서 난점이 있으며, 장래의 고속화 및 고성능화의 요구에 대응하기에는 한계가 있다.

일반적으로 MCM-L은 8개 이하의 반도체 소자 실장에 사용된다. 리소그라피와 에칭기술을 이용한다. 다른 방식에 비해 제작비용이 적어 앞으로 중 속도 이하의 소규모 모듈화에 많이 이용될 것으로 보인다.

**MCM-C**

MCM-C는 1980년대 초에 메인프레임 및 슈퍼컴퓨터에 사용할 목적으로 개발이 이루어졌는데 일반적으로 하나의 모듈에 4~100개의 배어칩을 실장하며, 초창기엔 고용점 금속(refractory metal)으로 동시소성(co-fire)된 알루미늄 세라믹기판을 사용하였으나, 새로운 유리 세라믹 절연체의 개발로 고성능화를 이루게 되었다.

현재 절연체의 특성 개선과 배선의 직경 축소를 통한 배선밀도를 증가시키는 연구가 이루어지고 있다.

**MCM-D**

MCM-D는 1984박막기술을 이용한 것으로 금속 또는 실리콘 기판상에 고밀도배선층을 형성하기 때문에 집적도 및 고속성의 면에서 유리한 고지를 점하고 있으며, MCM 제작의 주류가 될 것으로 보인다.

MCM-D는 금속 또는 실리콘 기판상에 폴리이미드를 절연체로, 구리를 도체로 사용하는 고밀도 배선층을 형성하는 것이 일반적이며, 두꺼운 절연층의 형성이 비교적 용이한 점에서 배선용량을 적게 할 수 있으며, 고속화에도 유리하게 된다.

**MCM-Si**

MCM-D와 같이 MCM-Si도 박막기술을 이용한 방식으로 고집적도 및 고속성으로 지니고 있다. 실리콘 기판상에 알루미늄을 도체로 SiO<sub>2</sub>를 절연막으로 하여 프린트 기판을 대체하여 사용하는데, 기존의 LSI공정을 이용하여 제조가 가능하다. 따라서, MCM-Si는 종래의 제조설비 및 라인의 이용이 가능하여 설비비용이 낮아 기존 LSI 제조업체들이 많이 이용할 것으로 보인다.

**기타**

MCM-D/C는 VDD, GND등의 층을 동시 소성된 세라믹 기판상에 구리를 도체로, 폴리이미드를 절연막으

로 하는 다층 배선층을 형성하는 방식으로 MCM-D의 성능을 유지하면서 기판과 패키지를 일체화함으로써 비용절감을 가져 올 수 있는 방식이다.

표 3 기판 기술에 의한 MCM 의 분류

	MCM-L	MCM-C	MCM-D
기판종류	인쇄회로기판	세라믹기판 (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 유리세라믹)	Si,Al,세라믹 (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,AlN)
배선재료	Cu	W,Mo,Au, Ag,Cu등	Al/SiO <sub>2</sub> ,Cu/ 폴리아미드
최소 선폭(μm)	75	100	10
금속층 수	1~50	1~75	1~8
도선 저항 (mΩ/sq.)	0.15 ~ 3	2 ~ 20	3 ~ 35
상대적인 투자율	-	-	4 ~ 12
베이스 기판 절연체	3.5 ~ 5	5 ~ 8	2.8 ~ 4
저항치 (Ω)		0.1 ~ 1M	0.1 ~ 100M
열 확산계수	4 ~ 16	3 ~ 8	3 ~ 7.5
열전도율 (W/m℃)			25 ~ 260
베이스 기판 절연체	0.15 ~ 0.35	1.5 ~ 2.5	0.15 ~ 1
장 점	저 가격, 저 유전율	고방열성	고 배선밀도, 저 유전율, 고 방열성

나. 칩접착(chip-attach) 방식에 의한 분류

기판에 칩을 접하는 방법에 따른 분류는, 칩을 기판상에 직접 접착하는 DCA(Direct Chip Attach), 대량생산이 가능한 TAB(Tape Automated Bond) 그리고 칩보호등을 목적으로 칩 캐리어를 사용하는 SCC(Single-Chip Carrier Attached)등으로 나눌 수 있다. 또한 SCC는 박막과 유리패키지를 결합하는 방법에 따라 FTC(Flip Tabbed Carrier), FTIC(FTC with Interposer) 그리고 MCC(Microchip Carrier)등을 분류된다. [표4]는 일반적으로 대형 시스템에 사용되고 있는 패키지를 칩접착방식에 따라 비교한 것이다.

표 4 칩 접착 방식에 의한 MCM 의 분류

칩 접착 방식	칩 수	칩 크기 (mm)	칩간 격 (mm)	칩 I/O	I/O 간격 (mm)	칩 캐리어 (mm)
DCA	100~121	6.4	11	650	0.225	-
TAB	9~72	10.0	30	360	0.200	-
MCC	36~41	10.0	16	530	0.450	12
FTCI	144	13.0	19	460	0.640	17
FTC	100	14.0	20	600	0.675	18
	가판 크기 (mm)	가판 I/O (K)	유선 수	실리콘 패키지	I/O 개수	TOP (ps/cm)
DCA	128	2.7	5.3	0.375	>5.00	77
TAB	108	8.0	3.5	0.11	<1.00	62
MCC	106	2.5	5.9	0.39	2.00	81
FTCI	245	8.6	5.7	0.47	1.25	80
FTC	225	11.6	3.5	0.49	1.50	62

실리콘/패키지 비에서 알 수 있듯이 TAB는 칩 면적에서 배선능력이 떨어지므로 배선능력을 높이기 위하여 칩 면적을 크게 잡아야 하는 단점이 있다.

## II. 스위칭 칩의 MCM 구현

지금까지 고속이면서 다양한 종류의 정보교환을 위한 방법으로 연구되어온 많은 기술들 중에서 ATM은 높은 지명도를 가지고 지금까지 꾸준한 연구를 계속해 오고 있다. 일반적으로 교환기는 통화로부와 제어부로 구성되어 있다. 통화로부는 가입자 상호간 혹은 교환기간에 대한 전송로를 제공하는 부분을 말하며, 제어부는 모든 교환절차 및 교환기 내부관리를 제어하는 부분이다.

특히 교환기의 핵심부분인 제어부는 가입자와 가입자 교환기와 교환기가 서로 통돌이 일어나지 않고 원하는 목적지로 올바른 정보를 보낼 수 있도록 하는 역할을 하는데, 여기에서 MCM으로 구현하고자 하는 두 칩또한 ATM에서 이 제어부에 속한다. 이 두칩은 함께 구성함으로써 ATM에서 스위칭을 목적으로 개발

된 것으로서 수GBps급의 ATM스위치를 구성할 수 있다. 이 두 칩의 시스템 동작 주파수는 50MHz이며, 3.3V 전원을 사용하고 있으며 패키지 방식은 GPGA를 사용하고 있다. 서로 유기적으로 동작하는 이 두 칩을 MCM으로 구현함으로써 대형의 고속 스위치 시스템을 구현하기 위해서 기존의 시스템을 확장 시키는 식의 비효율적인 방법에서 벗어나서 집적화되고 소형에서도 대용량의 교환시스템을 구축할 수 있는 잇점을 가지고 있다.

위에서 많은 종류의 MCM에 대하여 기술하였지만 집적도 및 고속성의 면에서 유리한 MCM-D를 이용하였다.

MCM의 개발부터 제작 후 검증의 과정까지의 흐름을 보면 기존에 검증으로 거쳐 이미 칩으로 사용된 칩의 VHDL소스를 이용하여 MCM의 소스를 만들고, synthesis를 통해 Fab에서 사용할 netlist를 제공하게 된다. 이때 수 차례의 시뮬레이션과 디버깅 작업이 계속되는 데, MCM제작 후에 동작의 적합성이나 성능의 비교를 위하여 세 가지의 패턴을 테스트 벤치로 작성하여 시뮬레이션을 통하여 결과를 얻었다. 이 시뮬레이션 결과는 MCM의 기능검증을 위해 사용된다. Fab. 공정은 다른 곳에서 이루어 졌으며, 테스트 장비의 한계로 인해서 PBA를 제작하여 MCM칩을 실장한후 테스트 하고자하는 패턴의 데이터를 테스트 장비에 넣고 그 결과를 시뮬레이션 결과와 비교하여 봄으로서 정상적인 기능 검증과 시스템의 성능을 분석하였다. [그림1]은 MCM제작의 과정을 대략적인 흐름도로 그린 것이다.

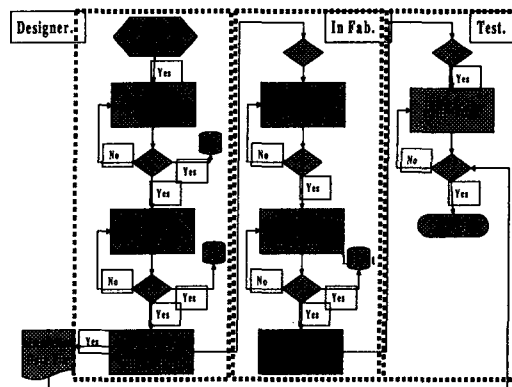


그림 1 MCM 구현을 위한 흐름도

모든 과정은 VHDL을 이용하였으며, Synthesis를 위하여서는 Synopsys라는 이름으로 더 잘 알려져있는 CAD툴을 사용하여 합성 및 시뮬레이션을 하였다. MCM 테스트를 위해서는 트릴리움이라는 장비를 사용하였다.

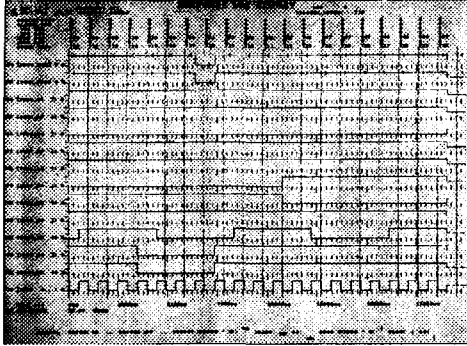


그림 2 트릴리움 장비의 출력화면

[그림2]는 트릴리움 장비를 통해 얻은 자료화면인데, 테스트를 위해서 준비된 패턴의 입력에 따른 출력을 보여주고 있다.

테스트 결과 PBA를 통하여 신호를 얻어보기 때문에 약간의 지연이 일어났으나 실제 동작하는 기능에는 전혀 문제가 없는 것으로 판명되었다.

결과적으로 제작된 MCM의 사양과 외형은 다음과 같다.

표 5 MCM Spec.

Parameter	Specification
Die	A: 2EA (5.6W X 2) B: 1EA (4.7W)
Die size	A: 11.99×11.99 mm <sup>2</sup> B: 16.15×16.15 mm <sup>2</sup>
Number of Die Pad	A: 488(454) * B: 528(495)
Pad pitch	A: 91.5m B: 110.5m
Pad size	A: 71.4×71.4m <sup>2</sup> B: 87.5m
Total signal I/O	393
I/O speed	46.94Mbps
MCM size	Max 60X60mm <sup>2</sup>
Total height	25mm(including heatsink)

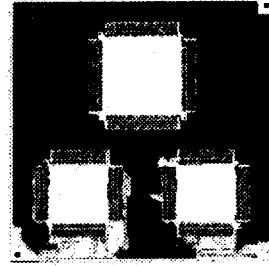


그림 3 제작된 MCM칩

### III. 결론

제작된 MCM을 이용하여 시스템에 적용한 결과 기존에 쓰이던 소자들의 역할을 정상적으로 수행할 뿐만 아니라 차지하는 면적의 감소를 통하여 작은 면적에 많은 스위치 모듈을 삽입할 수 있게되어 기존의 시스템 정도의 크기에서도 더욱 높은 throughput을 낼 수 있는 고속 대용량의 교환기에 적용할 수 있을 있음을 알았다.

문제점으로는 일단 제작단계에서 수율이 낮아서 die의 상태가 좋은 것을 얻는 것이 중요하다는 것과, 여러개의 칩을 동시에 한곳에서 구현하다보니 열이 많이 나서 그 열처리 기술이 주요하다는 것이다.

앞에서 열거한바와 같이 MCM은 기반이 되는 기술이 현재 사용되고 있는 것들이어서 새로운 공정이나 장비에 들어가는 돈이 많지 않고, 훨씬 더 빠르고 신뢰할 만한 품질을 얻을 수 있을 것으로 전망한다. 하지만 아직까지는 그 개발비가 저렴하지 않아서, 확실한 검증과 필요한 양에 따라서 ASIC으로 제작하는 경향이 많을것으로 본다.

### 참고문헌

- [1] 이명호, 전용일, 박권철 "Book-Shelf 구조에서 ATM스위치 실장 한계에 대한 고찰", 1995년 10월 전자공학회지 제 22권 제 10호, pp.1203.
- [2] 문병주 "멀티 칩 모듈 개발 동향 (I)", 주간기술 동향, pp2-11. 1993.05.31.
- [3] 문병주 "멀티 칩 모듈 개발 동향 (II)", 주간기술 동향, pp2-11. 1993.06.14.
- [4] Sogang-Electical Enginaeerign Spring Acadely

- 99', "MULTICHIP MODULE". <http://eepac2.sonag.ac.kr/REF/mcm.html>", 1998.
- [5] Gerald L. Ginsberg and Donald P. Schnorr, "Multichip module and related technologies : MCM, TAB, and COB design", 1994
- [6] 한국 전자통신연구원 전자소자 패키징팀 "Multi-Chip module Technologies", 반도체 연구부 tal나 자료. 1998, 8, 20.