

전파행정의 정책방향

任 廷 宰

逡信部 電波管理局 周波數課長

I. 서 론

인류가 전파의 존재를 발견한지 100여년이 지난 오늘날, 전파를 이용하는 방법은 놀랄만큼 많은 발전을 거듭하여 무선통신은 말할 것도 없이 선박, 항공기의 항행과 공업용기기, 의료용기기 및 라디오, TV 방송 등 그 이용분야는 급속히 증가하여 확대일로에 있다. 이렇듯 급속히 발전하고 있는 전파의 이용추세가 우리나라에서는 근래에 와서 '보다 용이한 전파의 이용,' '공중통신 우선 원칙에서의 탈피,' '통신시스템의 규격화와 감시기능 강화' 등의 방향으로 전환되면서 전파이용의 활성화가 추진되고 있다.

또한 우리나라의 산업발전과 대외무역이 급격히 증가함에 따라 선진외국으로 부터 국내시장의 개방요구가 날로 심각한 양상으로 전개되고 있어 앞으로 전파이용의 개방이라는 측면에서 볼 때 국내 산업을 충분히 보호하면서 이에 능동적으로 대처할 수 있는 대책이 강구되어야 할 것이다. 이런 관점에서 전파행정의 기본전략은 무엇이고, 추진방향은 어떻게 설정하여 전개해 나갈 것이며, 그에 대한 성과는 어떠한 것인가를 살펴 봄으로써 전파정책의 발전방향을 제시하고자 한다.

II. 전파이용의 현황과 전망

1. 이용현황

전파를 이용하는 무선통신은 송수신기와 공중선만으로 통신망을 구성할 수 있는 경제성과 공간을 자유로이 빠져 나가는 전파의 특성 때문에 통신지점이나 거리에 제한을 받지 않으므로 그 이용이 급증하고 있으며, 또한 의사전달의 수단 뿐만 아니라 전파의 특성을 응용하여 산업, 과학 및 의료 등 인류부

지에도 크게 이용되고 있고, 우주개발이라는 인류의 꿈을 실현할 수 있는 수단으로도 그 중요성이 부각되고 있다.

그러나 아직까지도 전파의 이용은 대부분이 통신과 방송분야에 치중되어 있으며 개인생활, 레저, 스포츠 등 선진국에서는 활발히 이용되고 있는 미약전파 이용분야에서는 현행 전파관리법상의 규제 조건때문에 이용이 극히 저조하거나 전무한 실정으로 이를 주요 부분별로 살펴보면,

고정통신에서 30MHz대 이하는 통신위성, 해저케이블의 도입에 의해 국제통신은 감소하고 있으며, 국내통신에서는 기간통신망 두절시 비상통신용으로 활용되고, 30~1000MHz는 이용기술이 가장 발달하여 산업통신, 공중통신, 방송 프로그램 중계, 행정 및 공익사업용 등에 널리 사용되고 있으며, M/W 통신은 공중통신 방송 프로그램 중계 등 전국을 연결하는 장거리 전송회선에 이용되고 있다.

육상 이동통신에서는 단파대에서 극초단파에 이르기까지 이용되고 있으며, 이용기술이 발달한 150MHz대와 450MHz대가 가장 많고, 특히 초단파대나 극초단파대를 이용하는 차량무선전화, 코드없는 전화기 등은 도시지역을 중심으로 점점 그 수요가 증가되고 있고, 해상 이동통신은 해상에서의 인명안전을 위하여 중파에서 초단파대까지 사용하여 해상공중통신, 항무통신, 어업통신 등에 이용하고 있으며, 항공 이동통신도 해상통신과 같이 인명안전에 직접 관계되는 것으로서 항공기를 대상으로 관제 통신에 이용하고 있다.

고정위성통신에서는 주로 6/4GHz대와 14/4GHz대가 이용되고 있으며, 우리나라에서는 6/4GHz를 사

용하여 금산과 보은의 5개 지구국을 통하여 국제간 음성 및 영상전송에 주로 이용하고 일부 데이터 전송에도 이용하고 있다. 해상위성통신은 1.6/1.5GHz대에서 339채널을 사용하여 88년말까지 36국의 선박 지구국이 국제해상위성기구(INMARSAT)에 가입하여 외국의 해안지구국을 통하여 국내와 통신하고 있다.

표준방송은 526.5~1606.5KHz대에서 120파가 할당되어 우리나라는 이중 92파를 사용하고, 단파방송용은 전세계적으로 5905~29100KHz대에서 모두 617파가 분배되어 우리나라는 국제방송용으로 76파를 할당받아 KBS의 2개 방송망으로 방송하고 있다.

FM방송은 88~108MHz대에서 100파를 할당하여 사용하고 있으며, 방송의 방식으로는 FM 모노포닉과 스테레오 방송이 있고, TV방송으로는 54~88MHz 및 174~216MHz대인 VHF대에서 12채널, 500~752MHz인 UHF대에서 42채널을 할당하여 사용하고 있다.

무선측위업무는 전파의 전파특성을 이용하여 물체의 위치결정 또는 위치에 관한 정보의 취득을 행하는 업무로 선박이나 항공기가 이동중에 행하는 무선항행과 고정된 지점에서 행하는 무선표정 업무가 있다. 무선항행에는 장·중파대를 이용하여 선박 및 항공기의 위치결정을 위한 오메가, 로란, 데카, 해상비이콘 및 항공비이콘에, 30~1000MHz대는 주로 항공기의 안전운항을 위한 VHF 전방향 무선표지시설(VOR), 계기착륙(ILS) 및 거리측정시설(DME), UHF 전방향 무선표지시설 등에, M/W대는 레이더, 비이콘 등에 사용하고 밀리미터파대는 고정밀도의 감시레이더에 사용되고 있다. 무선표정에는 중파와 극초단파대를 이용하여 라디오부이 등에, 400MHz대는 선박의 속도측정 등에, 1~10GHz대는 기상레이더, 항공감시, 어장감시, 항만레이더 등에, 10GHz대 이상에서는 속도측정 및 각종 레이더 등에 사용되고 있다.

기상원조 업무에 400MHz대와 1.6GHz대는 라디오존데 및 기상데이터를 전송하는 라디오 로버트 중계용에, 10GHz대는 기상용 레이더의 칼라 전송시스템에 할당하고 있으며, 아마추어 업무용으로는 1.8MHz대부터 250GHz대까지의 22개 전대역을 허용하고 있고, 전파천문 업무에는 40~110GHz대의 밀리미터파 주파수를 이용하여 우주의 탄생과정, 우주생명의 존재에 대한 탐구 등 우주연구를 수행하고 있다.

이외에도 차고의 자동문 개폐, 방법용 실내침입 감지센서, 음식물 조리용 전자레인지, 의료용 초단파 진단기에는 4MHz대를, 공업용 가열기기로 5MHz대 이상을 고주파 이용 통신설비에는 300KHz이하의 주파수를 사용하고 있다.

표 1. 년도별 무선국 및 사용주파수 증가현황

구 분	무선국수	증가율	주 파 수	증가율
1975	13,322	1.0	97,086	1.0
1980	22,773	1.7	194,255	2.0
1985	71,791	5.4	593,706	6.1
1988	129,650	9.7	4,386,230	45.2

2. 이용전망

앞으로는 현대사회가 공업사회에서 정보화 사회로 변모해 감에 따라 전파의 이용은, 제한된 주파수 스펙트럼의 효율적 이용과 준밀리파 이상의 가용 전파의 활용이 이루어지고, 기간무선전송시설, 이동통신 기술 및 위성통신기술의 개발이 이루어져 2000년대에는 종합디지털통신망의 일부를 구성하는 종합무선시스템이 실용화될 것으로 전망되는데 이를 주요 부문별로 살펴보면,

고정통신은 음성전송에 치중되어 있는 방식이 화상정보를 전달하는 방식으로 바뀌게 될 것이며 뉴미디어의 등장으로 화상회의, 고속팩시밀리전송, 비디오텍스, 자동화시스템의 데이터전송 등이 주를 이룰 것이며, 이동통신의 중요성은 정보화사회에서도 증대될 것이며, 양적인 확대와 질적인 향상에 대한 욕구가 높아져 선박 및 항공전화는 자동교환방식이 추진될 전망이다.

위성통신은 국제간 또는 국내에서의 고속데이터전송, 화상회의, 모사전송 등과 같은 산업통신과 이동통신분야에서의 기술개발이 활발히 진행되고, 사용주파수는 점차로 11~14GHz대로 전환되고 있고 20~30GHz대의 사용을 위한 실험이 추진되고 있다. 우리나라에서는 한국전기통신공사에서 해상의 인명안전 및 조난구조활동을 지원하고 해상통신의 품질을 향상시키기 위하여 1989년말 준공예정인 해안지구국 건설을 추진하고 있다.

방송에 있어서는 새로운 서어비스로 TV 문자다중방송, 팩시밀리 방송, 데이터 방송, 정지화상방송,

고품질 TV방송, PCM 음성방송, 직접위성방송 등이 제공될 것이다. 우리나라는 TV방송의 난시청 지역해소 및 양질의 서비스를 제공하기 위하여 방송위성용으로 11GHz대 6채널을 국제주파수등록위원회로부터 할당받아서 장차 우리나라 단독 위성운용에 대비하고 있다.

무선측위는 이용시스템의 개량과 충돌방지를 위한 원거리 레이더 등이 개발될 것이며, 기상원조용으로 킬러레이더의 도입 및 주파수의 상향 대역으로의 이전등이 예상된다. 일상생활에는 도난방지시스템 등의 이용이 증대될 것이고 산업분야에서는 무인화, 기계화에 따른 공장의 원격제어를 위한 시스템의 이용과 LAN(local area network)의 도입에 따른 사무자동화와 미소출력 무선기기 등이 구내 통신망에 이용될 것이다.

표 2. 전파의 이용전망

(단위: 천)

구 분	1988	1991	1996	2000
무 선 국 (국)	122	190	450	1,000
주 파 수 (파)	2,479	2,760	8,000	23,700

Ⅲ. 전파행정의 과제 및 추진방향

1. 국민편익 위주의 전파행정 구현

현행 전파관리법상 통신을 목적으로 사용하고자 하는 무선통신기기는 27MHz대를 사용하는 완구용을 제외하고는 극히 미약한 전파의 이용은 허가를 얻어야만 사용이 가능하게 되어 있어 새로운 이용제도 확산에 저해요소로 작용되고 있으며 생산이나 이용제도의 규제에도 불구하고 감독부족으로 음성적 이용이 자행되고 있는 실정에 있다. 이를 제도적인 규제 위주에서 탈피하여 국민편익 위주로 개선함과 동시에 국내통신 및 전자산업을 활성화할 수 있는 방향으로 정책을 전환하기 위하여 무선국 허가 제도의 개선으로 사용제한을 완화하여 미약전파 무선기기 이용을 촉진시키고, 시민무선 및 개인무선의 이용을 점진적으로 개방하여야 할 것이다.

차량 무선전화나 주파수 공용무선(trunked radio system)의 서비스 지역이 대도시 중심으로 전개됨

으로써 서비스 부재에 따른 지역간 정보서비스 이용의 격차가 심화되고, 각종 여행시 공중통신 수단이 없어 불편이 초래되고 있어서 국민생활 수준의 향상에 따른 욕구충족에 부족함이 있으므로 현재 대도시를 중심으로 서비스되고 있는 차량전화서비스를 전국으로 확산시키고 여행시 용이하게 공중통신서비스를 이용하여 정보를 전달할 수 있도록 한다.

또한 현재 부산지역에서만 이용이 가능한 주파수 공용무선을 전국으로 확대하기 위하여 사용주파수 분배 및 서비스영역, 공급주체의 결정과 이용약관을 제정하고 시설투자 및 사업관리대책을 강구한다.

지금까지 대전 이북지역에서의 신, 증설을 제한하고 있는 장거리 M/W통신망은 근거리 소출력화하여 도시지역내 국간 중계회선에 이용할 수 있도록 중점 개발하여 앞으로 도시지역에서의 관로매설의 한계점과 유선, 광섬유케이블 등은 테러분자의 침입, 화재, 관로공사 등에 의한 선로 절단사고 발생의 가능성에 능동적으로 대처할 것이다.

지금까지 수동조작에 의한 해상통신서비스를 국제적인 제도변화에 능동적으로 대처하고 해상에서의 신뢰성 있는 통신망 확보를 위하여 전세계적으로 범세계해상조난안전통신(GMDSS)제도를 1993년 7월부터 시행할 수 있도록 추진되고 있다. 우리나라에서는 이 제도의 도입을 전담하여 검토할 수 있는 추진 전담반을 구성하여 스펙트럼 수요 및 주파수 배분에 관한 조사, 선박에 탑재될 설비의 요건 및 기술적인 성능조사를 실시하고 무선종사자 자격제도를 개정할 것이다.

2. 합리적인 방송서비스 확대 보급

지금까지 난시청 해소사업을 위해 전국적으로 KBS1, 2, 3TV, MBC TV 등 4개 매체의 송·중계소의 설치에 치중하여 신규방송국 주파수할당이 곤란하고 전파자원의 이용효율이 떨어지고 있는 실정이므로 균등한 지역사회 발전을 도모하고, 전파자원의 이용 효율성을 제고하며, 신규주파수 수요에 능동적으로 대처하기 위하여 기존 채널의 재배치와 신규 채널의 분배계획을 수립, 조정하여야 할 것이므로 방송국 허가업무처리를 전산화하고 각종 기술계산 프로그램을 개발하여 기존 송신소위치에 대한 합리성과 조정방안을 모색하며, 기관별, 매체별, 지역별 방송망 확장계획을 수립하여 기존 방송국의 주파수를 재배치하여야 한다. 아울러 방송채널의 확보를 위하여 현재 다른 용도로 사용하고 있는 470~500MHz대를 방송대

역으로 전용할 수 있도록 주파수대역을 전환할 것이다.

또한 국민 문화수준의 향상과 사회변화 양상에 따라 양질의 다양한 서비스요구가 팽창함에 따라 새로운 방송서비스를 개발 보급하여야 할 것으로 이는 전파자원의 이용효율 제고와 관련산업 육성추진정책과 병행함으로써 방송기술에 있어서 대외경쟁력이 향상되고 고도화 되어가는 방송기술의 소프트웨어 측면에서 기술축적에 이익을 가져올 수 있을 것이다. 따라서 이들의 새로운 방송기술에 대한 국제동향 및 타당성을 검토하여 방송방식 및 기술수준을 제정하고, 연구기관, 학계, 산업계, 방송사와 상호 협조체제를 구축하여 면밀히 검토분석하여 시행하여야 할 것이다.

이를 위하여 지상방송계와 위성방송계로 나누어 서로의 장단점을 면밀히 파악하여 시행되어야 하는데 지상방송 서비스확대는 AM stereo방송, FM 다중방송, 중파동기방송과 위성방송 서비스는 고선명 TV와 직접위성방송을 확대 보급할 예정으로 체신부에서는 지상방송망의 확충으로 2001년까지 난시청지역을 단계적으로 해소하고, 96년 이후 국내방송위성을 확보하며, 방송품위의 향상을 위하여 96년까지 고품위 TV방송, PCM 음성다중방송 및 정지화방송을 실시하여 서비스의 다양화를 꾀하고, 2001년까지는 종합 디지털방송을 실시하며 방송채널의 확대에 따른 주파수이용 효율을 극대화 시킬 계획이다.

그리고 새로운 정보서비스 산업의 발전을 유도하고, 지방자치제 실시에 활성화를 기할 수 있도록 하며, 채널별 특성을 살린 정보매체를 수요자의 요구에 따라 용이하게 선택할 수 있도록 하기 위하여 CATV 사업을 적극 추진하여야 할 것이다. 이를 위하여 CATV사업의 주관부서를 일원화하고 기존 전송시설 및 선로의 품질을 개선하여 양질의 방송서비스를 제공하며 현 CATV사업자의 기술 및 자본능력을 배양할 수 있는 방안을 강구할 수 있도록 사업자의 역할 조정 및 전문화를 꾀하도록 한다. 또한 CATV 사업의 활성화를 위한 시범사업을 조기에 실시하고 소모 기자재의 표준화 및 국산화를 조기에 실현할 수 있도록 유도하며 관련 법규를 현실성 있게 개정할 것이다.

3. 통신·방송위성사업의 적극추진

각종 통신·방송사업의 효율적인 추진과 지상계와 이원화된 통신·방송망계의 확보를 위하여 통신·방

송용 복합위성을 90년대 후반까지 보유를 목표로 추진하기 위하여 년내에 '한국통신·방송위성 보유추진위원회'를 구성할 수 있도록 특별법을 제정하고 점차적으로 이를 실현하기 위해 종합추진계획을 수립하며 추진전담반을 설치하여 위성망을 설계할 것이다. 기본 전략으로는 위성체의 제작과 발사는 선진 외국에 의뢰하고, 지상망은 국내기술로 개발하며, 운용요원을 적극 양성하여 향후 위성체 운용에 차질이 없도록 할 것이다.

위성체 통신망 확보와 연계하여 국내 통신위성 보유 시 지상망으로 활용하고 국내 위성통신 기술기반을 구축할 수 있도록 하며 점차 고갈되어가는 전파자원의 확보를 위하여 이동통신용 주파수대 확보와 병행하는 이점이 있는 지상 위성통신 시스템 개발에 주력할 것으로 이를 위하여 국내 위성지구국으로 활용할 수 있는 수준의 장비를 개발하며 축적된 기술은 국내 산업체에 전수하고 국산 위성통신 장비의 해외시장 진출을 도모하도록 한다.

4. 전파이용 질서의 확립

전파이용이 증대되고 다양화되면서 부수적으로 상호간섭 및 혼신등의 요인이 작용하게 된다. 따라서 전파이용 질서를 유지하고 각종 기술의 고도화에 따른 감시기능 확대와 감시범위의 사각지역 해소를 위한 대책이 마련되어야 할 것이므로 전파감시 시스템의 자동화 및 전산망을 구축하고, 무인감시장비의 효율적인 배치 및 업무별 전용감시제도를 하며, 감시 정보를 신속히 교환할 수 있는 종합감시 정보체제를 구축하고, 무선국 증가 및 다양화에 맞는 감시체제를 정비 보완하며, 소규모 분실을 통합하여 감시인력을 효율적으로 운영하기 위하여 무인감시 시설을 개발하여 종합 전파감시망 구축에 따른 지역별 감시국소를 재조정할 것이다.

산업구조의 다양화에 따라 각종 산업용 및 가정용 기기의 범람으로 이들 기기에서 발생하는 전자파 공해가 심각한 문제로 대두되고 있다. 이를 위하여 전기 전자제품에서 발생하는 전자파의 강도를 규제하여 국산제품의 국제경쟁력 향상과 국내 전자 공해환경을 개선하여야 한다. 따라서 전자파 공해방지기준을 제정하고, 전자파 방사시험의 활성화를 위한 인정시험기관을 선정하며 관계부처와 협의를 통해 제품의 규격안을 통일하는 방안을 모색할 것이다.

5. 전파이용 기술의 기반구축

급증하는 이동통신의 수요충족 및 장차 구축하게

표 3. 주요 추진일정

구 분	1991까지	1992~1996	1997~2001
○ 전파이용개방	- 미약전파기기이용		
○ 무선서비스확대	- CB, 퍼스널무선 - TRS, MTS 전국확대	- GMDSS 도입	
○ 방송서비스확대	- 선박, 항공, 열차무선전화 - CATV	- 근거리 M/W통신	- HDTV
○ 기술연구 및 개발	- 협대역화 기술 - EMI방지 기술	- 디지털통신시스템 - 준M/W대이용 - 소형 위성통신 시스템 - 전파신호처리 시스템	- 미리파대 이용기술 - 위성통신기술
○ 위성통신, 방송 ○ 전파감시	- 준비단계 - 국사증개축 - 감시시설 현대화	- 도입단계 - 국사증개축 - 종합전파감시망 - 감시시설 현대화	- 운용단계 - 국사증개축 - 감시시설 현대화

될 ISDN 기반을 마련하고 무선통신의 보안성 향상을 위해 무선 통신기술의 디지털화를 추진하여야 할 것이다. 이를 위하여 디지털 무선통신 시스템 기술의 개발, 전파신호처리 시스템 개발, 디지털 무선단말기 및 기지국 장비의 개발, 단말기 및 기지국, 교환국간의 제어장치 개발을 유도하고 유선통신 시스템과 접속이 가능하도록 프로토콜의 표준화를 제정 시행할 것이다.

또한 우리나라의 전파이용 기술은 국내시장의 협소로 기술개발이 둔화되고, 첨단기술의 외국 시스템 도입으로 기존 기술축적이 미약하며, 기술개발 투자에 위험부담이 크기때문에 투자를 꺼리는 경향이 많으므로 이를 배제하기 위하여 창조적이며 위험부담이 큰 분야는 국가가 주도하여 투자를 확대시키고 지속시켜서 기술개발 기반을 조성할 것이며 연구기관, 학계, 산업체의 공동연구를 적극 권장하고 산업체를 적극 육성토록 지원할 것이다.


IV. 결 론

지금까지 21세기 고도 정보화 사회의 실현에 따른

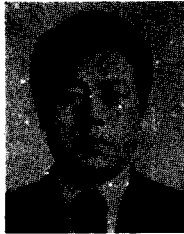
사회경제의 발전과 다양화될 국민 욕구충족 및 통신사업의 자유화, 개방화를 추진목표로 전파행정의 정책 방향을 제시하였다.

이의 추진전략으로는 지금까지 공공, 공익적인 측면만 강조하여온 전파의 이용을 민간기업, 개인생활, 레저 등 사적인 이용을 확대하고, 도시권의 확대와 전국일일 생활권에 따른 정보이용의 균등화를 실현할 수 있도록 통신서비스를 광역화할 것이다.

통신서비스 제공도 단일체제에서 경쟁체제를 도입하여 누구나 자기의 취향에 맞는 서비스를 제공받을 수 있도록 하고 다양한 방송서비스의 제공과 난시청 해소에 주력할 것이다.

또한 종합디지털통신망의 일부를 구성할 수 있는 기반을 마련하기 위하여 무선통신기술의 디지털화를 추진하고, 전파공해 억제와 전파감시를 통한 전파이용 질서를 확립하고 전파이용 기술개발 및 기술을 축적하며 연구기관 및 산업체를 적극 육성지원 할 것이다. 

筆者紹介



任 廷 宰

1937年 10月 7日生

1958年 3月 국립체신대학 공학과

1989年 2月 연세대학교 행정
대학원 행정학과(석사)

현재 체신부 전파관리국 주파수과장



發 展

大韓電線株式會社

代表理事 柳 仁 永

株式會社 東亞電機

代表理事 李 健 洙

分子素子

權 寧 守

東亞大學校 工大 電氣工學科 助教授

I. 서 론

최근 computer가 여러 분야에 널리 이용되고 있다. 생산현장에서는 robot, 사무실에서는 word processor, 심지어는 대학생들이 personal computer로 편지를 주고 받기에 이르렀으며, 유치원생으로 부터 어른에 이르기 까지 computer를 이용한 게임놀이를 즐기고 있다.

이와 같은 computer 붐의 근원이 되는 것은 수 mm의 실리콘 반도체 인 것은 이미 널리 알려져 있는 사실이다. 반도체는 단체(單體)의 transistor로 부터 시작하여 IC, LSI, VLSI등으로 최근 20여년간 급속한 발전을 거듭하고 있다. 반도체 개발의 역사는 보다 작게 보다 고속으로 동작시키는 것으로서 현재 손톱만한 크기의 실리콘 칩내에 100만개 이상의 transistor가 만들어지기에 이르렀다. 이 경우 transistor 1개의 크기는 2~1 μ m정도이다.

인간의 꿈은 끝없이 계속되어 보다 더작게 하기 위한 방법은 없을까 하여 미소화의 극한으로서 분자의 상태까지를 생각하게 되었다. 즉 유기화합물을 이용하여 분자 level에서 transistor의 기능을 실현 시키려는 연구이다.

분자소자라는 말이 널리 알려지게 된 것은 1981년에 개최된 미국해군연구소(NRL)의 "Molecular Electronic Devices"라는 workshop 이후 부터이다. 이 workshop에는 화학, 물리, 전자공학 및 생물을 전문으로 하는 학자가 모여 각자 전문분야의 입장으로 부터 분자소자에 approach를 하였다.^[1] 우리나라에도 최근 이 분야에 관심을 가진 연구자가 증가하고 있는 추세이며, 이미 분자소자에 대한 소개의 기사도 쓰여지고 있다.^[2]





제안된 분자소자, 분자계산기의 개념은 현재의 실리콘디바이스와는 전혀 이질적인 것으로, 새로 개발이 진행중인 GaAs IC 및 조셉슨 소자의 개념을 훨씬 능가하는 것이다.

본 해설에서는 분자소자의 개념과 현재의 반도체 기술의 장애에 대한 전망을 하여 현시점에서의 분자소자의 위치에 대하여 생각해 보기로 한다.

II. 반도체 회로소자와 기능

LSI, VLSI등에 가득 채워져 있는 소자의 종류는 의외로 작은 편이다. 회로소자의 종류와 기능을 표 1에 나타내었다. 이들 중에서 다이오드는 transistor로서 쉽게 대체가 가능함으로 실질적으로 3종류의 소자로서 연산, 기억등의 복잡한 computer의 기능이 실현된다 할 수 있겠다. 일례로서, 가장 간단한 기억회로는 그림 1에 나타낸 것처럼, transistor와 condenser가 1개씩 구성되어 현재의 반도체 메모리의 주류를 이루고 있는 것이다

표 1. 회로소자의 종류와 기능

소자구분	소 자 명	회 로 도	기 능
3 단자소자	트랜지스터		증폭작용, 스위칭작용 (A, B 사이의 전기의 흐름을 C로서 조정)
2 단자소자	다 이 오 드		정류작용
	콘 덴 서		전하의 축적
	저 항		전기저항

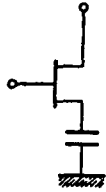


그림 1. 가장 간단한 기억회로

이러한 소자는 판상(板狀)에 가공된 실리콘 단결정 위에 형성되며, size가 μm 영역의 소자는 photo-resist를 이용한 미세가공기술에 의해서 만들어지고 있다. 산화, 이온주입, 금속증착 등과 미세가공을 반복하면서 반도체영역, 절연체영역, 배선 영역이 형성된다. 이 결과 실리콘웨이퍼 위에 transistor, condenser, 저항 및 배선이 완성되게 되는 것이다.

III. 분자소자의 개념

연산, 기억소자의 미소화의 극한으로서는 분자상태를 정보의 단위로 하여 분자 chain을 정보전달의 매체로 이용하는 것이 생각된다. 이것은 유기분자가 가진 다양성과 기능을 교묘하게 이용하는 것이다.

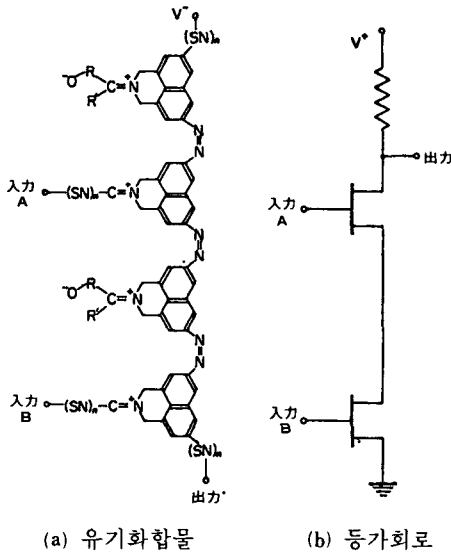
Ge, Si, GaAs 등의 무기재료 결정을 이용한 소자의 경우에는 분자의 개념이 아니고, 결정구조, band 구조에 의한 energy level에서의 원자 집합체로서의 물성을 이용한 것이라 할 수 있다.^[2] 여기에 비하여 분자소자는 유기화합물을 이용하여 유기분자에 정보의 연산, 기억기능을 부여시켜 도전성 고분자로서 배선을 한다는 것이 기본적인 개념이다. 따라서 분자소자는 가공하여 만드는 것이 아니고 유기합성에 의해 만들어지게 되는 것이다.

분자소자의 설계시 문제가 되는 것은 신호전달의 매체이다. 유기화합물 중에서 신호에 의한 정보전달 매체로서는 표 2에 나타낸 것을 생각할 수 있다.^[3] 이들 중에서 구체적인 스위칭 소자로서 분자구조를 이용하는 것이 전자와 soliton이다.

전자를 정보전달 매체로서 이용한 경우의 분자소자의 일례를 그림 2에 나타내었다.^{[1],[2]} NAND 회로는 계산기의 연산기능에서 필수회로로서 2개의 입력이 동시에 1이 될때 출력이 0이 되는 논리회로이다. 그림 2(b)의 NAND 회로에서 2분의 입력선에 대응하여 (a)에서는 2분의 도전성 고분자인 $(\text{SN})_n$ chain이 있다. 이 도전성 고분자 chain을 통하여 전자 1개가 주입되면 질소원자의 정(+)전하가 중화되어 V^- 측에서 출력측으로의 전자의 흐름이 차단된다. 2분의 입력고분자 chain 가운데 어느 한쪽이라도 전자가 주

표 2. 정보전달의 매체

정보전달 매체 (Particle)	전달거리 (Å) [Distance (Å)]	구 조 (Structure)	현 상 (Phenomena)	동 작 (Switch)
H^- , H^+	3	비대칭 수소결합	입자의 tunneling	전위반전
수 소 원 자 (H atom)	50	수소결합을 가진 chain	Proton의 이동	전장, 광
광 자 (Photon)	35	쌍극자-쌍극자	Excimer	쌍극자의 회 전
러 기 자 (Exciton)	50	1, 2, 3 차원 구조	집합적인 전자러기	Trap의 교환
Phonon	100	고분자 chain	진 동	Chain의 분리
전 자 (Electron)	300	주기적인 전위구조	주기적 tunneling	장벽의 높이
중성 soliton	700	α -helix chain	진동의 고립파	진동의 trapping
하전 soliton	600	공역결합 chain	전하의 고립파	전하이동의 trap



(a) 유기화합물 (b) 등가회로

그림 2. 분자회로(NAND회로)의 예

입되면, 출력에는 전자가 전달되지 않게 된다. 이와 같이 하여 NAND 회로가 형성된 것이다.

도전성 고분자 chain 가운데에 정보의 전달매체인 전자들의 흐름을 제어하는 제어기를 결합시켜, 3단자 소자로서 transistor와 같은 기능을 발휘시킨다. 이것이 분자소자의 기본 개념인 것이다. 그림 3에 전자전도를 제어하는 개념도를 나타내었다.^[1]

분자 level의 소자 및 회로가 되기 위해서는 그 주축 역시 분자 level의 방법이어야 한다. 현재 생각되

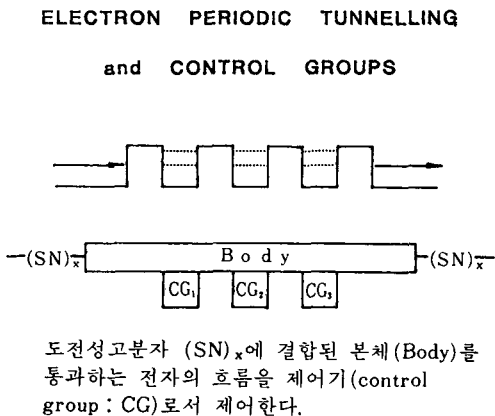


그림 3. 전자전도의 제어

고 있는 방법으로서 유기합성과 유전자공학의 방법이 있다.

유기합성의 경우는 용액반응에 전기화학 cell 내에서의 반응을 첨가시킨 반응이 검토되고 있다. 이것은 전계에 의해 분자배향, 전류제어에 의한 반응제어 등의 점에서 상당히 유망시 되고 있는 분야이다.

한편, 유전자 공학적인 방법의 경우는 전혀 새로운 화합물도 합성이 가능하다. 즉, 유전자의 힘 (능력)을 빌려 생체분자에서 볼 수 있는 자기 스스로의 형성기능을 가진 분자소자를 만들려고 하는 것이다. 효소분자 등의 특이한 반응을 이용하여 소자 구조의 형성을 시도한 보고가 있다.^{[2], [4]} 이들을 bio chip 혹은 생물화학 소자라고 부르기도 한다. 유전자공학 기술은 앞으로 급속한 발전이 예상되며 생체 특유의 기능과 electronics의 기술을 matching시키려는 구상은 대단히 흥미로우며 기대되는 분야라고 생각 된다.

IV. 분자소자의 위치

LSI기술의 진보 발달은 놀라울 정도로 빠르며, 성능향상, 신뢰성향상, 소비전력의 절약, cost down, 특히 보다 작은 size로의 진보 발전되고 있다. 이와 같은 소자의 집적도 향상을 뒷받침 하는 것으로 미세가공기술이 있다. 소자의 미세가공 level의 대수를 서기년도에 대하여 plot하면 그림 4와 같이 직선관계가 얻어진다.^{[2], [5]}

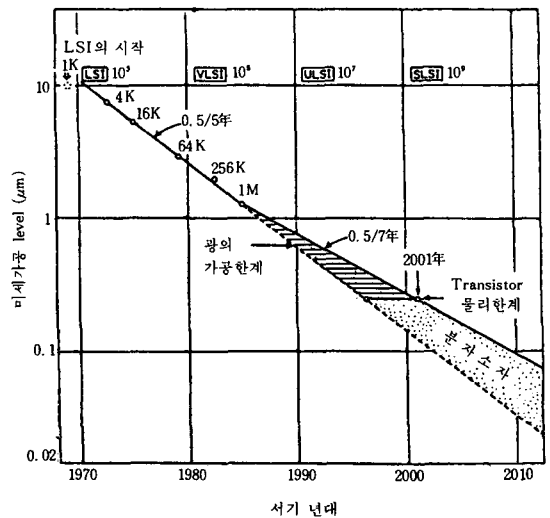


그림 4. 반도체의 미세화 동향과 분자소자

그림 4 의 직선관계로 부터 장래의 예측이 가능할 것으로 생각된다. Photoresist 를 사용한 광에 의한 가공한계가 0.8 μ m 부근이며, 그 이하의 경우에는 전자선, 혹은 X선에 의한 가공이 필요하다. 이것은 광의 간섭이 원리적으로 장애가 되기 때문이다. 따라서 가공기술의 진보가 약간 주춤할 것으로 예상되어 그림 4 에서 빗금친 부분을 나타낸 것이다.

한편, transistor 의 물리한계가 0.24 μ m 전후 이라는 보고가 있다.⁶⁾ 또한 미세가공 기술의 한계성을 수백 M bit 정도로 추정하며, 최소 pattern 의 폭은 0.2 ~ 0.1 μ m 정도이며 그 이하는 곤란할 것이라고 한다.^{2,5)}

이와 같은 것을 고려할 때, 다가오는 1995년 내지 2001년경에는 현재의 실리콘을 위주로 한 반도체기술의 발전이 한계에 부딪칠 것이 추정 가능함으로 어떠한 형태이든지 다음 세대를 위한 새로운 기술(technology)의 개발이 요구되어 진다고 하겠다. 이 시기가 분자 level의 디바이스 즉, 분자소자의 시대가 아닐까 하고 생각하여 본다.

현재의 LSI 기술이 직면하고 있는 문제점으로서 고집적화, 회로의 동작속도, 소자의 발열 등을 들 수 있다.^{2,5)} 이러한 문제점은 반도체 산업을 중심으로 하는 막대한 연구비와 연구자에 의해 어느 정도는 해결되리라고 생각된다. 그러나, 언제 일어지는 모르지만 전혀 새로운 기술의 개발로 옮겨갈 것으로 예상된다.

한편, 오늘날의 정보화된 사회를 흔히 electronics 시대라고 한다. Electronics 시대의 주역은 뭐니 뭐니 해도 Si 를 중심으로 하는 소위 silicon technology 를 말하는 것이다. Silicon technology 의 원조(源祖)는 1948년의 transistor 의 발명이므로 그 이후의 기능을 이용한 electronics 재료, 디바이스의 연구개발을 표 3 에 나타내었다.

Transistor 발명의 중요한 파급효과의 하나인 LSI 및 VLSI 의 발달과정은 앞에서 언급한 바와 같이 현재 거의 완성기를 맞이하고 있지만, 그 이외의 기술은 발전기 혹은 발아기에 불과하다. 이들 technology 에 기능을 이용한 중요한 응용연구 분야가 포함되어 있다고 생각된다.

이와 같이 electronics 의 발전과정을 역사적으로 뒤돌아보면 하나의 새로운 기술이 탄생하여 그 기술이 사회에 정착하여 진보·발전하는 주기가 40년 내지 50년이라고 알려져 있다.^{2,5)} 진공관에서 transistor 로 기술이 변천될 때의 상황이 오늘날 우리가 처한 상황과 비슷하다고 느껴지는 것은 단지 필자만의 생각

표 3. Electronics 재료·디바이스에 대한 연구 개발의 역사

년대	신기능재료의 개념	연구성과 및 효과
1940	전자관식 컴퓨터(ENIAC 1호)	→ ? ?
1950	Transistor 발명	→ LSI, VLSI
	Molelectronics 개념	→ ? ?
1960	고체 Laser 발명	→ Optoelectronics →
1970	Ovshinsky Affair	→ a-Si : H →
	Id. Metal	→ 유기초전도체 →
1980	Mol. Elect. Device 개념 (분자전자소자)	→ ? ?
	Langmuir-Blodgett 막 연구	→ ? ?
1990	?	?

일까?

V. 분자소자의 Approach 방법

분자소자를 개발하기 위해서는 서로 다른 학문 분야의 협력이 필요하다. 전자 상태의 이론계산, 유기합성, 유전자조작, 고분자, 계면화학, 전자회로, 전자디바이스등의 전문가에 의한 상호 협력에 의해 새로운 혁신적인 idea가 탄생되게 되는 것이다. 분자소자의 approach 를 위해서는 기초 연구의 입장에서 다음과 같은 분야가 중요할 것으로 생각 된다.⁷⁾

1. 분자소자의 소재개발(유기 기능성 재료)

유기재료에 대한 연구의 역사는 오래되었지만, 특히 3단자 소자의 가능성이 있는 소재의 개발이 기대된다. 즉 단자의 신호원(信號源)에 의한 제어가 필요하다. 전자, soliton 및 광을 이용한 도전성 유기재료, 광응답성재료, 광디스크를 이용한 광기록재료의 연구가 기대된다.

2. 유기박막 형성기술

분자소자는 어떤 형태로 이든지 기판위에 형성될 것이 예상되므로, 신호전달이 전자인 경우에 외부와의 신호전달은 기판을 사이에 두고 행하여 지게 된다. 따라서 기판과의 정합성을 고려한 표면 처리기술이 중요하다.

한편, 분자배향성 제어 박막 형성기술은 분자사이의 상호작용을 이용하여 전혀 새로운 기능을 발현시키기 위한 기술이다. 최근 주목되고 있는 유기박

막 형성기술로서는 Langmuir-Blodgett (LB) 법에 의한 누적배향막 형성, 광 CVD (chemical vapor deposition) 법에 의한 박막형성, 플라즈마 반응 이용의 박막형성, 진공증착에 의한 박막형성, 이온빔을 이용한 박막형성 등이 있다. 이들중 LB법을 이용한 누적배향막이 분자소자의 구축 기술에 가장 가까운 것으로 기대되어 많은 연구가 이루어 지고 있다. 우리나라에서도 지난 6월 29일 대덕연구단지 한국화학연구소에서 제 1 회 LB박막심포지움이 개최되기에 이르렀다.^[8]

3. Hetero 구조를 이용한 분자의 물성연구

분자사이의 상호작용을 이용한 새로운 기능의 발현이 기대되고 있다. 예를들면, 전자적 성질이 서로 다른 2종류의 단분자층을 주기적으로 배열시켜 주기적 potential well에 의한 3차원 광메모리 소자의 제안이 있다.^[9] 또한 Hetero 구조 LB법을 이용하여 단분자층의 두께가 4Å 인 초박막 콘덴서의 개발에 성공하였다는 보고도 있다.^[1]

4. 초미세가공 기술

평면영역에서 분자의 배치·제어를 위한 초미세가공 기술이 요구될 것이다. 현재 nano meter 영역의 가공에 도전을 하고 있다.

5. 새로운 소자의 개념과 설계사상

지금까지의 소자개념은 2진법을 기준으로 한 계산기 설계사상이 기본인데 비하여 새로운 설계 사상이 출현할 가능성도 있다. 이 분야는 여러 종류의 생체 기능을 흉내내며 발전할 것이 예상된다. 시신경(視神經)에 의한 정보처리, 신경세포내의 정보전달 연구 등 전혀 새로운 설계사상에 의해 현재 기술의 연장이 아닌 새로운 소자의 개념이 기대되는 것이다.

6. 초박막공학의 탄생^[10]

이것은 그 물질의 특성과 함께 계면 및 표면의 특성을 크게 반영하여, 특성이 다른 것과 조합시킨 물질의 상호작용에 의하여 보다 고밀도의 기능, 정보가 축적된 신소재를 제공할 수 있는 것이다.

초박막의 특징으로서는 량 및 용적의 절약을 들 수 있다. 최근 자기테이프, 콘덴서 분야에 강력하게 요구되고 있는 실정으로 자기테이프 경우에는 장치의 소형화, 기록시간의 장시간화, 즉 실용적인 사용량, 용적의 절약을 의미한다고 할 수 있다. 여기서 초박막의 size는 100Å 이하의 범위에서 기능을 발휘하는

것으로서 이때 발현되는 전자현상은 양자효과와 size 효과로서 이 경우의 electronics의 개념은 전자파 electronics일 것이다.


VI. 결 론

분자소자를 현재의 반도체 기술의 관점에서 비판하기는 용이하다. 혁신적인 idea가 실현되기에는 많은 어려움이 뒤따르기 마련이다. 그러나, 어떠한 형태로든 분자 level의 디바이스가 실현되는 것은 시간문제 일 것으로 생각된다. 이미 분자단위로서 정류특성을 얻었다는 분자소자가 보고 되고 있다.^[10] 이와 같은 보고가 분자 level에서 동작 되었는지 어떤지는 별도로 하더라도 세상은 너무나 빨리 변하고 있다. 다가오는 21세기를 맞이하여 신소재, 신재료, 신기능성 소자 등의 개발이 요구되고 있는 이 시점에서 반도체 기술의 현재와 장래를 전망하면서 분자소자의 위치에 대하여 생각하였다.

끝으로 분자소자의 실현은 생체를 모델로 하여 발전하여 갈 것이 예상되므로, 화학, 물리학, 전자공학 생물학을 전공하는 연구자들의 협력에 의해 이루어 질 것으로 생각된다. 특히 전자공학회가 중심이 되어 대학 및 연구기관의 공동연구에 의한 기초연구가 필요한 시기라고 생각되며 이 분야에 관심있는 분들의 많은 협조를 부탁 드린다.

參 考 文 獻

- [1] F.L. Carter, Ed, "Molecular Electronic Devices," Marcel Dekker, New York, 1982.
- [2] 권영수, 강도열, "신기능 소자 개발의 행방(Ⅰ)(Ⅱ), (Ⅲ)," 대한전기학회지, 37(8), p. 51, 1988. 37(9), p. 26, 1988, 37(11), p. 41, 1988, 권영수, 강도열, 히노다로, "Langmuir-Blodgett막과 미래의 Electronics소자", 전기·전자재료학회지, 2(1), p. 1, 1989.
- [3] Chemical & Engineering News, May 23 1983.
- [4] J.H. McAlear, J.M. Wehrung, IEEE Computer Society, MEDCOMP, p. 82, 1982.
- [5] 권영수, 강도열, "유기체료를 이용한 신기능 소자", 전기설비, 6(8), p.14, 1989.
- [6] H. Hoeneisen, C.A. Mead, Solid-State Electronics, 15, p. 815, 1972.

- [7] Y.S. Kwon, "Study on conduction mechanism and charge phenomena in Hetero structure of LB ultra thin films," Ph.D. Dissertation Tokyo Institute of Technology, Japan, 1987.
- [8] 제 1 회 Langmuir-Blodgett 박막세미나 자료 (1989년 6월 29일 한국화학연구소 개최)
- [9] E.G. Wilson, "Principles of a three dimensional molecular electronic memory," Mol. Cryst. Liq. Cryst. 121, p. 271, 1985.
- [10] A. Aviram et, al, "Evidence of switching and rectification by a single molecular effected with a STM," Chem. Phys. Lett, 146(6), p. 490, 1988. 

筆者紹介



權 寧 守

1950年 1月 17日生
 1973年 2月 영남대학교 전기공학(학사)
 1976年 2月 경북대학교 전기공학(석사)
 1988年 3月 일본동경공업대학 전자물리공학(박사)

1983年 4月~1988年 3月 동경공업대학 연구원

1988年 3月~현재 동이대학교 전기공학과 조교수

주관심 분야 : 기능성 유기박막을 이용한 전기소자의 응용연구. 특히 Langmuir-Blodgett (LB)법에 의한 유기초박막의 전자물성 및 분자소자(디바이스)에의 응용.