

世界電氣通信技術의 發達

기술 상호간의 연관관계에 초점을 두어
세계 전기통신 기술의 변천과정을 알아보는 것은
이 시점에서 중요한 일이다.

조 성 준

항공대학교 통신정보공학과 부교수

1800년대 말부터 시작된 전기통신 기술의 발달은 해가 갈수록 점점 가속화 되어 왔다. 초기에는 각 분야가 독립적인 발달과정을 거쳐왔다. 하지만 전신, 전화, 교환시설, 로케트, 고체물리학, 레이저, 컴퓨터기술 등이 점차 하나로 모여지면서, 현재의 전기통신 기술은 최근까지 공상소설에서나 가능했던 이야기들을 현실로 보여주고 있다.

전기통신 100주년을 맞는 우리의 위치는 아직도 이들 기술 발달과는 거리가 먼 느낌이 강하다. 그렇지만 현하 국내에서 추진되고 있는 연구활동이 선진제국과의 갭을 줄일 수 있는 방향으로 발전되고 있는 것은 상당히 고무적이라고 하겠다.

이 글은 1800년대 말의 전신의 발명으로부터 1980년까지의 전기통신 기술 발달 과정을 주요 발명이나 발견순으로 서술한 것이다. 특히 기술 발전의 속성인 상호연관 및 진화에 초점을 맞추어 보았다. 폭넓은 관점에서 전기통신 기술을 이해하려는 사람들과 도움이 되었으면 한다.

목 차

● 전신의 발명	● MASER, LASER의 발명
● 전화기의 발명	● 컴퓨터의 발달
● 자동교환기의 발명	● 데이터통신의 발달
● 무선전신	● 스펙트럼 확산 통신 방식의 출현
● 무선전화	● 위성통신
● 텔레비전	● 위성방송
● 자동교환기의 발전	● INTELSAT(국제전기통신위성기구)
● 세계 최초의 컴퓨터	● INTERSPUTNIK
● 트랜지스터(TR)의 발명	● 해사위성통신
● 데이터통신 시스템의 출현	● 광통신
● IC의 발명	● 자동차 무선전화
● 전자교환기의 출현	

전신의 발명

역사화가였던 모오스(S.F.B. Morse)는 미국 정부로부터 건설 자금 3만 달러를 받아 워싱턴과 이로부터 64km 떨어진 항만도시인 볼티모어 사이에 1845년 5월 24일 전선가설을 완공하고 1845년 정월 초하루 전신사업 개시의 법률을 성립시킨 美議會에 경의를 표하기 위해 式場인 의회 의사당에서 政財界의 인사 등 여러 내빈이 지켜보는 가운데 발명자 모오스 자신이 전신 개업 최초의 전전을 두드렸다. 이 때 채용된 개통식 메세지는 聖書중의 한 말씀인 “What hath God wrought!”였다. 이를 의역하면 「신의 섭리야 말로 그 얼마나 위대한지고!」라 할 수 있겠다. 모오스에게 있어서는 전선을 흐르는 전기의 힘으로 통신을 할 수 있다는 것은 신이 창조한 이 우주의 섭리에 의한다고 믿었지만 그 얼마나 위대한 우주의 섭리가 아닌가? 하였을 것이다.

이 이후 한 세기 사이에 전신, 전화, 라디오, 텔레비전등의 전기통신은 눈부신 발전을 계속하게 되었고 전화에 의한 전기통신은 오늘날 인간 생활 전반에 걸쳐 없어서는 안될 존재로까지 인식되기에 이르렀다.

모오스 이전에도 유선전신의 발명이나 연구가 몇 사람의 선각자들에 의해 행해진 바 있었다. 1787년에 스페인 사람 베단쿠르는 물체가 마찰할 때 생기는 정전기를 전선을 통해 보내는 실험을 행한 바 있었고 영국, 독일, 러시아 등 유럽 여러 나라의 학자들에 의해서도 전신의 실용화에 관해 열심히 연구되고 있었다.

1834년 영국 사람 쿡크는 5針式 지시전신기의 실용화 실험을 행했는데 이는 5개의 磁針을 나란히 배치하여 전기의 강약에 따라 움직이는 針의 조합에 의해 문자를 보내는 방식이었다. 전기에 흥미가 매우 많았던 모오스는 유럽 여행중 대서양 선박내에서 알게된 학자로부터 전신에 관한 이야기를 들은 후 연구에 몰두한 끝에 1839년 9월 뉴욕 대학에서 500m의 전선을 깔아 전자석식 전신기의 실험에 성공하기에 이르렀다. 실험에 성공한 모오스는 이의 특허권을 영국과 프랑스 두 나라에 팔고자 했으나 냉담한 반응이었다. 그 당시 프

랑스에서는 세마포오르(Semaphore) 통신이 행해지고 있어서였고 영국에서는 1841년에 런던과 스로우 사이에 다른 방식에 의한 전신 개통을 목전에 두고 있었기 때문이었다. 판매에 실패한 모오스는 미국 정부와 열심히 접촉하여 정부 직영의 전신업무를 개시하는데 성공했던 것이다.

당시의 전신기들은 시계의 문자판의 숫자 대신 A, B, C... 등 알파벳 문자를 가르키게 하는 방식이 대부분이었고 모오스 전신기는 모오스 부호에 의해 인간의 말을 「•」과 「-」 2 종류의 부호만의 조합으로 바꾸어 전전을 두드리는 통신 방식이었다. 따라서 모오스 부호로 일단 바꾸어 통신하는 모오스 방식은 당시로서는 매우 귀찮은 일로 여겨져서 모오스 부호를 외울 필요가 없이 누구나 통신이 가능한 시계의 문자판 방식 쪽이 더 인기가 있었다.

발명 당시에는 그다지 인기가 없었던 모오스식 전신기는 전신이 철도의 안전 운행의 수단으로 발달하면서 다른 전신기를 물리치고 전신의 왕좌를 독립하게 되었다. 그 이유로서는 근거리의 정보 전달에 있어서는 다른 전신 방식쪽이 다루기 쉬웠지만 점차 전신이 상업화되어 먼 곳에 많은 양의 통신문을 전송하게 됨에 따라 전류를 「•」, 「-」로 두드리기만 하면 전송시킬 수 있는 모오스 방식이 고장도 적었고 전신선의 장거리 건설이 쉬워 단연 유리했기 때문이었다.

모오스 전신이 미국 정부에 의해 건설되었듯이 다른 나라에서도 우선 국가가 전신을 탄생시키기에 이르렀다. 그것은 국가가 통치 기구로서 지배를 확립, 유지하는데 있어 전신이 갖는 速報性이 그 무엇보다도 무기였던 것이다. 즉 나라 구석 구석에서 일어난 일을 즉시 알아서 이에 필요한 명령을 전달하는데 있어 통신이 최대의 수단이었기 때문이다.

모오스 전신 개시 14년 전인 1830년 영국의 스티븐슨은 자신이 발명한 증기 기관차를 손수 잉글랜드 북서부의 상업 도시인 맨체스터와 항구 도시인 리버풀 사이의 45km를 운전하여 세계 철도의 신기원을 이룩했고 그 후 철도는 산업 혁명의 기수로서 유럽쪽으로 급속히 발달되어 나갔다.

전신은 철도의 보급과 더불어 철도 연선에 확대되어 갔으며 얼마 지나지 않아 각지를 연결하는 전신망을 형성하기에 이르렀는데 1852년 영국은 전장 6500km의 전신망을 가지게 되었다. 유럽에서는 프랑스가

1845년에, 다음 해 6월에 오스트리아, 헝가리, 벨기에가 속속 전신선로를 완성하였고 1852년에는 스위스 러시아에서도 전신이 완성되었는데 대부분이 철도용이었지만 드디어는 유럽 전체를 하나로 잇는 전신망으로 발달하기에 이르렀다.

철도 운행 수단으로서의 전신망은 1851년 영국 사람 그렛트에 의해 영불해협인 칼레(Calais)와 도버(Dover) 사이 약 50km에 해저 전선이 부설되므로서 새로운 정보 통신 수단으로 탈바꿈하게 되었고 영국과 유럽은 정보면에서 한 몸이 되게 되어 새로운 정보 산업의 발달을 촉구하게 되었다.

당시의 통신 수단은 傳書 비둘기가 중심이었다. 도버 해협에 해저 전신 케이블이 부설된 것이 알려지자 파리의 통신사에 근무하던 로이터는 직장을 그만두고 1852년에 런던으로 이사하여 영국과 유럽을 잇는 통신사를 경영하게 되었다. 전신을 중심으로 하는 로이터의 통신사는 傳書 비둘기를 중심으로 하는 다른 통신사에 비해 速報性이 커서 사업이 점차 커져 갔는데 이것이 오늘날의 세계적 통신사인 로이터 통신의 기원이 된 것이다. 미국에서도 AP통신이 전신망을 구사하여 뉴우스 서어비스를 개시하는 등 전신은 철도로부터 독립하여 상업적인 이용에 제공되게 되었다.

전신이나 傳書 비둘기를 이용하기 전에는 시각에 의한 통신 방식이 주였다. 트로이어 전쟁에서 승리한 그리이스 군대는 이러한 승전보를 산에서 산으로 횡불에 의한 릴레이 방식으로 본국에 속히 알렸다고 한다. 이와 같은 원시적인 시각 통신 방식은 꽤 오랜동안 사용되었고 18세기에서 부터 19세기에 걸쳐 유럽에서는 세마포오르(Semaphore) 통신이 보급되기에 이르렀다.

세마포오르 통신 방식에는 여러 가지 형태의 것이 있었다고 하는데 그의 일반적인 것은 기둥에다 아래 위로 자유로히 움직일 수 있는 가름대(가름木)를 붙인 것을 탑 위에 설치한 것인데 이런 것을 수십km에 하나씩 설치해 놓고 미리 가름대 형상에 따른 통신 부호를 정해 두고 망원경으로 살펴서 사람의 힘으로 가름대의 형상의 변화를 중계하여 전달하는 통신 방식이었다.

1790년 프랑스의 技師 사페(C. Chappe)가 세마포오르라는 시각 신호를 이용한 일종의 통신기의 실용화에 성공하자 프랑스 정부는 곧바로 이 통신 방식을

채용하기에 이르렀고, 1890년 경에는 총연장 4800km에 556개의 세마포오르 신호국을 가지게 되었다. 당시 영국, 네덜란드, 프러시아, 오스트리아 등의 연합군에게 밀리고 있던 프랑스 군대가 이 세마포오르 통신으로 종종 위기를 모면할 수가 있었다. 이것이 전국적인 통신 조직이 전쟁과 관련을 가지게 된 최초의 사례라 하겠다.

세마포오르 통신은 안개가 낀 날이나 야간에는 시계가 좋지 않아서 긴급한 통신일지라도 주간에 밖에 할 수 없었기에 비능률적인 통신 수단이었고 수백개나 되는 중계 신호소를 산이나 들에 건설해야 했고 신호의 조작을 위해선 많은 인원을 배치해야 했으므로 경제적 부담이 컸었다.

그러나 18세기에서부터 19세기에 걸친 시대로서는 비능률적이고 막대한 돈이 든다는 단점에도 불구하고 세마포오르 통신 이상 빠른 통신 수단이 없었으므로 그 당시의 정부로서는 세마포오르 통신을 유지한다는 것이 군대의 유지나 마찬가지로 국가의 통치상 필요 불가결 했을 것이다.

고대의 연기나 횃불에 의한 통신이나 18세기의 세마포오르 통신 모두 그 통신 범위는 육상에 한정되었었지만 모오스의 전신 발명과 영국 사람 그렛트에 의한 해저 케이블의 포설 성공은 육상에 한정되었던 통신을 바다를 넘나드는 전기통신의 시대로 바꾸어 놓았던 것이다.

도버 해협에 해저 전신이 포설되고 나서 6년 후인 1857년 미국 순양함 나이아가라와 영국 선박 아가멤논이 뉴파운드랜드와 아일랜드 사이의 해저 케이블 포설에 나서서 몇 차례의 케이블 절단 사고를 만나면서 1년여에 걸쳐 케이블 포설에 성공했으나 송신 장치에 이상이 있어 8년이란 세월이 지나서야 비로소 대서양 횡단 해저 전선에 성공을 보았다. 즉 1865년에 드디어 인류의 통신 능력이 유럽과 미국 대륙을 직접 연결하기에 까지 이르게 되었던 것이다.

전화기의 발명

전신업무의 개시가 인류에게 혁명적인 통신 수단으로 등장하였으나 문자를 모오스 부호로 변환해서 보내고 받아야 하므로 일반 대중 누구나가 쉽게 다룰 수 있는 통신기가 아니었고 부호를 취급하는 기술을 습득해야 했으므로 전신 보급에 있어 커다란 장애 요인이 되었다.

이런 점에서 음성을 그대로 전달할 수 있는 통신 방식을 꿈꾸기에 이르게 되었다. 도버 해협에 해저 전신이 개통되고 얼마되지 않아서 영국과 프랑스 신문에 공상 기사가 게재된 것이 있었는데 그 내용은 다음과 같았다. 즉, 해저 전신 케이블에 접속한 철판과 아연판을 입속에 넣고 이야기 하면 그대로 바다 건너에 있는 상대방과 이야기할 수 있지 않겠다는 것이었다.

모오스 부호의 전신이 실현되고 나니까 이제는 모오스 신호를 사용하지 않고 직접 자기 목소리로 상대방에게 통신문이나 정보를 전달하고 싶어진 인간의 바람이 이러한 공상 기사로 실리게 되었다고 본다. 음성은 그대로 상대방 귀에 전달된다는 즉시성에 인류는 주의를 기울이게 되었던 것이다.

음성은 가장 편리한 통신 전달 수단이지만 도달 거리가 짧다는 커다란 약점을 지니고 있다. 그래서 고대로부터 인간의 음성을 멀리까지 전달하고자 여러 가지로 궁리했던 것이 당연하다 하겠다. 그러한 궁리의 하나를 살펴본다면 기원전 4세기 알렉산더 대왕 시대의 일인데 탑이나 언덕 위에 목소리가 큰 사람을 배치하여 오늘날의 메가폰과 같은 것을 이용, 릴레이 식으로 목소리의 전달을 꾀했던 일이 있다. 이는 세마포오르의 육성판이라고도 할 수 있겠다.

모오스의 전신업무가 개시된 다음해 영국에서는 나팔 모양의 확성기에 압축시킨 공기를 불어 넣어 음을 내는 장치를 고안했는데 汽笛의 일종이었다. 그리스어의 TEL(먼 곳에)과 PHON(音)으로서 먼 곳에 소리를 전달한다는 「TELPON」을 본따서 이 汽笛 장치를 「telephone」이라고 이름 붙였다. 전신을 「telegraph」라고 하는데 이것 역시 그리스어의 TEL(먼 곳에)과 GRA

PHEIN(그림을 그리다)의 의미인 「TELEGRAPHEIN」을 따서 붙인 것이다.

「헬리폰」은 원래 전기를 쓰지 않고서도 멀리 떨어진 곳과 이야기하는 기계를 말한다. 전화에 관한 원리적인 고안은 1854년 프랑스 사람 부르사르에 의해 나왔는데 이는 얇은 금속판의 진동에 의해 음성을 전기적으로 전달하고 수신측에서는 電磁石을 사용하여 이 전류로 진동판을 진동시켜 음성으로 재생시키면 되지 않겠는가 하는 것이었다. 독일 사람 라이스는 이러한 이론적 고찰을 실험에 옮겨 그 결과를 푸랑크푸르트에서 열렸던 물리학회에 보고한 바 있다. 이러한 연구가 있었던 반면 당시의 물리학자나 전기학자의 대부분은 「전기를 사용하여 주파수가 높은 인간의 소리를 먼 곳에 전달한다는 것은 있을 수 없다」는데 의견이 일치되어 있었다.

이러한 학계의 상식은 전기에 무관한 농아 교육자인 청년 알렉산더 그라함 벨(A. G. Bell)에 의해 깨어지고 말았다. 벨은 1847년 3월에 태어나 23세까지 영국에 있다가 1870년 9월 집안이 캐나다로 이주함에 따라 5대호의 하나인 엘리호 북방 약 50km 떨어진 작은 공업 도시 브랜드포드로 옮겨 살았다. 벨은 아버지와 마찬가지로 발성 학자의 길을 걷게 되어 26세에 보스톤 대학의 발성 생리학 교수가 되었다. 그 때부터 귀가 부자유스러운 사람에게 전신기가 힘이 되리라 믿고 전신기에 관심을 갖기 시작했다. 벨은 한 가닥의 전선으로 동시에 여러 통신문을 보낼 수 있는 調和式 전신기 발명에 몰두했다. 연구를 진행하던 벨은 발성 학자다운 생각에서 부호를 보내기 보다는 인간의 음성을 직접 보내는 편이 보다 매력적인 연구가 아니겠는가 하고 생각했다. 27세 되는 해 여름 벨은 포노토그래프를 제작했다. 이 장치는 죽은 사람에게서 떼어낸 인간의 고막을 음성으로 진동시키면 그 진동에 의해 고막에 연결된 레버가 움직여 컵 속에 충만시켜 둔 연기에 고막의 진동과에 대응하는 음파의 패턴이 만들어지는 것이었다. 벨은 이 장치로부터 음성에 의해 일어나는 공기의 진동이 고막을 움직이며, 진동판의 크기에 따라 전류를 불러 일으킨다는 것을 알았다. 이로서 전화의 원리를 터득하게 된 것이다. 다음 해 벨은 젊은 기계 공인 와트슨을 조수로 채용하여 전신기를 연구하던 중 소리의 波를 전기의 波로 변화시키는 구체적인 방법을 알게되어 전신기의 연구를 내팽겨치고 전화에 열중했

다. 벨은 羊皮紙를 잘 바른데다 철심에 전선을 감은 코일을 접속하여 송화기로 썼다. 음성에 의해 羊皮紙가 진동하면 코일에 진동파에 의해 전기의 波가 발생하고 그 전류가 전선을 통해 전달되어 상대방 수화기의 진동판을 움직여 음성을 내는 電磁石式 전화기의 발명이었다. 벨은 이것을 송화기 모양을 본따서 絞首台 전화기라고 이름 붙였다. 벨은 이것을 1876년 2월 14일 워싱턴 특허국에 특허 신청을 했는데 시카고의 전기 기사인 에리샤 그레이도 이 날 몇 시간 늦게 전화기의 특허를 신청하게 되었다. 특허 신청 내용이 두 사람 모두 유사했으므로 재판으로 판가름이 나게 되었는데 결국 벨의 승리로 끝났다. 왜 유사했는가는 電話史를 연구하는 사람들 사이에서도 지금껏 역사의 수수께끼로 남아 있다.

특허권을 획득한 후 벨은 잡음이 많은 자석 전화기 대신 실용화 할 수 있는 전화기를 발명했다. 이것은 송화기를 개량한 것인데 전자석 코일 대신에 稀硫酸 용액에다 진동판에 접속시킨 白金製 핀을 닿게 해 두면 음성에 의해 진동판이 움직이면 전류의 강약이 생기는 액체 전화기였다. 같은 해 3월 10일 보스톤시에 있는 벨의 하숙집 침실과 옆방 사이에서 벨과 조수 사이에 통화에 성공했다.

벨은 액체 전화기를 필라델피아에서 개최된 건국 100주년 기념 박람회에 출품하여 큰 호응을 얻었고 다음 해 4월 3일 벨은 보스톤과 뉴욕 사이의 전화 개통에 성공했다.

1878년 발명왕 에디슨은 송화기의 개량에 성공하였다. 벨은 송화기에 稀硫酸를 사용한 대신 에디슨은 탄소를 사용했다. 그 결과 음성의 전달 성능이 비약적으로 향상되어 전화 보급이 한층더 빠르게 되었다. 이것이 현재의 전화기의 기본 원리가 된 것이다.

를 불러낼 기술이 요구된다. 만약 전화 교환대가 없다면 모든 전화는 직통 회선으로 연결되어야 하는데 회선 건설에 막대한 비용이 들어 경제적으로 성립할 수가 없다. 이것은 전화가 벨에 의해 발명된 다음 해인 1877년에 미국 보스톤시에서 교환 업무가 개시된 것으로 보아 전화의 실용화에 있어 교환이 불가결한 기능이라는 것을 알 수 있다. 1878년에는 미국의 뉴헤븐시에서 가입자 20명의 전화 교환 업무가 개시되었고 1879년에는 런던과 파리에서 전화 교환 업무가 개시된 바 있는데 당초에는 가입자의 수도 적고 기술도 유치했으므로 수동식 교환기였으나 가입자의 수가 증가하여 사람의 손에도 한계가 오게 되었다.

자동 교환기에 관한 최초의 고안은 1879년 미국의 코넬리(Connelly) 및 맥타이(McTighe)에 의해 나왔으나 실용화 되지는 못하였다.

그 후 1889년 미국의 스트로우저(A. B. Strowger)가 자동 교환기의 특허를 취득했고 이것을 개량하여 최초의 자동교환기가 1892년 미국 라포트에 설치되었는데 이것이 현재의 Step by step 방식의 根幹이다. 그 후 1905년 알렉산더 카이츠(Alexander Keith) 씨에 의하여 Keith line 스위치가 발명되었고 이것은 더욱 간단한 rotary line switch로 개량되어 현재의 스트로우저식(A형) 자동 교환기로 완성을 보게된 것이다.

1896년에는 스웨덴의 엘릭슨(Ericsson) 이 다이알을 발명했고 이것을 영국의 AE(Automatic Electronic)社가 처음으로 사용했다.

스텝 바이 스텝 방식은 전류의 단속에 의해 기계적으로 통화의 상대방을 찾아내는 방식이었는데 이 방식은 가동부분이 많아 동작 시간이 길고 스위치의 소모가 커서 고장률을 어느 정도 이하로 저하시키기가 대단히 곤란하였고 구조상 접점수가 제한되어 있어 대용량의 교환을 위해서는 직렬 접속을 해야만 했다. 이런 결점을 제거하기 위하여 크로스바(Crossbar) 스위치의 원리가 1894년 스웨덴에서 발명되었다.

자동 교환기의 발명

전화가 사회적 기능을 발휘하자면 송화기와 수화기 이외에 교환기의 존재가 필요하다. 통화를 먼 곳에 도착시키는 기술외에도 임의로 통화하고 싶은 상대

무선 전신

유선전신과 전화가 실용화 되자 이제는 전선을 사용하지 않고서도 전신과 전화를 실현시킬 수 없을까 하는 데로 관심이 커져갔다.

유선전신 업무가 개시된지 30년 후에 이탈리아의 물리학자 마르코니(G. M. Marconi)에 의해 무선 전신이 성공되었다. 그 당시 독일의 물리학자인 헤르쯔(H. R. Hertz)가 전자파의 존재를 실험적으로 증명만 바 있었는데 이를 안 마르코니는 전기 불꽃에 의해 전자파(전파)를 내어 이것으로 유선 전신과 마찬가지로 「·」, 「-」의 모오스 부호를 보낼 것을 생각했다. 드디어 1896년 2.5km 떨어진 지점 사이에 무선 송수신 실험에 성공했다. 무선 전신은 당시의 최대 교통 기관이었던 선박에 있어서 중요한 통신 수단이 되었으며 이탈리아 해군은 물론 유럽 여러나라도 무선통신에 힘을 기울였다. 또 마르코니는 1901년 12월 영국 잉글랜드에서 발신한 무선을 캐나다 뉴파운드랜드주의 세인트존스에서 수신하는데 성공함으로써 무선 전신의 대서양 횡단을 실현시켰다. 海戰史上 최초로 무선 전신이 電波兵器로 쓰인 것은 1904~1905년의 露日 전쟁에서였다. 보유 함정 대부분에 무선기를 장비하고 있었던 일본 해군은 대단한 전과를 올릴 수 있었다.

무선 전화

유선전신에서 유선전화가 탄생되었듯이 마르코니에 의해 성공을 본 무선전신은 5년후인 1906년에 캐나다 출생의 미국 사람인 펠센딘에 의해 무선전화로 발전했다. 젊었을 때 에디슨의 조수였던 펠센딘은 마르코니에 의해 행해진 바와 같이 전기를 고전압에서 단속적으로 불꽃 방전시켜 발생시킨 전파로는 음성을 태워 먼 곳에 전달할 수가 없었으므로 지속 전파를 받

생할 수 있는 주파수 발생기를 완성했다.

19세기말의 무선통신이 발달되기 시작한 초기에는 수신기에 광석 검파기가 이용되었다. 그 후 1904년 영국 사람 플레밍(J. A. Fleming)이 에디슨 효과를 그대로 이용하여 2극 진공관을 만들었는데 동작이 안정했으므로 정류와 검파에 널리 활용되었다. 1907년에는 미국 사람 드·포레스트(De Forest)가 3극 진공관을 발명하였는데 이것은 정류와 검파가 가능했으며 증폭이라는 획기적인 기능도 지니고 있었기 때문에 이전의 광석 검파기는 이들 진공관의 발달로 실용면에서 현저한 후퇴를 보였다. 1912년에는 랑그뮤아(I. Langmuir) 등에 의해 고진공 열전자관이 개발되어 4극, 5극, 7극 관 등의 다극관이 탄생되었다.

1913년에 랑그뮤아는 3극관의 공간 전하 제한 영역에 있어서의 양극 전류에 관한 랑그뮤아의 3/2승의 법칙을 발표하여 진공관의 성질이 밝혀져 이 법칙은 진공관의 설계에 중요한 역할을 하게 되었다.

제1차 대전(1914. 7. 28~1918. 11. 11)은 통신면에서 본다면 전화가 兵器로서 활약한 電話戰爭의 양상이 짙었다. 주된 전쟁터였던 유럽에서 서부 전선이 교착 상태에 빠지면 연합군이나 독일군 모두 참호를 파고 서로 심한 포격전을 전개했다. 당시의 군대는 주로 해군이 함정에 무선전신을 장비하고 있었다. 육군에는 부대의 이동에 따라 어디에서나 연락을 취할 수 있는 무선장비를 갖추었던 통신대가 극히 적었다. 전쟁이 발발하자 각국의 육군은 이러한 통신대를 급거 대량으로 편성했다. 그러나 서부전선이 교착 상태에 들어가자 이러한 통신대의 약점이 노출되기에 이르렀다. 이유인즉, 무선 안테나는 당시에는 아직 기술이 뒤떨어져 있었기 때문에 안테나를 높이 매지 않으면 통신이 되지 않았으며 그렇게 하다보면 곧 눈에 띄게 되었다. 중요한 통신소의 소재가 적에게 알려지게 되어 집중 포화를 받고는 하였다. 따라서 높은 무선 안테나를 사용하지 않고 부대간의 연락, 지휘, 명령의 신속한 통달을 대신할 수 있는 통신 수단이 필요해졌다. 이러한 요구는 유선전화를 가설함으로써 해결되었다. 따라서 참호와 참호 사이를 연결하는 유선전화가 대량으로 필요하게 되었던 것이다.

제1차 대전의 특징은 비행기가 전쟁터에 등장했다는 데 있다. 당초에는 간단한 정찰 비행이 주된 임무였지만 드디어는 공중전으로까지 발전되어 戰局을 좌

우하기까지에 이르렀었다.

정찰 비행에서 얻은 적군의 동향이라든가 정찰 정보를 즉시 지상의 아군에게 연락을 취한다든가 비행기 상호간의 연락 등 비행기가 강력한 무기가 되어 감에 따라 통신 수단으로서 무선전화가 중요하게 되었다. 비행기에 최초로 무선전화를 장비한 것은 프랑스軍이었다. 어느 프랑스 무선전기회사는 연합군의 발주로 대전중 18,000대의 비행기용 무선 전화기를 제작했다고 한다.

무선에 의한 전신, 전화의 중추는 진공관이었다. 연합군이나 독일군 모두 소형의 성능이 좋은 진공관의 대량 제작을 요구하였으므로 각 나라의 무선전기 메이커는 막대한 연구 자금을 들여 무선의 과학적 연구에 열중하게 되었고, 그 연구 성과를 곧바로 제품화할 수 있는 생산 설비를 확장했다. 전쟁이 끝나자 군용 무선 전신, 전화 기술의 개발과 생산에 들어갔던 거대한 에너지가 民需用 기재 생산을 위해 탈바꿈하였다.

무선전화 기술은 라디오 방송을 실현시켰다. 라디오 방송 실험은 1906년 크리스마스 이브에 뉴욕에서 행해졌고, 2년후에는 파리의 에펠탑으로부터도 실험 방송이 퍼져 나갔다. 그러나 라디오 방송이 實用局으로서 방송을 개시한 것은 제1차 대전후인 1920년 11월 2일로서 미국의 웨스팅하우스社가 피츠버그에서 음악 방송을 주체로 하는 방송국 KDKA국을 개국했고, 일본은 5년후에 사단 법인 동경 방송국(NHK의 전신)이 일본 최초의 라디오 방송을 실시했다.

1920년 바크하우젠(G. H. Barkhausen) 및 쿠르츠(Kurz)는 종래의 반결합 발진법으로서는 어떠한 회로를 이용하더라도 1m 이하 되는 파장의 초단파 발진이 불가능하다는 점에 주목, 초단파를 발진시키기 위해서는 B-K 진동 현상이 유효하다는 것을 발견했다. 당시 초단파 발진관은 개발과정에 있었다. 1921년 헐(Hull)이 마그네트론 효과를 발견했고, 또 오까베(岡部) 씨(1927년 日本 東北大學)가 실용적인 마그네트론을 試作했다. 또한 1928년 랑그뮤아는 플라즈마 진동을 발견했다. 1928년부터는 아산화동 정류기가 실용되기 시작했고 조금 늦게 셀렌 정류기가 출현했다. 이들 중 대형의 것은 직류전원 및 전지충전기에 사용되고 소형의 것은 정류기, 변조기 및 복조기에 사용되고 있는데 진공관에 비해 음극 가열 전원이 불필요하기 때문에 현재에도 사용되고 있다.

1939년 바리안 형제(R. H. Varian, S. F. Varian)

에 의해 클라이스트론이 고찰되었다. 이어서 1941년 영국의 콤프너(R. Comphner)에 의해 마이크로파 증폭관인 진행파관(TWT)이 고안되었고, 1946년에는 벨 연구소의 피어스와 피일드(J. R. Pierce, L. M. Field)에 의해 나선 지연 회로에 의한 TWT가 발표되어 이 분야는 급속한 발전을 이룩했다.

텔레비전

유선 및 무선전화에 의한 음성의 전달을 실현한 다음에는 화상의 전달이 연구의 중심과제가 되었다. 먼저 정지화상을 주사선으로 분해하여 차례 차례로 전송하는 사진 전송 기술이 1843년 알렉산더·벤에 의해 고안되었고, 신문사 등에서 행해지고 있는 사진 전송이 곧 이어 실용화 되었다.

1889년 적외선 등의 광선이 금속판에 부딪히면 금속 표면으로부터 전자가 방출되며 금속판에 플러스의 전기가 帶電되는 광전 효과가 발견되었다. 광전 효과의 발견으로 빛을 전기로 변환시킬 수 있게 되어 텔레비전 연구의 기초가 확립되었다.

光電관계로서는 1912년 엘레스터(J. P. Elester) 등이 실용적인 광전관을 개발하였고, 1920년 존슨에 의한 브라운관의 실용적 개량, 1930년 코러(Coller)에 의한 세시움 광전관의 개량, 1933년 즈보루킨(V. K. Zvorykin)에 의한 TV용 아이노스코우프의 公布 등이 잇달았다.

텔레비전 실험은 1925년 영국에서, 1926년 미국에서, 1928년 일본에서 각각 성공했고 실용화는 영국이 1936년에, 미국이 1941년에 실시되었지만 폭발적으로 전세계에 보급된 것은 제2차 대전 후의 일이다.

제2차 대전(1939. 9. 1~1945. 8. 15)은 문자 그대로 국가의 총력전이었다. 이 총력전에 동원된 과학 기술 분야에서 4가지 특기할 만한 개발 연구가 있었는데 이것은 미국의 원자탄 개발, 독일의 액체 연료 로켓, 영국의 페니실린 발견과 레이더의 연구 개발이다.

레이더의 발명은 영국의 방위상의 요청에서 생

겨났다. 영국은 제1차 대전시에도 독일군의 공습에 떨었다. 당시에는 비행기의 항속거리가 짧았기 때문에 독일군은 비행선으로 런던을 공습했다. 대전 후, 히틀러가 정권을 획득한 후 공군을 중점적으로 확대, 강화했으며 공중을 통해 영국을 공격할 것을 착착 계획하고 있었다. 실제로 제2차 대전에 돌입했을 때 런던 상공에서 일대 공중전이 영국과 독일 공군 사이에 전개되었다.

히틀러의 하늘로부터의 위협에 대한 대응책에 부심하고 있던 영국 정부는 1935년 1월 영국 국립 물리연구소의 무선부장인 워드슨·왓트의 「비행기의 내습을 전파로 탐지할 수 있다」는 제안을 받아 들여 1,000만 파운드란 거액의 연구비를 투입하게 되었다. 다음해 연구 성과가 거두어져 고도 500m 상공을 비행하고 있는 비행기를 120km 떨어진 곳에서도 알아낼 수 있게끔 되었다. 처음으로 레이다가 개발되었던 것이다. 영국은 이 레이다의 성능 향상에 전력을 기울였고 도버해협 주변에 레이다망을 건설했다. 히틀러의 공군을 영국 본토에 도착하기 이전에 탐지할 수 있다면 방공 전투기를 출격시키기에 유리했다. 제2차 대전중에 「Battle Britain」이라고 칭했던 본토 방공전에서 영국이 대량의 독일 공군기를 격추시킬 수 있었던 승리의 한 요인은 대전전에 레이다망을 완성시킬 수 있었기 때문이었다.

영국에서 발명된 레이다는 미국으로 건너가 미국의 강력한 공업력에 힘입어 한층 더 발전하게 되었다. 태평양 전쟁에서 미국은 레이다의 위력을 충분히 활용하여 일본군과의 전투에서 유리한 전과를 올렸다. 구름위에서 지상의 군사, 생산 시설에 폭탄을 명중시킨 B29 폭격기나 캄캄한 밤에도 정확하게 포격을 퍼부은 미국 군함 등에 비해 光學兵器에만 의존했던 일본군이 패배한 것은 당연하다 하겠다. 제2차 대전은 제1차 대전을 「전화 전쟁」이었다라고 할 것 같으면 「레이다 전쟁」이라고 할 수 있겠다.

제2차 대전중 레이다의 응용 범위는 확대 일로에 있었다. 당초에는 도버해협을 넘어 오는 비행기의 내습을 알아내는 데에 그 목적이 있었으나 砲포격의 조준용, 항만을 출입하는 함선이나 비행장에 착륙하는 비행기의 유도, 로켓의 포착 등 눈부신 진보를 이룩했다.

대전 후에는 전시에 개발된 여러 성과가 일시에

평화적 이용을 불러 일으키게 되었는데 가장 큰 것이 텔레비전 방송의 세계적 보급이었다. 제1차 대전시(軍需)의 진공관이 대량으로 생산되기에 이르러 라디오 방송이 실용화 되었던 바와 마찬가지로 레이다용의 브라운관은 텔레비전 방송의 수상기로 변신했다. 텔레비전 방송도 라디오의 경우와 마찬가지로 전쟁이 일어나기 전에서부터 실험 및 일부가 실용화 된 바 있었으나 본격적인 발달은 대전 후의 일이었다.

레이나 등에서 사용하는 전파의 파장이 급속히 짧아짐에 따라서 종래의 진공관에서는 내부의 전극 용량 등으로 말미암아 그의 기능이 따라가지 못하게 되어, 보다 안정된 점 접촉 다이오드의 출현이 요망되게 되었다. 단순한 구조의 점 접촉 다이오드에 대해서도 공학적으로나 물성적으로도 많은 문제가 제기되어 특성의 개량, 안정성의 개선이 행해졌다. 그 연구의 하나로써 미국의 벤저(S. Benzer)는 역방향 특성에서 전류가 증가해도 전압이 감소하는 소위 부정 저항 영역(터언 오버 현상이라고 함)의 존재에 착안하여 점 접촉 다이오드의 특성은 사용하는 금속 재료의 일함수에 그다지 영향을 받지 않는다는 사실을 발견했다. 또 미국의 마이어호프(W. E. Meyerhof)도 마찬가지로 실험에 의해 종래의 정류 이론의 결함을 명백히 하였다.

지동 교환기의 발전

1922년 영국의 AE社(Automatic Electric Co.)에서 step by step 식의 복잡한 중계법을 피하기 위해서 임펄스의 축적 변환 장치를 부가하여 더 좋은 기능을 가진 director 式교환기가 발명, 실용화되어 대도시용으로 발전되었다. 또 1927년에 미국의 ATT社는 다년간의 연구끝에 line finder를 완성하였으며 그 후 이것이 同社의 표준형이 되었다.

독일에서는 Siemens & Halske社가 스트로우저식 원리를 이용하여 Siemens Halske 式(SH형) 자동 교환기를 완성하고 그 후 1927년에는 4각 운동에 의한 小形化된 기구를 완성하였다. 영국의 ATM社에서도 스트로우저 式 자동 교환기를 제작하였고 그 후 4각 운

동에 의한 小形化 등 개량을 하여 2000호 형 자동 교환기를 완성, 영국의 표준형으로 사용하고 있다. 그 외에도 Siemens Brother 社도 스트로우저 기구를 이용하여 Siemens Brother식을 완성하였다. 1901년 미국의 Western Electric Co.에서는 기구 중요 부분의 동력을 상시 운전 되는 원동기로 부터 직접 공급되는 power driven式 자동 교환 방식을 연구했는데 이는 현재의 Panel式, Rotary式 및 Lorimer式의 기원이 되는 설명이 되었다. 그 후 Panel式은 미국의 Western Electric Co. 에서 제작되었고 Rotary式은 유럽 대륙용으로 벨지움에 있는 Bell Telephone Manufacturing Co. 에서 제작되었다. 스웨덴의 Ericsson社에서도 power driven式과 XY式등이 발명되어 사용되어 왔다.

크로스바 교환 방식은 1920년 스웨덴에서 Betulander에 의해 처음으로 實現을 보게 된 후 1938년 미국에서 No.1 크로스바 방식의 완성을 보았고 이어 1943년에는 No.4 市外 크로스바 방식을 완성하여 필라델피아에 설치하기에 이르렀다.

한편 일본에서는 1922년 逡信省 構内に 스트로우저式 자동 교환기를 試用했으며 同年 大連에 일본 최초의 자동 전화 교환 방식(H形)을 시설했다. 1927년에는 東京에서 電信 자동 교환을 개시한 바 있다.

1931년에는 東京의 나카노(中野)局에, 1934년에는 쓰루미(鶴見)局에 일본국산의 H형 자동 교환기를 설치했다. 그리고 1940년에는 T形 자동 교환기를 나라(奈良)에 설치했다.

1907년 드·포레스트에 의해 3극 진공관이 발명되고 난 후 종래의 통신 기술은 진공관을 중심으로 하는 혁신적인 통신·정보 기술로의 탈피를 하게 되어 급속한 진보를 계속해 갔다.

통신 회선을 구성하는 부품의 대부분은 수동 부품(passive component)이지만 이것만으로는 신호가 점차 감소되어 가기 때문에 증폭기가 필요하다. 진공관은 능동 부품(active component)이므로 이것을 사용하면 입력 신호를 증폭할 수 있다는 특징이 있어 진공관 증폭기가 출현했던 것이다.

유선전화에서는 신호가 전선을 통해 송신되므로 케이블의 감쇄를 될 수 있는한 적게하기 위해서 초기에는 케이블 도중에 적당한 거리를 띄워 장하코일(load ing coil)을 삽입한 소위 장하케이블이 사용되었다 당시는 당분간 장하케이블 방식 시대가 계속되었으나 진

공관이 발명되고 그의 신뢰성이 향상됨에 따라서 위에서 말한 증폭회로를 이용, 케이블의 일정 구간 마다에 이를 삽입하여 감쇄를 상쇄시켜 항상 일정한 크기의 신호를 보낼 수 있게 되었다. 이러한 기술이 무장하케이블 방식이다.

그 후 미국의 벨 연구소에 의해 새로이 진공관의 캐소우드에 이용되는 산화물 음극이 개발되어 우수한 증폭기가 만들어지게 되었다. 따라서 이러한 기술은 일본에서 발명된 위의 무장하케이블 방식의 전화 기술에 널리 도입되게 되었다.

그 자신 증폭회로를 내장하여 신호를 일정한 크기로 유지시키면서 멀리 떨어진 곳에 정보를 전달하는 무장하케이블 방식의 발명은 단지 장하 방식이 무장하 방식으로 바뀌었다는 것만이 아니라 능동 소자의 역할이 크다는 점에서 종래의 기술 개발의 진행 방향에 있어 발상의 전환을 가져오게 되었다.

「·」, 「—」라는 모오스 신호로 시작되었던 전기통신 기술은 두번에 걸친 세계 대전으로 군사상의 요구에서 연구, 개발되어 급격한 진보를 이루어 전신, 전화, 라디오, 텔레비전 등을 통해 세련된 고밀도의 정보가 손에 들어오게 되었다.

세계 최초의 컴퓨터

진공관 회로가 발전하게 됨에 따라 전기통신하고는 전혀 다른 분야에서 역시 군사상의 필요에 의해 진공관식의 컴퓨터가 탄생했다.

컴퓨터 탄생의 계기는 군사 개발을 위한 과학 기술 계산에 있다. 1942년 여름의 일로서 미국 대통령 루우즈벨트는 「맨하탄 계획」이란 암호명으로 극비밀리에 원자폭탄 개발을 미 육군에 명했다. 이것은 1938년 베르린에서 우라늄 원자의 핵분열 실험에 성공한 바가 있었는데 히틀러가 그 성공을 기초로 하여 원자폭탄을 완성하지나 않을까 두려워한 헝가리의 어느 망명 과학자가 아인슈타인을 통해 루우즈벨트에게 先手를 쳐서 원자폭탄을 개발해야 한다고 재촉했기 때문이었다. 이 맨하탄 계획에는 수많은 물리학자와 기술자가 동원되

었다. 그중 이론 부문의 20인의 과학자는 손으로 돌리는 간단한 계산기로 원자폭탄의 이론 계산에 매달렸다. 실제로 손으로 돌리는 계산기를 조작한 것은 급히 훈련 받은 육군 부인 부대의 대원들이었다. 그녀들은 과학자들의 지시를 받아 일을 담당했지만 복잡한 계산을 하는데 있어서 손으로 돌리는 계산기로서는 속도가 늦어 일이 제대로 진척되지 않았다.

그러던 어느날 컬럼비아 대학의 천문학과에 한 학자가 IBM의 사무 기계로 혹성의 궤도 계산을 행하고 있음을 알려 주며 그 계산 기계를 사용하도록 조언해 주었다. 그 기계는 천공된 카이드를 집어 넣으면 자동적으로 연산이 되는 장치였다. 이것을 사용하게 됨으로써 원폭의 개발 계획이 자동화 되어 개발이 대폭적으로 촉진되었다. 이것이 兵器의 개발 연구에 필요한 대규모의 과학계산을 기계화로 해결한 최초의 사례이었다.

1943년 미국 육군 탄도 연구소는 신형의 탄환이 발사된 후 어떠한 포물선을 그리며 목표물에 박히게 되는가에 관한 복잡한 연구를 행하고 있었다. 이러한 탄도 계산은 300인의 여성이 일제히 계산기를 조작할 만큼 복잡 나란했다. 미육군은 이와 같은 노력과 시간이 걸리는 탄도 계산을 어떻게 해서라도 짧은 시간에 할 수 없을까 하고 극비밀리에 펜실바니아 대학에게 고속 연산 시스템의 개발을 의뢰하였다. 종래의 계산기는 톱니바퀴 등을 조합시킨 방식으로서 기계적인 연산용의 것이었는데 펜실바니아대학의 프로젝트팀은 이러한 기계적 연산을 전기를 이용하는 연산으로 대체하고자 하는 새로운 發想에서 신형 계산기를 제작하기에 이르렀다.

제작에는 약 3년 반이 걸렸다. 전기로 연산하는데는 전기의 플러스(+), 마이너스(-)를 이용하여 플러스 전기를 1, 마이너스 전기를 0으로 삼아서 1과 0의 숫자의 조합만으로써 모든 계산을 행하도록 한 것이다. 여기에서는 2로 부터 9까지의 숫자는 일체 사용하지 않았다. 따라서 계산식도 0, 1, 2, 3, ... 9까지의 숫자를 사용하는 10진법이 아니고 2진법에 따르는 것이었다. 2진법이란 숫자를 1과 0만으로 표현하여 연산한다. 예를 든다면 10진법으로 0은 2진법으로 0, 1은 1, 2는 10, 3은 11, 10은 1010로 표현되게 된다. 전기의 성질에는 플러스와 마이너스의 두가지밖에 없어 이 두가지를 두숫자로 바꾸어 연산하고자 하는 발상이었

다. 다행히도 전기의 속도는 1초간에 지구를 7바퀴반을 도는 빠른 속도여서, 1과 0만의 숫자로 인간이 2진법을 계산하기는 번잡할지 모르지만 전기는 매우 간단히 처리할 수 있다. 전기회로를 개방한다든지 닫는다든지 하여 순간적으로 행해질 따름이다. 이것이 컴퓨터의 기본 원리이다.

그러나 실제로 컴퓨터를 만들려면 대단한 자재와 노력이 필요했다. 펜실바니아대학에서는 제작에 있어 18,000개의 진공관을 사용했고 배선도 50만개에 이르렀는데 모두 손작업에 의해 납땀된 것이었다. 완성하고 보니 중량이 30톤, 길이가 30m에 이르는 것이었다.

그러나 그때까지 기계적 연산밖에 모르던 인간은 이 전자계산기의 성능에 눈을 돌리기 시작했다. 이것에 의하면 1초간에 5,000번의 가감산이 가능하며 10사리의 숫자를 곱셈하는데 4분의 1초밖에 걸리지 않았고 또한 100사람이 1년간 걸릴 계산을 2주간에 해치울 수가 있었다.

이 신형 계산기는 에니악(ENIAC)이라고 이름지어졌다. 이것은 1946년의 일로서 세계최초의 전자계산기였던 것이다. 물론 컴퓨터의 존재는 최고의 군사 기밀이기도 해서 그당시 일반 대중은 알 수가 없었다. 또 에니악은 컴퓨터라고는 하지만 오늘날과 같이 폭넓은 용도를 가지고 있지 못해 학자나 연구자가 원폭에너지나 로켓의 탄도 등 과학기술계산에 쓰는 자동 전기 계산기라고 생각되었다. 이에 앞서서는 1944년에 미국 Harvard대학에 최초의 자동식 계산기인 릴레이 계산기 MARK1이 완성된바 있다.

트랜지스터 (TR)의 발명

에니악의 제작이 시작된 1943년부터 1950년까지의 7년간을 컴퓨터의 제1세대(초기)라고 하는데 이 시기에는 고속 자동 계산기외에 컴퓨터를 이용할 줄 몰랐다. 또 진공관을 사용하고 있었으므로 대형이면서 값이 비싸서 경제성이 없었다. 소위 컴퓨터의 원시 시대였다. 이 원시 시대의 벽을 깬 것이 TR의 출현이었다.

TR은 세계적으로 잘 알려져 있는 미국의 벨 전화 연구소에서 세계 제2차 대전때부터 연구하여 왔던 일련의 반도체 연구자들에 의한 일대 성과로서 1948년 쇼클리(W. Shockly), 바딘(J. Bardeen), 브라틴(W. H. B Brattain) 등에 의해 발명되었다. 그리고 그 공적에 의하여 1956년 최대의 명예인 노벨 물리학상이 이들 세 사람에게 수여되었던 것이다.

1948년 6월 처음으로 현재의 TR 모체인 점 접촉 TR(Point contact transistor)가 완성되었고 1949년에는 위대한 착상가로 알려진 쇼클리가 접합 TR(junction transistor)의 이론을 발표했다.

1950년 3월에는 포토 TR(photo transistor), 1951년 7월에는 접합 TR이 완성되었다. 이에 덧붙여 1952년에 역시 벨 전화 연구소원의 한사람인 팬(W.G. Pfann)이 고안한 존 정제법(Jone-refining method)에 의하여 인류가 지금까지 경험한 일이 없는 불순물 함유율이 10⁻⁹이하(순도가 99,9999999%이상)라는 매우 우수한 반도체가 대규모로 제조되게 되었다. 이것은 또한 單結晶이나 PN접합의 제조 기술의 진보와 함께 반도체 물리학이나 TR 공학의 진보에 크게 공헌하게 된 것이다.

그리고 전력용, 고주파용의 4극 TR등이 급속도로 발명되었고 일본 소니(Sony) 주식회사의 에사키(Esaki)드씨에 의하여 1958년에 에사키 다이오드(Esaki diode; 일명 터널 다이오드)가 발명되었다.

이와같이 하여 점 접촉 TR의 출현 이래 십수년도 되지 않은 사이에 각국의 열렬한 연구자들이 반도체 이론을 연구하여 이것이 나아가서는 재료의 진보로도와 더욱 TR의 발달에 박차를 가해서 짧은 세월에 진공관 공학을 뒤엎을 정도의 방대한 분야를 포함하는 고체 전자 공학을 낳게 되었던 것이다.

참고로 TR의 발달을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

- 1875년 : 광석의 검파 작용 발견
- 1886년 : 게르마늄 발견
- 1893년 : 코히라 검파기
- 1915년 : 게르마늄 검파기
- 1931년 : 반도체 이론
- 1940년 : 게르마늄 다이오드
- 1948년 : 점접촉 TR
- 1950년 : 포토 TR

1951년 : 접합 TR

1953년 : 4극 TR

표면 장벽 TR(FET)

전력용 TR

1954년 : 제너 다이오드

가변 성장 접합 TR

실리콘 TR

태양전지

1956년 : 확산형 TR

드리프트(drift)TR

1958년 : 스페이스스터(spacistor)

터널 다이오드

처음에 만들어진 TR은 가로가 5mm 세로가 10mm 정도의 것이었는데 진공관과 같이 전류의 증폭 기능을 가지고 있었을 뿐 아니라 크기도 진공관에 비해 작고 수명도 반영구적이며 소비 전력이 작은 매우 훌륭한 제품이어서 곧바로 진공관 대신 TR을 이용하기에 이르러 컴퓨터가 소형화 되었고 고장도 적어지게 되었다.

한편에서는 磁氣 테이프 장치 등 기억 장치도 고안되기에 이르러 컴퓨터의 성능이 대폭 향상되었다.

TR이 컴퓨터에 도입되기 시작한 1950년에서부터 10년간은 성장기로서 제2세대라고 부른다.

역사적으로 보면 1951년에 미국의 RR社에 의해 최초의 商用 전자계산기 UNIVAC 1101이 완성되었고 1953년에 IBM701이 개발되어 실용화 되었는데 이것들은 논리 회로에 진공관 릴레이 등을 사용한 것으로서 처리 속도와 신뢰성이 매우 낮았고 기억 소자로서는 주로 水銀 지연선을 사용했었다. 이후 磁氣 드럼을 사용하여 기억용량의 증대와 신뢰성의 향상을 보았고 1950년대 후반부터 磁氣코어 기억 소자가 실용화 되었다. 그러나 이것은 값이 비쌌고 기술상으로도 대용량의 것이 얻어지지 않았기 때문에 主記憶 장치로는 磁氣드럼과 磁氣코어가 함께 쓰였다.

한편 소프트웨어면에서는 기계어가 사용되어 왔는데 프로그램의 량이 많아지고 복잡해지게됨에 따라 어셈블러語가 개발되어 프로그램 작성이 용이하게 되었다. 그리고 1956년에 IBM 704에 대하여 미국에서 Fortran 계산기 언어가 개발된 것은 주목할만한 일이라 하겠다. 또 이 시기에 인덱스 레지스터, 인터러프트, 浮動 소수점 연산 방식 등이 고안되었다.

데이터 통신 시스템 출현

1945년 헝가리 출신의 수학자로서 대전중 나치스의 유대인 탄압에서 도망쳐 나와 미국의 프린스턴대학 교수가 된 노이만(V. Neumann)은 컴퓨터에 미리 계산 작업 절차를 짜 넣어 두어, 데이터가 들어갈 때마다 자동적으로 계산시키는 방식을 생각해 내었다. E NIAC 등 그때까지의 컴퓨터에서는 프로그램의 조작이 현재와 같이 완전히 자동화 되어 있지 않아서 그때 그때 사람의 손에 의존했다. 이와 같이 기계에 인간이 붙어서 조작하는 것이 아니라 작업 절차를 짜넣어 두면 그 다음부터는 데이터가 들어오면 자동적으로 처리할 수 있게끔 컴퓨터의 성능이 진보되었다.

이 방식이 축적 프로그램 제어(SPC : Stored Program Control) 방식이라고 불리우는 것으로서 노이만 방식이라고도 불린다. 노이만에 의해 5,400 개의 진공관을 나란히 하여 세계 최초의 축적 프로그램 제어 방식에 의한 「EDSAC-1」이 영국의 캠브리지 대학에서 1949년 5월에 완성되었다.

곧 이어 미국의 벨 전화 연구소에서 전면적으로 TR을 사용하여 축적 프로그램 제어 방식을 채용한 「TRADIC」을 완성했다. 이것은 미 공군의 발주에 의한 항공기 탑재용 컴퓨터였다. 진공관을 사용하지 않았다는 점과 노이만 방식을 채용했다는 점에서 이 「TRADIC」은 오늘날의 컴퓨터의 기본이 되고 있다.

전기통신과는 별개의 분야에서 급성장한 컴퓨터가 전기통신과 결합하게 되었다. 1958년 대륙간 탄도 병기에 의한 핵공격을 사전에 막기 위해 미국은 전국에 레이다망을 건설했다.各地的 레이다 감시소로부터 보내져 오는 데이터를 모두 중앙에 있는 컴퓨터에 통신선으로 모아 본토 방공 조직을 완성했다. 이것이 「SAGE(Semi-Automatic Ground Environment)」 시스템이다.

컴퓨터를 통신 회선으로 연결한 것을 데이터 통신 시스템이라고 한다. 최초의 데이터 통신 시스템인 「SAGE」 시스템은 군사 목적으로 개발되었지만 그 기술은 곧이어 민간에도 이용되게 되었다.

IC의 발명

오늘날의 집적 회로(IC : Integrated Circuit)의 원형은 TR 발명후 4년이 경과된 1952년 영국의 듀머(Dummer)에 의해 발표되었고 1958년 미국의 TI(Texas Instrument)社의 킬리(killy)가 IC의着想을 발표했다. IC란 크기가 5mm정도 되는 네모난 칩(Chip)이라고 불리는 작은 조각에 수십개에서 수백개의 TR을 만들어 넣은 것을 말한다. 그 후 TI社에서 메사TR에 의한 IC가 발표된 바 있다.

전자 교환기의 출현

1948년 미국에서 No5 크로스바 방식이 필라델피아 地區에 설치 되었고, 1953년에는 No. 4A 크로스바 교환기가 완성을 보았다. 1955년 일본에서도 최초로 크로스바 자동교환방식이 실시되었다.

戰後, TR의 발명과 IC의 개발로 교환기 두뇌 부분에도 계전기 대신에 TR과 IC가 도입되었다. 동시에 컴퓨터를 비약적으로 발달시킨 노이만에 의한 프로그램 제어 방식이 TR과 IC가 교환기에 진출함과 동시에 채용 되었다. 1958년 미국의 벨 연구소가 축적 프로그램 방식의 전자교환방식을 발표 함으로써 전자 교환기의 출현을 맞이하게 된 것이다. 이렇게 하여 크로스바 교환기는 정보를 「기억」하거나 「명령」할 수 있는 컴퓨터의 기능을 가지기 시작했다. 다시 말하면 전자 교환기의 두뇌 부분인 중앙 제어 장치가 컴퓨터 그 자체의 기능을 지니게 된 것이다.

이와 같이 전기통신의 발전 과정에서 중추적 역할을 해온 교환기가 드디어는 컴퓨터 기술에 접근하게 되었고 이어 프로그램 제어 방식으로 가동되게까지로 발달하게 된 것이다. 따라서 교환기도 컴퓨터와 마찬가지로 전자 기술을 이용, 같은 이론에서 동작하기에 이르렀다.

PCM의 발명

정보에는 이산적인 디지털 정보와 연속적인 아날로그 정보의 두가지가 있다. 인간의 온도에 대한 감지 능력, 소리에의 대응 능력 등은 그의 고저 대소에 대해 연속적인 아날로그 량으로 지각된다고 생각되어져 왔으나 실제로는 인간의 신경이나 두뇌의 중심에서는 지각된 신호의 꽤 많은 부분이 우선 디지털 정보로 바뀌어진 후에 처리된다고 한다.

디지털 컴퓨터에서는 정보가 모두 디지털 정보로서 취급된다. 이는 통신 기술에 있어서도 그대로 해당되어 정보의 디지털화가 커다란 성과를 거두고 있음을 우리는 알고 있다.

0과 1만을 사용하는 디지털 전송 방식의 특징은 잡음에 강하며 정보를 정확히 전달하는 능력이 높다는 데 있다. 디지털 정보 전송에서는 중계점을 적당히 설정하여 잡음을 분리한 다음 멀리 떨어진 곳에 에러없이 정보를 보낼 수 있다.

오래전부터 인간의 음성을 디지털 펄스로 부호화 해서 전송함으로써 많은 회선을 포함하고 있는 통신 방식의 전송로상에서 누화 등의 간섭 영향을 감소 시킴과 아울러 보다 나은 통화가 가능하지 않을까 하는着想에서 연구가 계속되어 왔다. 이의 한 방법인 펄스부호변조(PCM : Pulse Code Modulation) 방식이 미국의 ITT파리 연구소에 근무하던 영국사람 리브스(A·H. Reeves)에 의해 발명되었다. 발명이라고는 하나 송신 장치를 완성한 것이 아니라 이론을 완성하여 특허를 얻었을 뿐이다. 이 PCM 이론은 실용화되기까지 그 후 20년 정도의 세월을 요했다. 리브스 자신도 이 발명을 “너무 이른 발명이었다”라고 훗날 말했다고 한다.

PCM 이론이 실용화 되지 못했던 까닭은, 음성을 일정한 간격으로 표본화 한 후 그 진폭의 값을 양자화 하여 부호화 하는 등 일련의 전기적 작업을 순간적으로 행하는 기술이 그 당시에는 없었기 때문이었다.

1944년 미국에서 Goodall이 PCM의 실용 특허

를 받아 실현을 본 후 제2차 대전 후에 등장한 TR에 힘입어 본격적 발전을 하게 되어 1948년 미국에서 M eacham에 의해 PCM 96ch 방식이 발표되었고 1955년 벨 전화 연구소에 의해 商用의 T1방식이 개발되어 1962년부터 미국에서 T1 PCM 방식이 量産이 개시되었고 그 후 미국, 프랑스, 일본 등을 선두로 세계 여러 나라가 이 방식에 많이 의존하게 되었다.

이 PCM 통신 방식의 출현으로 디지털 전송 방식은 차차로 그의 특징을 발휘하여 더욱 잡음에도 강하게 되었다. 이것은 전화에도 이용되어 큰 성과를 올리고 있다. 인간의 음성은 대략 수천(Hz)의 波인데 이 波를 표본화(1초당 8,000회) 한 뒤 波의 높이를 數値로 나타내져 2진법으로 고쳐진다.

8자리의 2진법이 많이 사용되는데 이 경우 波의 높이는 $2^8=256$ 의 단계로 양자화 된다. 2진법으로 나타내진 波의 높이는 펄스 조합에 의해 전송된다. 즉 1일 때는 펄스를 보내고 0일 때는 보내지 않는 방식이다. 2진법 8자리의 1그룹의 펄스는 $125\mu s$ 정도에 송출된다. 받는 측에서는 이의 반대의 조작에 의해 음성 전류로 복원 시킨다. 적당한 곳에 중계점을 두어, 있어야 할 위치에서 펄스의 유무를 판정하여 펄스를 보내므로 멀리 떨어진 지점에 잡음이 없는 깨끗한 음성이 재현되는 것이다.

이와같은 PCM기술은 IC, LSI의 집적 회로의 급성장으로 더욱 이용 가치가 높아져 갔다.

이것과 조금다른 방식으로서, 毎 인접하는 표본화 신호를 비교시켜 그의 차만을 부호화 하여 전송하는 방식이 있는데 이것을 DPCM (Differential PCM) 이라고 하며 이의 특수한 형태의 하나에 델타 변조(DM : Delta Modulation) 방식이라고 하는 것이 있다. 이 방식은 본질적으로 1-디지털의 DPCM으로서, 표본화된 그 자체보다는 계속되는 표본치의 양자화된 差의 전송에 根本을 두고 있고 양자화 레벨이 2레벨로 한정된다.

DM 방식은 1946년 기초 이론이 나온 이후 1952년 네델란드의 필립(filips)社에 의해 개발되었다.

이 방식은 PCM에 비해 다이내믹 레인지가 협소하고 소요 주파수 대역이 넓다는 단점이 있으나 회로 구성면에서 매우 간단하다는 장점이 있어 많은 연구가 행해지기 시작했다.

MASER, LASER의 발명

제2차 대전중의 레이더의 실용화 연구에 기초한 마이크로파(M/W) 기술은 M/W분광학의 연구를 추진시켰는데 1953년 미국의 웨버(J. Weber), 1954년에타운스(C. H. Townes), 소련의 바소프(N. G. Basov)와 프로코로프(A. M. Prokoorov) 등에 의해 각각 MASER의 착상이 발표되었다. MASER는 Microwave Amplification by stimulated Emission of Radiation의 머리글자를 따서 만든 용어이다. 이에 여러가지 원소가 이용된다. 그 외곽에 있는 몇개의 전자가 에너지를 흡수하여 에너지 준위(궤도)를 바꾸든지 또는 낮은 준위로 옮겨가 에너지를 방출하게 되는데 이 때 증폭 또는 발진이 일어난다. 그 에너지가 M/W일때 이것을 MASER라고 부르고 光일때는 LASER라고 부른다.

LASER는 Light Amplification by stimulated Emission of Radiation의 머리글자를 따서 만든 용어로서 光레이저라고도 한다. 레이저는 주로 코히어런트(Coherent; 위상이 가시런하다는 뜻)한 光波의 발진 용으로 쓰이는 경우가 많고 증폭기로서의 연구는 뒤져 있다. 레이저에서는 시간적으로 연속인, 전파와 같은 單色光이 얻어진다. 이와같은 규칙파를 波는 서로 중첩시켜 강하게 하든가 또는 약하게 하든가, 위상을 적당히 바꿀 수가 있다. 波動的으로 말하면 이 성질을 레이저광이 간섭 가능하다는 뜻으로서 可干涉性(Coherent)이라고도 일컫는다. 따라서 이것은 여러가지 종류의 간섭 실험이나 또는 반송파로서 전기통신에도 사용할 수 있다. 또한 레이저光의 波面은 작은 점으로 집광시킬 수 있다. 또 레이저는 에너지가 크므로 단단한 금속에 작은 구멍을 뚫는다든가 눈 수술을 하는데도 이용되고 있다.

컴퓨터의 발달

1959년 TR이 발명되었고 이로써 고체내의 전자의 흐름이 진공관과 마찬가지로 제어될 수 있다는 것이 알려져 TR도 증폭, 발진, 변조, 검파 등 진공관과 똑같은 기능이 있다는 것이 명백해졌다. TR은 진공관과는 달리 진공과 열유체가 불필요하므로 공업적으로 급속히 발전하여 1959년에는 IC로 까지 발전했다. 이렇게 하여 TR을 위시로 하는 반도체 장치가 전기통신의 진분야 속으로 급속히 발전하여 가게 된 것이다.

IC는 TR의 수십배의 능력을 가지고 있었으므로 진공관이나 개별 반도체 부품은 논리회로 분야로부터 추방되기에 이르렀다.

1960년대에 들어서면서 컴퓨터의 논리회로에 사용되었던 진공관이 TR로 대체되기 시작, 1960년 미국 IBM社가 商用的 TR컴퓨터 7090을 발표했다. 기억 장치는 磁氣 코어가 전적으로 사용되게 되었다. TR의 평균 故障 시간간격이 10^8 시간이므로 진공관의 10^3 시간에 비하여 월등한 안정성을 가지게 되었고 입출력 기기도 안정된 것을 얻을 수 있게 되어 컴퓨터의 본격적인 실용화를 촉진하기에 이르렀다.

이 시기의 소프트웨어面에서는 각종의 컴파일러(compiler)언어(COBOL-미국, ALGOL-유럽등)가 개발되어 프로그램의 작성이 더욱 쉬워졌고 모니터가 정비되어 연속배치(batch)처리, 입출력(I/O) 제어, 多重 프로그래밍 등을 통해 연산 속도가 향상되었고 입력 데이터를 넣고 나서 출력 데이터를 얻을때까지의 시간적 효율을 평가하기에 까지 이르게 되었다.

1964년에는 IBM社가 360 시리즈(series)컴퓨터에 SLT라는 하이브리드 IC를 사용한 것을 계기로 하여 논리 회로에의 IC 개발 응용이 본격화 되었다. 그후 일본에서도 NEC 2200, HITAC 8000, FACOM 230의 각 시리즈가 발표되었는데 1960년대 후반에 걸쳐 동일 메이커에서 제작하는 각 시리즈의 대형 컴퓨터와 소형 컴퓨터 사이에 소프트웨어上에서 호환성의 실현, IC의 사용, 오퍼레이팅시스템(OS)의 충실, 온라인시스템의 발달, 보조기억 장치의 충실화 등에 노력했다. 이

와같이 IC를 부품으로 하는 컴퓨터를 제3세대라고 하는데 1960년부터 15년간이 이에 해당되며 소위 컴퓨터의 개량 시기이기도 하다.

IC는 더 나아가 LSI 시대로 발전했다. LSI는 Large Scale Integration의 약칭으로서 대규모 집적회로라고 불리우는데 이것은 TR로 환산하여 1,000개로부터 1만개분의 능력을 가진 것이다.

1970년에 LSI를 사용한 IBM370 시리즈가 발표되면서부터 컴퓨터는 처리 속도가 초고속화 되었고 기억 용량도 대용량화 되었다. 이 시기에 일본에서도 電電公社의 DIPS, 日本電氣-도시바의 ACOS 시리즈, 미쓰비시-오끼의 COSMO 시리즈 등의 컴퓨터가 발표되었다.

1970년대는 실로 컴퓨터의 이용이 고도화된 시기였다. 또 데이터 통신 시스템의 규모가 커지고 복잡하게 됨에 따라 처리 기능의 분산화, 컴퓨터 네트워크화가 크게 촉진되었다. 컴퓨터의 세대 구분에서 LSI를 사용한 것을 제3.5세대라고 한다.

데이터 통신의 발달

대량의 데이터를 빠른 속도로 처리할 수 있는 컴퓨터의 기능을 거리에 관계없이 어디에서든지 자유롭게 이용, 처리할 정보의 처리 결과를 즉시 언어낼 수 있도록 구성한 것이 데이터 통신 시스템이다. 이러한 시스템은 전기통신 기술과 정보 처리 기술이 일체화되어야 비로소 이루어질 수 있는 것이다.

미국에서 군사 목적으로 개발된 SAGE 시스템의 기술적 성과가 계기가 되어 1961년에 아메리칸 에어라인社가 여객기의 좌석 예약 및 회계 업무를 종합적으로 처리하는 SABRE(Semi Automatic Business Research Environment) 시스템을 완성시켰는데 이것은 뉴욕에 있는 컴퓨터 센터와 미국 전역에 있는 영업 창구나 공항을 통신 회선으로 연결한 좌석 예약 시스템으로서 모든 영업 창구나 공항으로부터 즉각적으로 여객기의 좌석 예약이 가능하도록 한 것이다. 이 시스템이 데이터 통신 시스템의 민간 제1호이다.

SABRE 시스템은 專用 데이터 통신 시스템이었으므로 일반 이용자가 직접 이용할 수 없었다. 그래서 컴퓨터를 많은 이용자가 공동으로 이용하기 위한 TSS(Time Sharing System) 개발에 주력하게 되었다.

1963년에 TSS의 선구자라고 할 수 있는 CTSS(Compatible Time Sharing System)가 미국 MIT에서 완성되었는데 이것은 1960년대 초에 개발된 IBM 7094 II를 사용하여 약 30대의 단말 장치가 동시 이용할 수 있는 것이었다.

단말장치는 200 bits/s의 텔레타이프라이터였는데 약 200대가 교환기를 경유하여 학교 내외에 배치되었다. 프로그램 언어로는 ALGOL, FORTRAN 등이 사용되었다.

CTSS의 경험에 의해, 시스템이 커지면 커질수록 시스템에 유입하는 정보량은 증가하고 따라서 공동 이용자의 이득도 커진다는 것이 증명되어 MIT에서는 CTSS보다 훨씬 규모가 큰 TSS 개발에 주력하여 1968년에는 MULTICS(Multiplex of Information and Computing Service)를 실용화 하였다.

1960년대 후반에서부터 1970년대에 걸쳐서 데이터 통신에 관한 연구는 자원의 공유, 부하의 분산 등을 목적으로 하는 컴퓨터間 접속의 실현 및 통신 회선의 경비 저감이라는 과제를 해결하는데에 주력하였다. 결과로서 미국 국방성은 세계 최초로 ARPA 회선망을 패킷(packet) 교환망으로 개발하기에 이르렀다.

일본에서의 본격적인 데이터 통신은 지방은행협회에 가맹되어 있는 지방 은행 사이를 통신 회선으로 연결, 가맹 은행 사이의 송금이나 爲替 처리를 하는 시스템이 최초였다. 이 시스템은 電電公社가 1965년 연구에 착수하여 3년에 걸쳐 완성했다. 그 후 은행의 본지점, 우체국간 등을 연결하는 「온라인 시스템」이 급속히 보급되었다. 또한 각 기업의 판매, 재고관리, 생산관리 업무 시스템 등이 한꺼번에 꽃을 피우게 되었다. 이로써 데이터 통신이 사회 생활에서의 정보 교환이나 처리에 획기적인 역할을 하게 되었다.

스펙트럼 拡散 (SS : Spread Spectrum) 통신 방식의 출현

임의의 통신로를 통하여 1초간에 보낼 수 있는 최대의 정보량을 통신 용량이라고 하는데 이 통신 용량 C는

$$C = W \log_2 (1 + S/N) \text{ [비트/초]}$$

로 주어진다. 여기서 W는 통신로의 대역폭(Hz)을, S는 신호 전력(W)을, N은 잡음 전력(W)을 의미한다.

이 식으로부터 매우 중요한 것을 알 수 있는데, 이는 대역폭 W를 크게 하면 송신 전력 S를 적게 해도 동일한 통신로가 얻어진다는 것이다. 즉 협대역의 통신로에서는 신호 전력을 크게 하여 S/N을 증가시키기도 좋고, 광대역 통신로에서는 반대로 신호 전력을 적게 하여 S/N을 낮게 해도 동일한 통신 용량의 정보 전송 계가 실현 가능하다는 것이다. 즉 주파수 대역폭과 신호 대 잡음 전력비(S/N) 사이에는 trade-off 관계가 있다.

주파수대의 유효 이용은 중요한 과제가 아닐 수 없다. 정보량의 증대로 메모리와 채널의 증가 및 강화를 위한 연구와 개발이 행해져 왔는데 특히 무선 통신에 있어서는 한정된 전파 자원의 유효 이용 기술은 그 중요성이 크다 하겠다.

주파수의 유효 이용 기술로서 종래 행해져 온 한 가지 방향은 협대역화였다. 대역 압축 기술은 많은 연구 개발이 진행되고 있는 분야의 하나라고 할 수 있고 변·복조에 있어서 단측파대 방식(SSB)의 주진이라든가 또 이를 위한 compatible한 방식의 개발과 이의 응용 기술로서 다중화 방식이 많이 제안되어 실용화된 것도 많이 있다.

그러나 주파수대의 유효 이용이란 목표를 다른 면에서 본다면 협대역화하고는 반대로 대역을 확장시키는 기술이다. FM 방식이 AM 방식 보다 혼신에 강한 성질이나 디지털 통신이 애널로그 통신에 비해서 잡음에 강한 성질도 점유 주파수대폭이 넓다는 소위 광대역성으로부터 오는 특성이다.

일반적으로 정보 신호의 대역폭 보다 더욱 넓은 전송 대역폭을 전파가 점유한다 하더라도 전력 스펙트럼 밀도가 균일하게 확산되어 있다면 혼신 방해가 적고 주파수대가 공유될 수 있다고 말할 수 있으므로 이것도 전파의 유효 이용에의 한 방향이라고 생각할 수 있다.

이제까지의 전파에 의한 무선 전송의 역사란 광대역화를 피하고자 한 높은 주파수대의 개발과 낮은 주파수대에 있어서의 협대역화의 연구가 겹쳐서 쌓여 온 역사라고 볼 수 있다.

스펙트럼의 유효 이용에 새로운 경지를 개척하는 새로운 통신 시스템으로서 각광을 받게 된 것이 스펙트럼 확산(SS : Spread Spectrum) 통신 방식이다. 이것은 日本 京都에서 개최되었던 제14회 CCIR 총회(1978년 6월 7일~15일)에서 「스펙트럼 확산 방식이 과밀 전파 대책에 유효하다」는 견지에서 미국으로부터 제안된 study program과 더불어 보고서(연구 문제의 제안 1건, 새로운 조사 계획안 1건, 새로운 보고건 2건)가 채택되었다.

실제로는 SS방식은 아주 새로운 방식이 아니라 1940년대로부터 군사 목적을 위해 전파 방해 배제의 기술로서 연구 개발이 진행되어 왔던 방식이었다. 이 방식은 위의 식으로부터도 알 수 있듯이 점유대역폭 W를 적극적으로 넓힘으로써 소요 S/N을 적게 해도 되는 통신 방식인 것이다. 단, 변조 그 자체에 의해 대역폭이 넓어지는 광대역 FM 방식과는 다르다는 것에 주의할 필요가 있다.

SS방식은 복잡한 신호 처리를 필요로 하기 때문에 특정한 통신이나 전파 계측에만 이용되어 왔으나 LSI의 진보와 보급, 표면 탄성과 소자(SAW), 전하 결합 소자(CCD) 등 신호 처리 장치의 실용화에 힘입어 일반 시장에 선보이게 된 것이다.

SS방식은 디지털화된 펄스 단위를 또 한번 수직 내지 수천으로 분할, 부호화하여 변조를 행함을 기본으로 하는 방식이다. 따라서 대역폭이 확산되게 되는 것으로서 1960년대 일본에서 연구되어 실험을 거쳐 검토된 바 있는 RADA(Random Access Discrete Address) 방식도 그 하나의 前身이라고 할 수 있으며 1965년에 IBM에 의해 발표된 PN 부호에 의한 위상변조방식도 또한 현재의 SS방식에 가까운 것이라고 할 수 있다.

SS방식에는 기본적으로 직접 확산(DS : Direct

Sequence) 방식, 주파수 호핑(FH: Frequency Hopping) 방식, 처어프(chirp: Pulsed FM) 방식 등이 있고 그 이외에도 이들의 여러 가지 변화 또는 조합 등에 의한 방식도 있다.

위성 통신

지금까지 수년간의 국제 통신의 발달 상황을 보면, 해저케이블 중계와 위성 통신의 이용이 주체가 되어 왔으며 앞으로도 이들의 개량 및 이들을 사용한 새로운 통신 방식이 발전할 것이다.

해저케이블의 발전은 광대역화에 의한 채널당의 경비 절감과 디지털 통신 방식의 도입에 힘입고 있으나 케이블 자체가 고정 지점간이라는 특질을 가지고 있는 것이 단점이다. 이에 반해 위성 통신은 위성 자체의 대형화와 위성 중계나 위성내 교환을 이용한 요구 할당(demand assignment) 다원 접속 등의 통신 전송상의 혁신과 항공기, 선박과 같은 이동국을 상대로 하는 통신에의 적용이라는 새로운 이용면의 개발 등이 제까지 생각하지 못했던 새로운 세계를 열어 주었다.

(1) 통신위성의 발달

통신위성이란 위성의 중계에 의해 지구상의 고정된 지점간의 통신을 위한 위성을 말하는데 이러한 통신위성이 현실적인 문제로 대두된 것은 1957년 10월에 소련이 인류 역사상 최초의 인공위성인 스푸트니크(Sputnik) 1호를 발사한 이후라 하겠다. 그러나 위성에 의한 통신이 가능하리라는 예견은 훨씬 전에 발표되었었다. 1945년 10월, Wireless World誌에 당시 영국의 흑성 공간 협의회 의장이던 클라크(A. C. Clark)가 적도 상공 약 36,000km의 정지 궤도상에 120° 간격으로 배치한 3개의 정지위성에 의해 세계중의 통신과 방송을 우주 중계할 수 있겠다는 것과 이 때 위성에 탑재할 중계기의 전력은 실리콘 전지에 의해 태양으로부터 얻을 수 있겠다고 시사한 논문이 그 효시라 하겠다. 이러한 예언은 로켓과 반도체 기술 관계로 그 후 약 10년이 경과되어 실현을 보게 된 것이다.

한편, 1954년에 미국의 피어스(J. R. Pierce)는 달표면 반사에 의한 통신이 성공한데서 힌트를 얻어, 전파를 반사하는 풍선위성을 낮은 궤도에 띄워 올려 이 위성에 의한 반사파로 우주중계를 할 수 있겠다는 소위 수동형(passive) 저궤도 위성중계에 관한 구상을 발표했다.

그 후 1957년 소련의 스푸트니크 1호의 발사에 뒤이어 다음해 1월 미국의 익스플로러(Explorer) 1호가 궤도에 올려짐으로써 피어스의 구상과 함께 클라크(Clark)의 논문이 세상의 주목을 받게 되었으며 위성에 의한 무선중계의 실현 가능성이 매우 고조되었다.

당시로서는 극복해야 할 기술적인 문제점이 많아서 능동형(active) 정지위성은 실현이 어려웠던 반면에 수동형 저궤도 위성은 제작이나 발사가 쉬웠고 또 수명도 반영구적이며 사용 주파수를 임의로 선택할 수 있을 뿐만 아니라 동시에 여러 나라가 사용할 수 있다는 특징을 지니고 있어서 매우 매력적인 방식으로 간주되었다. 따라서 미국에서는 1960년대 전반까지 능동형 위성과 수동형 위성에 대한 실험을 병행하여 실시했다. 즉 1958년 12월 미국 공군에 의해 최초의 통신 위성 스코어(Score)가 발사되어 당시의 대통령인 아이젠하워氏의 크리스마스 메시지를 방송하며 13일간 지구를 선회했다.

다음으로는 1960년 8월에 미국에 의해 수동형 저궤도 위성(일명 풍선위성) 에코우(Echo) 1호가 발사되어 미국과 유럽간에 전화 및 텔레비전 중계 실험에 성공했다.

능동형 위성으로서는 1962년 7월에 발사된 미국의 텔스타(Telstar)가 최초인데 이 위성을 이용하여 미국과 유럽간에 텔레비전 중계 실험에 성공했다. 또 같은 해 11월에 미국이 발사한 릴레이(Relay) 1호는 다음해 11월에 미국과 일본 사이에 태평양 횡단 텔레비전 중계 실험시 케네디 대통령의 암살 비보를 전한 바 있다. 이러한 일련의 실험으로 전력의 효율면에서나 전송하는 통신량면에서 수동 위성이 능동 위성을 따라갈 수 없다는 결론을 얻었고 특히 1964년 8월에는 본격적인 정지위성인 신콤(Syncom) 3호에 의해 처음으로 정지궤도가 실현되어 같은 해 10월에 東京 올림픽이 전 세계에 텔레비전 중계되기에 이르러 수동형 저궤도 위성에 대한 능동형 정지궤도의 우위가 확립되었다. 드디어 20여년이 경과되어 클라크의 예언이 정확히 실현되

었다고 하겠다. 그 후 위성 통신은 눈부시게 발달되어 대륙간 통신에, 지역 및 국내 통신에, 또는 이동체 통신이나 방송 등 넓은 분야에 걸쳐 응용되어 왔으며 또한 대형화, 고성능화가 추진되어 소위 우주시대가 출현하게 되었다.

(2) 통신위성의 역사

● 최초의 통신 위성 : 1958년 12월, 미국에서 띄워 올린 스코어(Score) 위성이 세계 최초의 통신 위성이라 불리고 있다. 중량 68kg의 위성으로서 아이젠하워 대통령의 크리스마스 메시지를 녹음한 테이프를 탑재, 전송하며 13일간 동작했다.

● 최초의 아마추어용 통신 위성 : 1961년 12월, 미국에 의해 디스커버러(Discoverer) 위성과 함께 띄워 올려진 겨우 5kg의 것이지만 아마추어용 통신 위성 오스카(Oscar) 1호가 발사되었다.

● 대서양 횡단 텔레비전 중계에 성공 : 1962년 7월, 미국이 띄워 올린 텔스타(Telstar) 1호가 최초의 능동형 통신 위성(중계기를 가진 위성)으로서 미국과 유럽 사이의 텔레비전 중계 실험에 성공했다.

● 최초의 미국-일본간 텔레비전 중계 : 1962년 11월, 미국이 띄워 올린 릴레이(Relay) 1호 위성을 이용하여 다음해 11월 미국과 일본 사이의 태평양 횡단 텔레비전 중계 실험이 행해졌다. 텔레비전에 방영된 것은 예정되었던 프로그램이 아니고 케네디 대통령 암살 비보를 알리는 뉴스였다.

● 최초의 정지 통신 위성 : 1964년 8월, 미국은 신콤(Syncom) 3호 위성을 태평양 상공에 정지시켰다. 이 위성으로 東京올림픽 모습이 미국과 유럽에 중계되었다.

● 최초의 商用 통신 위성 : 1965년 4월, INTELSAT 1호(Early Bird) 위성이 대서양 상공에 띄워져 각종 실험을 마친 후 6월부터 미국과 유럽 사이에 전화 240 회선 또는 텔레비전 1회선에 의한 商用이 개시되었다.

● 소련 최초의 통신 위성 : 1965년 4월, 소련은 자국 최초의 통신 위성인 모르니야(Molniya) 1-1호를 띄워 올렸다. 이 위성은 高緯度 地域에서의 이용이 편리하도록 긴 타원형의 궤도가 채용되었다. 또 1971년 11월에는 이 모르니야 위성시스템을 이용하여 소련을 중심으로 하는 동유럽 9개국에 의한 Inter-Sputnik 통신망이 개설되었다.

● 미국-일본간 위성통신 회선의 商用開始 : 19

67년 1월, 전화 300회선 또는 텔레비전 1회선(쌍방향)의 용량을 갖는 INTELSAT II호계 위성이 태평양 상공에 띄워져 미국과 일본 사이에 商用이 개시되었다.

● 세계를 커버하는 위성통신망의 완성 : 1968년 12월에 대서양 상공에, 1969년 2월에 태평양 상공에, 또 같은 해 6월에 인도양 상공에 INTELSAT III호계 위성을 정지시켜 이 위성들에 의해 세계를 커버하는 商用 통신망이 완성되었다.

● 캐나다의 국내 통신 위성 : 1972년 11월, 캐나다는 미국의 로켓으로 아니크(Anik) 위성을 띄워 올려 국내 통신위성으로 이용하기 시작했다.

● 미국의 국내 통신 위성 : 1974년 4월, 미국은 웨스터(Wester) 1호를 띄워 올려 국내 통신위성으로 이용하기 시작했다.

● 소련의 정지 통신 위성 : 1974년 7월, 소련은 최초의 정지 통신 위성 모르니야(Molniya) 1S 위성을 인도양 상공에 띄워 올렸다.

● 프랑스·독일의 공동 통신 위성 : 1974년 12월, 프랑스와 서독은 공동의 실험용 통신 위성 심포니(Symphony) 1호를 대서양 상공에 띄워 올렸다.

● INTELSAT IV-A호계 위성의 발사 : 1971년부터 1972년 전반에 걸쳐 중대 일로에 있는 통신 수요에 대처하기 위해 INTELSAT에서는 전화 8,000회선과 텔레비전 2회선의 용량을 갖는 IV호계 위성을 각 지역에 띄워 올렸으며 1975년 9월에 다시 큰 회선 용량(13,000 회선+텔레비전 2회선)을 갖는 INTELSAT IV-A호계 위성을 대서양 상공에 띄워 올렸다.

● 선박용 통신위성의 商用化 : 1976년 2월, 미국은 선박과 해안국을 연결하는 해사 통신 위성 MARISAT 1호를 대서양 상공에 띄워 올려 商用化했다. 또 같은 해 6월에는 태평양 상공에 2호를, 10월에는 인도양 상공에 3호를 띄워 올렸다.

● 인도네시아 국내 통신 위성 : 1976년 7월, 미국의 로켓에 의해 인도네시아의 국내 통신 위성 팔라파(Palapa) 1호를 인도양 상공에 띄워 올렸다.

● 이탈리아 최초의 실험용 통신 위성 : 1977년 8월, 이탈리아는 자국 최초의 통신 실험 위성 실리오(Silvio)를 대서양 상공에 띄워 올렸다.

위성방송

적도 상공의 정지 궤도에 쏘아 올려진 위성으로부터 지표면의 작은 구역에 방송 전파를 투사하여 텔레비전 등의 방송을 직접 가정에서 수신할 수 있도록 하는 것을 위성방송이라고 한다.

방송위성으로서는 정지위성이 쓰이는데 정지위성이란 지구를 한바퀴 도는데 약 24시간을 요하는 지구상의 정지위성궤도에 쏘아 올려진 위성을 말한다. 정지위성궤도는 지구 표면으로부터 약 35,860km의 높이의 원궤도로서 적도 상공이 되며, 위성은 지구의 자전 주기와 같은 주기로 지구의 자전 방향과 같은 방향으로 돌게되므로 지상에서 위성을 보면 항상 하늘 한 곳에 정지하고 있는 것처럼 보인다. 이러한 위성을 정지궤도위성이라고 부르며 이 때의 궤도를 정지위성궤도라고 부른다.

텔레비전은 VHF 이상의 전파를 사용하는 관계상 지표면에서의 대책만으로는 난시청이나 수신 불능 상태를 해소 시키기가 곤란하다. 이에 인공 위성을 이용한다면 하늘 위에서 아래로 전파를 내려 쏘게 되므로 지상의 고층 건물이나 지표면의 기복에 의한 電波傳播의 방해를 받지 않으므로 전파를 효과적으로 이용할 수 있어서 하나의 전파로 일거에 전국 어디서나 수신이 가능하게 된다. 지상 방송의 경우에는 다중 영상(ghost image)에 의한 수신 장애가 많아 이에 대한 대책에 어려운 점이 많으나 위성방송을 이용하면 이러한 경우가 전혀 없게 된다. 저잡음 콘버터를 사용함으로써 100[W]의 위성 방송 전력으로 지상에서 1[m] 정도의 접시형 안테나로 질이 좋은 수신을 할 수 있게 되었다. 방송위성을 이용한다면 비상시 또는 재해시에 있어서 수신 장애를 개선할 수 있을 뿐 아니라 고품질의 스테레오 음성방송도 가능하다.

방송위성에 대한 구상이 전문가들 사이에서 검토되기 시작한 것은 1960년대 초기의 일로서 인공 위성 텔스타나 릴레이를 이용한 대륙간 텔레비전중계 및 전화중계의 성공으로 위성통신의 여명기를 맞은 후 1964년 신콤 3호에 의한 東京올림픽의 우주중계에 성공

함으로써 원거리 무선 중계의 위력을 보게 되어 위성통신의 실용화 시대를 맞이하게 되면서 부터이다.

1963년 가을에 개최된 임시 세계무선통신주관청 회의에서는 무선통신 규칙의 추가 개정이 이루어졌으며 처음으로 방송위성업무의 정의가 세워지기도 했다.

그 후 1965년에 INTELSAT 1호(Early Bird)의 발사의 성공과 INTELSAT로 대표되는 위성 통신의 눈부신 발전, 1968년 아폴로 7호로 시작된 거대한 유인 우주선 발사 기술의 개발에 힘입어 1960년대 후반에는 일반公衆을 대상으로 하는 위성방송에 대한 검토가 국제전기통신연합(ITU)의 자문기관의 하나인 국제무선통신자문위원회(CCIR), UN의 우주공간평화이용위원회 및 UNESCO를 중심으로 시작되었다. 그리고 1971년에 개최된 우주통신을 위한 세계무선통신주관청회의에서 방송위성을 위한 주파수대가 분배되었고 또한 1977년 1월~2 월에는 12[GHz]대의 방송위성업무의 계획에 관한 세계무선통신주관청회의(WARC)가 개최되어 채널의 할당이 행해져 드디어 위성방송시대를 맞이할 준비를 갖추었다.

지상 텔레비전방송의 수신과 마찬가지로 각 가정에서 간단한 가정용 수신, 설비, 특히 소형 안테나를 갖춘 가정용 수신설비에 의해 방송위성(우주국)으로부터의 전파를 수신하는 형식을 개별수신이라고 하며, 개별수신에 사용되는 안테나 보다는 대형인 안테나를 갖춘 수신장치에 의해 어떤 일정한 장소, 예를 들면 학교라든가 공공회관 등에 있어서 일반公衆의 그룹에 의한 수신이라든가 또는 어느 제한된 구역을 대상으로 하는 분배 통신계를 경유하여 수신하고자 방송위성으로부터의 전파를 수신하는 형식을 공동수신이라고 한다.

개별수신을 대상으로 하는 위성은 규모가 공동수신에 비해 상당히 크다. 공동수신을 대상으로 하는 위성은 수백kg 정도의 위성으로서도 가능한데 이는 미국의 응용기술위성(ATS-F), 캐나다의 통신기술위성(CTS)이 각각 1976년, 1975년에 띄워져 실험이 행해진 바로도 알 수 있다.

미국은 지상방송을 보완하기 위한 위성계획으로서 ATS-F 위성을 이용하여 1.8[m] 직경의 접시형 안테나를 갖춘 공동 수신장치를 대상으로 록키산맥 지역의 실험방송을 실시한 바 있다. 따라서 공동수신은 개별수신의 앞 단계라 보겠다.

전형적인 직접방송위성(DBS:Direct Broadcasting Satellite)은 크기가 4[m]×25[m], 무게가 약 1,500[kg] 정도이고, 위성의 용량은 전화, 텔레텍스, 데이터 및 텔레비전, 라디오방송 등을 위한 디지털 신호를 전송할 수 있는 수 채널 정도가 되리라고 본다.

실험용 방송위성으로서는 미국의 ATS-6(1974년 6월), 캐나다와 미국의 공동위성인 CTS(1976년 1월), 소련의 Ekran(1976년 1월), 일본의 「유리」(1978년 8월) 등이 발사되었다.

방송위성에 관한 기술적인 현황을 보면 주파수로서는 12[GHz]대가 우선적으로 사용되며 송신 출력으로서는 200[W]~450[W](통신위성의 경우는 수[W]~10[W] 정도임)의 것이 사용 가능하고 안테나의 비임폭은 1°이하로 그의 指向精度는 0.1°범위내의 값을 갖는다.

ITU는 1977년에 위성에 관한 세계무선통신주관청회의(WARC-BS)를 개최하여 각국에 대한 정지궤도를 할당하였는데 간섭을 피하기 위해 각각의 위치를 6°씩 간격을 두었다(수신 안테나로서는 직경 90[cm]를 표준형으로 한다.)

또 1979년 제네바에서 개최된 세계무선통신주관청회의(WARC-G)에서는 향후 15년간에 적용될 방송위성용 주파수의 추가 할당 및 수정(12GHz대)이 이루어졌다.

INTELSAT(국제전기통신 위성기구)

현재 국제 사회에서 큰 공헌을 하고 있는 INTELSAT 위성은 세계적인 실용통신위성이다. INTELSAT(International Telecommunication Satellite Organization)는 1964년 8월에 공산권을 제외한 미국, 유럽의 여러 나라, 캐나다, 일본 등 세계의 11개국의 서명에 의한 잠정적 국제협정에 의해 「세계 상업 통신 위성 조직」으로 발족하였으며 명칭이 International Telecommunication Satellite Consortium이라고 붙여져 이를 INTELSAT라고 약칭하게 되었던 것이다.

그리고 이것은 1971년에 약칭은 동일하지만 새로운 정무간 국제 조직으로서의 항구화 협정이 체결되어 1973년 2월 12일부터 발효되었으며 현재 INTELSAT에 참가한 나라는 공산권을 제외한 거의 모든 나라인 100여개국(지구국수 170여국)에 이르고 있다.

고정 전화회선수도 16,000회선 이상이 제공되고 있으며 그 밖에도 텔레비전 전송과 더불어 각국의 국내 통신을 위한 중계기(transponder)의 임대도 행하고 있어 연간 총 수입이 2억 달러에 달하고 있다.

INTERSPUTNIK

自由諸國間에 구성되어 있는 INTELSAT에 대응하여 소련 및 東歐 諸國을 중심으로 하여 국제우주통신기구의 설립을 목적으로 한 INTERSPUTNIK가 있는데 이는 1971년 11월 15일에 창설에 관한 협정이 모스크바에서 소련을 위시한 공산권 국가 9개국에 의해 조인되었다.

이와같이 東歐 諸國에서도 1965년 5월 이래 소련이 발사한 모르니야(Morniya) 위성을 이용, 통신망을 정비하여 소련圈內에 텔레비전 프로그램의 중계와 전화 중계를 행하고 있으며 특히 소련은 모르니야 위성을 이용하여 국내통신망을 정비하였다.

해사위성통신

국제통신은 눈부신 발전을 이룩하여 통신위성이나 해저케이블 등 소위 광대역 회선과 같이 극히 고품질의 통신로에 의해 다량의 통신이 행해지고 있다. 그러나 해양을 항해중인 선박과 육상간의 선박통신에 있어서는 종래로부터 주로 중파나 단파에 의하고 있는 실정이다.

원거리통신에 있어 중파나 단파는 지표면상 100

~600[km]에 위치한 전리층의 영향으로 電波傳播상의 제약을 받게 되는데 육상에서는 대형의 송수신 안테나 및 대전력 송신기를 사용함으로써, 또 여러가지 통신 방식에 의해 이러한 영향을 어느 정도 경감시킬 수가 있다. 반면에 선박에서는 장소가 협소하여 여러 제약을 받게 되어 회선 품질이나 통신 범위가 충분하지 않고 또 주파수 관계로부터 회선 용량에 제한을 받게 된다.

단파를 사용하고 있는 선박통신에 있어서는 선박의 위치 및 시간에 의해 사용 주파수를 선택해야 하며 회선 설정에 필요한 사용 주파수, 선박명, 위치 등의 정보 교환을 향한 후에도 통신시에 재차 인위적으로 통신 회선을 설정해야 하므로 호출에서부터 실제로 통신을 행한 때까지 긴 시간을 요하며 定時 연락시 필히 自局으로의 통신의 유무를 청취해야 하는 실정이다.

또 세계 무역의 주축인 해운업계가 대량의 화물을 안전하고도 신속하게 운반하기 위하여 선박의 대형화, 고속화를 꾀하고 있는 만큼 선박 수요가 증가됨에 따라 사용 주파수대 내에서 정해진 통신시에 쇄도하는 선박으로부터의 호출의 수가 증가 일로에 있는 실정이다. 따라서 이러한 점을 개선하며 증가 및 다양화 되어 가는 선박통신(해사 통신)의 수요에 대처하여 무선 설비의 사용 효율을 보다 높이고, 해안국을 호출하고 자 深夜까지 오랜 시간 동안 약전 고투하는 통신사의 노고를 대폭적으로 경감시키기 위한 선박통신의 기계화, 근대화가 시급하게 되었다. 그러나 선박통신이 중파나 단파에 의존하는 한 근본적인 해결이 어려워 세계 각국의 주관청이나 통신 사업자에 의해 해사통신의 근대화를 도모하기 위해 디지털선택호출방식, 해사위성통신 및 선박텔레텍스 등의 새로운 연구가 계속되어 왔다. 이 중에서도 특히 위성을 이용하면 중파나 단파에 의한 제약이 해결될 수 있을 뿐만 아니라 중파나 단파에서는 실현 불가능한 텔레텍스, 팩시밀리, 고속도 데이터통신이 행해질 수 있고 선박통신의 대상 해역의 확대가 기대되었다. 즉 위성을 사용하면 신호가 극히 안정된 수신이 보장되며 장치의 자동화가 가능해지므로 획기적인 통신의 질의 개선을 위해서 위성통신이 선박용으로 주목받지 않을 수 없게 되었다.

위성을 이용한 새로운 시스템이 필요하게 된 이유로서는 종래의 선박단파 통신이 여러가지 이유로 지연이 크고, 전파전파상의 제약에 의해 통신품질이 나

쁘며 또 장래에 확장의 여유가 없기 때문이었다.

해사위성통신 도입의 필요성을 간추려 보면 (1) 중파(FF)대와 단파(HF)대에 있어서의 혼잡의 개선(2) 통신의 신뢰성, 품질 및 속도의 개선(3) 지리적 적용범위(coverage)의 개선(4) 신뢰성이 보다 높은 회선을 제공하여 무선전화와 텔레프린터의 자동화(5) 중파, 단파대에서는 불가능한 고속 데이터 전송 등과 같은 업무의 요구(6) 무선 측위(7) 안전, 조난 업무의 개선 등이다.

종래의 선박통신은 전신이 主体를 이루고 있었지만 전화의 비율도 증가되어 갔다. 통신의 내용도 대부분 運航업무에 관계가 있는 般主회사와 그 소속 선박사이의 통신이었지만 선박의 승조원이나 여객의 개인적인 통신도 포함되어 있다. 선박과 해안국과의 이러한 통신을 위성준계로 행함에 의해 통신 회선의 증가를 꾀하고 통신품질의 개선을 얻을 수 있으므로 그 통신을 육상의 公衆통신망에 접속시켜 다이얼 호출에 의해 직접 통신을 행하도록 함을 목적으로 한 것이다.

對船舶用的 위성준계 통신회선을 그대로 혹은 광대역화 하여 보다 고속의 데이터 전송이 가능하게 되면 선박에 의해 육상의 컴퓨터를 이용할 수 있고 선박과 육상의 컴퓨터를 결합하여 船內, 해상 및 氣象 등의 각종 데이터를 육상으로 전송함으로써 육상에서 선박의 상태의 자동 감시 및 해석 등이 가능하게 되었다. 이를 응용하면 最適航法에 의한 효율화와 船底汚損의 진행을 자동적으로 판정하게 되어 人渠期間의 최적화, 船內의 각종 물품의 재고관리 등을 할 수 있다.

선박에 있어 중요한 통신인 조난통신, 안전통신 및 수색 구조통신 등도 자동 측위에 의해 원활히 행해질 수 있다.

위성 기술을 해사통신에 이용하고자 한 연구나 실험으로서는 1971~1972년 영국 여객선 퀴에리자베드와 미국 적십자선 호우프(Hope)에 可搬形 지구국을 탑재하여 INTELSAT 위성을 경유하여 전화, 텔레타이프, 팩시밀리, 데이터 전송(心電圖) 등의 실험을 통해 성공을 거둔 적이 있었고 이보다 앞서는 1966년경부터 미국이 NASA의 응용기술위성 ATS-1, 3, 5호를 이용하여 해사통신과 항법의 기초 실험을 쌓아왔고, 그 후 ATS-6호에 의해 본격적인 각종 실험이 프랑스, 서독 등의 선박이 참가하여 행해져 해사위성의 유효성이 실증되었다. 이와 같이 미국은 오랜동안

위성시스템의 要件, 주파수 계획, 변조, 간섭의 해석 등 많은 연구를 행한 바 있다.

해사위성 시스템에는 미국의 MARISAT 시스템과 IMO의 INMARSAT 시스템이 있다.

(1) MARISAT 시스템 : MARISAT는 해사위성「MARITIME SATELLITE」의 약칭으로서 세계 최초의 商用 해사위성이다. 이것은 미국의 4개의 통신사업자 Comsat General (투자율 86.29%), RCA Globcomm (8%), WUI (3.41%), ITT World comm (2.3%) 社가 共有하여 운영하는 해사위성시스템으로서 4社를 대표하여 Comsat General社가 시스템의 관리를 맡고 있다.

발사된 위성은 미국과 일본내에 설치된 육상 지구국과 一体가 된 MARISAT 시스템을 구성하고 있으며 所定の 조건을 구비한 세계 각국의 선박 지구국과 수시로 통신 연락이 설정되고 있다.

MARISAT시스템의 위성은 대서양, 태평양, 인도양에 각 1개씩 배치되어 있고 1976년 8월 미국의 2개 해안 지구국(샌타포울라, 사우드베리)의 개국에 이어 1978년 11월 일본의 해안 지구국(야마구치)의 개국으로 거의 전 세계적인 해사위성통신 서비스가 행해지고 있다.

해사이동위성 업무는 종래의 단파 통신과 비교하여 고품질의 즉시성을 가지고 있어 급속히 발전하는 상황에 있다. 1980년 말에는 900여척이 이 시스템의 이용을 위해 등록을 마친 상태이다.

각 해역에서는 선박으로부터 보아서 위성과의 양각이 5° 이상이면 통신이 가능하며, 업무로는 전화, 텔렉스(50보오), 팩시밀리(도표, 적하목록, 기상도 등), 고속도 데이터 전송, 방송 등이 있다.

선박으로부터 육상으로의 통신은 위성을 통해 해안 지구국을 경유, 통상의 국제 전송로에 의해 행해지며 육상으로부터 선박으로의 통신은 미국, 일본 이외의 나라인 경우에는 국제 전송선로에 의해 미국이나 일본의 해안 지구국을 경유하여 위성을 통해 행해지고 있는데 아직 선박과 선박간의 직접 통신은 행할 수 없게 되어 있다.

(2) INMARSAT 시스템(국제해사위성 기구) : MARISAT 시스템이 미국의 해사위성통신 시스템인데 반해 INMARSAT는 국제적 기구인 IMO에 의해 설립된 본격적인 국제 해사위성통신 시스템이다.

INMARSAT의 설립 동기는 1966년 IMO의 제 12회 해상안전위원회에서 제안되어, 1976년 9월 런던에서 개최된 IMO 제 3회 정부간 회의에 의해 INMARSAT 설립의 기본 문서가 되는 조약 및 운용 협정이 채택된 데 있다.

이 시스템은 대서양, 태평양 및 인도양 상공의 정지 궤도에 위성을 3~6개 배치하여 남·북위 각각 70° 사이의 해역을 1일 24시간 커버시키고, 70°~82°까지의 남·북위 해역에 대해서는 1일 1회 3~4시간 커버시키려 한 것인데 1982년 2월 1일에 업무를 개시했다.

INMARSAT 시스템은 미국, 영국, 소련, 노르웨이 등 37개국이 참가하고 있는 전 세계적인 대규모의 해사위성통신 시스템이다. 따라서 이 시스템에 의하면 해상을 항행하는 선박과 육상국 또는 선박 상호간에 해상통신을 행할 수 있게 되어 양질의 통신 회선을 얻을 수 있어 전화를 위시해서 텔렉스, 팩시밀리 및 고속도 데이터 전송 등이 가능하다.

光通信

광을 이용한 통신의 방법은 인류가 탄생한 이래 등화나 횃불에 의한다든가 태양광을 거울로 반사시킨 다든가 하여 행하여져 왔다. 아직도 燈火 모오스 부호 통신을 이용하고 있다.

전기적으로 光을 내는 發光源은 歐美에서 있었던 방전관 및 백열 전구의 개발과 고체 발광시의 현상에 대해 행해진 연구 등에 기반을 두고 있었는데, 그 후 반도체의 접합면에 전류를 흘리면 光을 낸다는 사실 등이 기초가 되었다.

TR 등에 이용되는 실리콘이나 게르마늄과 같이 單元の 반도체 결정에서는 發光의 세기가 작지만 갈륨砒素(GaAs)와 같은 화합물 반도체 결정에서는 發光의 세기가 크다는 것이 알려져 發光素子를 목적으로 이와 같은 반도체 결정의 育成 기술이 개발되어 왔다.

한편 유리의 가공 기술이 한참 번성하였던 그리

스에서는 유리 細工時 光이 유리棒을 타고 전달된다는 것이 알려져 있었고 또 과학의 꽃이 피었던 19세기의 영국에서는 좁은 폭의 水流中을 光이 전파되어 간다는 것이 관찰되고 있었다.

이와 같은 원리를 기초로 하여 유리 파이버(fiber)에 의해 光을 보내고자 하는 최초의 실험이 행해진 것은 1930년경 독일의 Lamb에 의해서였다. 1958년경에는 영국의 Kapanv 등이 유리 파이버를 심선으로 하고 그 주위를 다른 종류의 유리로 코오팅한 현재의 光 파이버의 原形을 고안하였다.

1900년대 초기에 일본에서도 이와 같은 光 파이버가 畫像 전송용으로 만들어지기 시작되었으나 1[m] 길이에서 光의 세기가 수 분의 1로 감소될 정도로 손실이 커서 신호의 전송용으로는 쓸 수가 없었다.

이와는 달리 일종의 광 전송로를 이용한 통신로를 살펴 보면, 미 육군 연구소에서 1960년경 행한 렌즈列에 의한 실험예가 있다. 이것은 촛점 거리가 50[m]인 光學 렌즈를 100[m]마다 10개를 나란히 놓아 그 도중을 파이프로 감싼 1[km]의 전송로를 地上에 설치하고, 크세논(Xe) 램프를 光原으로 사용하여 통신을 꾀했던 것이다. 그 후 빔의 안정성에 관한 연구가 행해졌다.

한편, 1952년에 메이만(T. H. Maiman)에 의해 반도체에 의한 증폭 작용에 관한 示唆이 있었고, 1954년에 미국의 타운스(C. H. Towns), 소련의 바소프(N. G. Basov) 등에 의한 光 MASER의 着想은 1960년에 Hughes社의 메이만에 의한 루비를 이용한 고체 레이저, 1961년에 벨 연구소에서 He-Ne 개스 레이저로서 실험을 보았다. 또 1957년에 반도체를 이용한 MASER의 着想이 있었는데, 1962년 갈륨砒素를 이용한 반도체 LASER가 GE社의 Hall 등과, MIT의 Quist 등과, IBM의 Nathan 등에 의해 모두 미국에서 성공했다. 이와 같이 하여 光通信은 새로이 얻어진 레이저 光에 의해 성능이 좋은 통신 방식이 되리라는 인식이 생겨났다.

그 후 레이저에 이용되는 2枚의 반사경을 서로 마주 보게 하여 光을 가두는 페브리페로(Fabry, Perot) 공진기중의 고유 모드(光의 분포 형태를 나타내는 것으로서 固有姿態라고도 함)의 연구가 계속되었으며, 빔狀의 光을 LASER 공진기로부터 발생시킬

수 있게 되어 공간을 전파하는 모양에 관한 이론적 기초가 세워졌다.

1964~1965년에 걸쳐 개스 렌즈가 제안되어 얼마동안 연구가 계속되었다. 이것은 기체의 굴절률 분포를 중심축으로부터 거리의 2승으로 감소시켜 光을 중심축 부근에 거두어 저손실로 전송하고자 하는 기체 렌즈였다. 이와 같은 굴절률 분포를 갖는 소위 렌즈狀의 매질내를 전파하는 도파 모드에 관한 수학적 기초가 이 때에 세워졌다. 그러나 기체의 굴절률 분포를 형성하는데 전력이 필요하며 체적도 크게 되므로 전송 소자로서의 가능성은 거의 없었다. 그러나 연속적으로 光을 가두어 전송하려는 생각은 발전되어 1965~1966년에 굴절률 분포가 거리의 2승에 가까운 경우의 전파 정수를 구하는 방법이 연구되었다. 그 후 1968년에 WKB(Wentzel Kramers Brillouin) 법에 해 분포 굴절률 도파로의 群速度가 계산되어 모드間 群速度가 等價라는 생각이 定量化되었다. 이들의 수학적 취급에 관한 기초가 현재의 光 파이버에 그의 모든 성과가 살아나고 있다.

1966년경에서부터는 光通信에 있어서의 반도체 레이저의 응용이 일본이나 미국에서 주목되기 시작하여 매우 높은 주파수까지 직접 변조할 수 있다는 것이 알려졌다. 또 Ge나 Si의 고속 光 검파기의 개발이 벨 연구소에서 행해졌다. 또 유리 光 파이버를 전송로에 이용할 것이 일본, 영국, 미국 등에서 재인식되어, 저손실화의 가능성과 넓은 대역을 가질 가능성에 대한 검토가 시작되었다.

1965년에 일본 東北大學의 西沢, 川上 등에 의해 光 파이버의 손실 측정이 행해졌고 1966년에 영국 STL의 Kao에 의해 유리의 불순물을 제거하면 손실을 줄일 수 있겠다는 것이 示唆되었고, 1968년에는 日本 板硝子 및 日本電氣의 北野, 内田 등에 의해 SEL-FOC 파이버가 개발되었다. 또한 1970년에는 미국의 코닝社에 의해 CVD(Chemical Vapour Deposition) 법의 개발로 보다 저손실의 光 파이버를 만들 수 있게 되어 수천 [dB/km]이던 손실도 20[dB/km]로 감소되게 되었다. 이들 성과는 그때까지만 해도 일부의 기초 연구자에게 한정되어 있던 光通信 기술의 연구가 산업계로 파급되는 계기가 되었다.

1970년 전후에, 光通信을 실용적으로 가능성이 있겠다는 희망을 가지게 된 또하나의 연구 성과가 나

타났다. 그것은 미국의 벨 연구소에 있어서 林, Panish 등에 의한 AlGaAs/GaAs 결정을 이용한 파장 0.85(μm)의 반도체 室温 연속 발진과 이에 이어 일본의 日本電氣와 미국의 벨 연구소, 영국의 STL 등에 있어서의 長壽命化이다. 또 日本의 電電公社를 중심으로 GaAs 반도체 레이저의 고신뢰화, 三菱과 日立에 의한 横 모우드 안정화 레이저의 개발이 행해졌다. 그리고 光部品이나 光傳送路의 개발에 의해 학문적으로도 산업적으로도 유망시되기 까지 이르렀다. 반도체 기술의 성과를 충분히 활용하여 현저한 진보를 보인 光 파이버 전송로는 저손실성과 광대역성을 지니므로 최근에 있어 가장 우수한 전송로의 하나라 일컬어지게 되었다.

1976년에서 부터 수년간에 걸쳐 光 파이버 통신의 발전은 눈부셨고, 관련 연구자, 기술자 혹은 시스템 응용 관계의 사람의 수도 급격히 증가했다. 소위 0.85(μm) 파장대에서의 光通信 시스템은 1980년 전후부터 실용되기 시작하여 세계 각국의 公衆통신, 케이블 정보 전송 시스템 등에 실제로 쓰이기 시작되었다.

벨 연구소에 의해 1974년에 MCVD(Modified CVD)법의 개발로 실리카 파이버의 전송 손실이 파장 1(μm) 이상의 소위 장파장대에서 매우 작게 된다는 사실이 1979년경 밝혀졌다. 즉 1976년에 획기적이라고도 할 수 있는 0.47[dB/km] ($\lambda=1.3(\mu\text{m})$)의 光 파이버가 日本의 電電公社와 藤倉電線에 의해 발표되어 저손실화의 연구에 박차가 가해졌고, 1979년에는 파장 1.55(μm)에서 이론 한계값이라고 할 수 있는 0.2 dB/km가 기록되었다. 이것과 병행하여 1977년에는 새로운 光 파이버의 제조법인 VAD법(Vapour Phase Axial Deposition: 氣相軸 불임법)이 日本의 電電公社, 住友電工을 중심으로 개발되었고, 1980년에는 불순물로서의 水分이 거의 포함되지 않은 저손실 파이버가 실현되었으며 單一 모우드 파이버에서도 0.2[dB/km]라는 전송 손실에 도달될 수 있다는 것이 밝혀졌다.

한편 재료 분산이 작게 되는 1.3(μm)帶와 극저손실이 되는 1.6 μm 帶의 소위 장파장대(1.2~1.7(μm))의 광원용으로 사용되어질 것으로서 1976년 미국 MIT에 의해 파장 1.1(μm)의 GaInAsP/InP 장파장 레이저가, 日本의 電電公社, 國際電電, 東工大에 의해 1977년에 1.3(μm)의 장파장 레이저, 1979년경

에 1.55(μm)의 레이저가, 또한 1980년에 東工大에서 1.5~1.6(μm)의 動的 單一 모우드 레이저 연구의 端緒가 잡혀 그 후 여러가지의 動的 單一 모우드 레이저가 개발되었다. LED와 光 검출기의 개발도 활발해졌다. 이로서 반도체 光 디바이스도 실용적인 수준에 달하게 되었고, 실제의 光通信 시스템에 장파장대가 사용되기에 이르렀다.

자동차 무선 전화

카아폰(car phone)은 1921년 미국의 디트로이트 시경이 최초로 이동무선장치를 차량에 탑재하여 이동통신을 행한 것이 그 효시이다. 2[MHz] 대역을 사용한 이 최초의 장비는 저주파수대였기 때문에 가입자 용량이 제한되는 단점이 컸었다.

1940년에는 30~40[MHz] 주파수 대역에서 FM 방식을 처음으로 이용, 통화 품질을 개선시킨 새로운 시스템이 개발되었고, 1946년에는 150[MHz] 대역에서 Common carrier 방식을 사용하여 60[KHz]의 채널 간격으로 6개 채널을 수용할 수 있는 반이중 방식(half duplex)의 DPLMRS(Domestic Public Land Mobile Radio Service)가 개발되었다.

1955년에는 150[MHz] 대역에서 채널 간격을 30[KHz]로 줄여 채널 용량을 2배로 확장한 시스템이 개발되었으며, 1956년에는 450[MHz]의 주파수 대역을 사용하는 최초의 시스템이 개발되었다.

그 후 1964년에 개발된 150[MHz] 대역의 MJ 시스템과 1969년에 개발된 450[MHz] 대역의 MK 시스템은 현재의 카아폰 시스템의 모체로서 「IMTS」(Improved Mobile Telephone System)로 통칭되는데 이 시스템은 이때까지의 시스템 보다 가입자 용량이 크며, 가격이 저렴할 뿐만 아니라 처음으로 전이중(full duplex) 통화가 가능하다는 점 등 기능면에서 크게 향상을 보게 되었다.

그러나 자동차의 보급이 일반화됨에 따라 자동차 무선 전화에 대한 수요의 급증으로 말미암아 가입자 용량이 한계에 이르고 기지국의 200~250(W)의

고출력 방사로 인한 인접 기지국과의 간섭과 자동차 이동으로 인한 통화 단절 등의 문제가 대두되었다. 이에 따라 1978년에 이러한 문제점을 개선한 AMPS (Advanced Mobile Phone Service) 시스템이 미국에서 개발되었다. 이 시스템은 셀룰러(cellular) 개념을 도입하여 800〔MHz〕 대역에서 주파수의 이용 효율과 통화 품질을 높이고 가입자 용량의 극대화를 꾀한 시스템이다.

가입자 용량의 한계를 극복하고 자동차의 이동에 따른 통화 단절 등을 개선하기 위해서 800〔MHz〕 대역을 이용하는 셀룰러 개념은 셀(cell)을 증가시켜 가면서 다른 지역에서도 동일한 주파수를 동시에 사용하여 주파수의 이용 효율을 높임으로써 개선된 서비스를 제공하는 주파수 재이용(frequency reuse)과 한 개의 셀을 여러 개의 셀로 세분하므로써 통화량의 증대를 도모하는 셀 분할(cell splitting)로 집약된다.

주파수 재이용이란, 주파수간의 간섭 효과가 무시될 수 있도록 충분한 거리를 두고 동일한 주파수 즉 채널 세트를 사용하는 것으로서 이는 카아폰 시스템 뿐만 아니라 방송국과 그 외 무선 통신에서도 많이 이용되고 있다.

이 방식은 고출력의 송신기가 전지역을 담당하던 기존의 IMTS 방식과는 달리 세분된 지역을 담당하는 여러 개의 소출력 송신기로 구성되어 있다. 이 세분된 지역을 셀(cell), 송수신기가 설치된 국을 셀 사이트(cell site), 기지국(land site) 또는 베이스 스테이션(basestation)이라고 한다.

셀룰러 방식의 서비스에 대한 기본적인 기술은 1968년 부터 이용 가능하였으나 FCC의 사업 인가와 규정에 관한 논쟁으로 시스템의 건설 및 운용이 지연되어 왔다. 1976~1981년 까지 뉴저지주의 Newark에서 모의 실험을 하였고, 시카고에서 실용화 시험에 성공하였다.



조 성 준

저자약력

- 한국항공대학 통신학과 졸업
- 한양대학교 대학원 졸업
- 오오사카 대학원 통신공학과 졸업(공학박사)
- 한국항공대학 통신공학과 전임강사, 조교수 역임
- 한국통신학회 학회지 편집위원장 및 상임이사 역임
- 한국통신학회 학술상과 공로상 수상
- 현재 한국항공대학 통신·정보공학과 부교수
- 한국통신학회 이사
- 전기통신 100년사 집필위원