

통신 방식의 역사

임경순

20세기 후반에 살고 있는 우리는 지금 정보통신 분야에서 놀라운 변화를 실감하고 있다. 무선 전화, 위성 통신, 디지털 통신, 컴퓨터 통신, 휴대폰 등으로 대변되는 정보통신 혁명의 여파는 실로 엄청난 위력을 지니면서 진행되고 있다. 이런 정보 통신 혁명 과정에는 진공관, 트랜지스터, 집적 회로와 같은 소자 발전과 아울러 통신 방식의 발전도 커다란 기여를 했다. 현재 유선이나 무선을 막론하고 서로 통신을 할 때에는 통신의 효율을 높이기 위해 다양한 신호 전송 방식을 사용하고 있다. 지난 200년 동안 유무선 전신 및 전화의 발달에 따라 직렬 데이터 전송과 병렬 데이터 전송, 진폭 변조와 주파수 변조, 시분할 다중 접속과 주파수 분할 다중 접속 등 다양한 방식 통신 방법이 개발되었다.

전신의 발견

19세기에 유럽과 특히 미국인들은 정보통신 분야에 있어서 혁명적인 변화를 느꼈다. 19세기를 거치는 동안 인간은 빛과 소리와 같은 전통적인 정보 전달 수단 이외에 전기를 이용해서 정보를 전달하는 방법, 즉 전신을 창안해 내었다. 이 전신을 이용해서 사람들은 주식의 변동, 시장 가격의 변동, 열차 출발 시간, 정치적 사건, 전쟁 소식 등 멀리 있는 곳의 소식을 과거에는 상상도 못하던 빠른 속도로 전달받을 수 있게 되었고, 당시 사람들에게 이것은 분명 혁명적인 변화였다.

1. 전기를 이용한 전신의 초기 역사

전기를 이용해서 신호를 전달하려는 전신은 이미 갈바니와 볼타가 동전기를 발견하면서 그 가능성이 엿보였다. 1809년 독일의 폰 쇠머링(S.T. von Smmerring)은 전기가 용액을 통과할 때 거품이 생기는 것을 관찰하고, 이것을 이용해서 알파벳을 전달하는 전신 장치를 고안해 내었다. 이때 그는 26개의 전선을 이용해서 약 3킬로미터까지 알파벳을 전달하는 데 성공했다. 하지만 전기분해를 이용한 그의 전신 장치는 당시에는 전기 부품의 값이 너무 비쌌기 때문에 경제성이 없어 실용화되지는 못했다.

1820년 덴마크의 코펜하겐에 있던 외르스테드는 전류가 자침의 회전에 미치는 새로운 전자기 현상을 발견했다. 외르스테드의 이 놀라운 발견은 곧 프랑스의 과학자 앙페르에 의해서 확인되었는데, 이후 많은 사람들이 자침을 이용해서 신호를 전달하려는 시도를 하게 된다. 1833년 독일의 유명한 수학자 프리드리히 가우스는 그의 조수였던 물리학자 빌헬름 베버와 함께 자침을 이용한 전신 장치를 발명했다. 그들은 두 개의 구리 전선을 이용해서 약 2 킬로미터 정도 떨어진 곳에서 실제로 통화를 해보기도 했다.

1837년 영국의 쿡(W.F. Cooke)와 휘트스톤(Charles Wheatstone)은 5개의 자침을 이용해서 알파벳을 전송하는 전신기를 창안해서 특허를 출원했다. 쿡과 휘트스톤이 창안한 방식은 곧 영국의 철도 회사에서 채용되었고, 이후 이들의 전신은 영국의 전신 방식을 지배하게 된다. 이들이 만든 최초의 전신 장치는 쇠머링의 장치와 마찬가지로 여러 개의 전선을 이용해서 신호를 전송하는 병렬 데이터 전송

(parallel data-communication) 방식을 이용하고 있었다. 하지만 이런 병렬 전송 방식은 곧 비용 문제와 부딪히게 되었고, 자침의 수는 점점 줄어들다가 마침내 하나의 자침만을 사용하는 체계로 변하게 된다. 이로써 자침 전신기는 최초의 직렬 데이터 전송(serial data-communication) 장치로도 기록되게 되었다.

2. 모스의 전신

영국의 쿠크와 휘트스톤의 자침 전신기보다도 19세기 전신의 혁명에 더 커다란 영향을 미쳤던 것은 1837년 미국의 저명한 화가였던 모스(Samuel F.B. Morse, 1791-1872)가 특허를 출원한 전신기였다. 모스는 1832년 유럽으로 여행하던 중 배 안에서 보스턴의 화학자 잭슨(Charles T. Jackson)에게서 앙페르의 전자기 실험과 전기의 속도가 전선의 길이에 영향을 받지 않을 정도로 빠르다는 이야기를 우연히 듣고, 이것을 통신에 이용해 보기로 마음을 먹었다. 당시 미국에서는 많은 화가들이 발명가로서도 활약했는데, 모스는 자신의 발명품에 대한 개념 설계를 마치 미술품을 제작하는 식으로 해나갔다. 또한 화가가 자신의 작업실에서 작업을 하듯이, 모스는 자신의 기계 작업실에서 전신기라는 발명품을 고안하고 개량해 나갔던 것이다.

모스의 전기학에 관한 지식은 아주 빈약했지만, 그는 예일 칼리지를 졸업하고 뉴욕 대학의 교수로 있으면서 뉴욕의 과학자들과 연결을 맺을 수 있었다. 우선 모스는 자신의 대학 동료이며, 화학, 지질학, 광물학 교수였던 레오나드 게일로부터 전기에 관한 지식을 얻었다. 무엇보다도 게일은 전자석을 이용해서 전신기를 창안했던 조지프 헨리의 작업에 대해서 알고 있었다. 조지프 헨리는 1831 32년에 이미 건전지, 전도체, 전자석 등을 이용해서 멀리 떨어진 곳으로 자력을 전달시킬 수 있다는 것을 실험적으로 입증했었다. 전자석을 연구하는 과정에서 헨리는 전신에 관한 기본적인 장치를 창안해 내었지만, 그는 이것을 더욱 진척시켜서 특허로 출원하지는 않았다. 반면에 이미 1832년 잭슨으로부터 앙페르의 전자기 법칙에 대한 이야기를 듣고 이것을 전신에 이용해 보려고 생각하고 있던 모스는 헨리와는 달리 헨리의 실험에 대한 정보를 게일로부터 얻은 뒤에 이것을 더욱 개량해서 마침내 전신에 대한 특허를 출원하게 된다.

모스는 기계에 대해서는 문외한이었지만, 기계공 출신의 알프레드 베일(Alfred Vail)의 도움을 얻어 전신에 필요한 기계를 제작할 수 있었다. 모스의 발명품이라고 하는 전신은 사실 상당히 많은 부분은 베일이 개량한 것이었다. 베일은 1844년까지 수신기를 다양한 시계 기술을 이용해서 단순화시켰을 뿐만 아니라, 송신 장치도 놀랄 만큼 간단하게 개량시켜 놓았다. 심지어 오늘날 '모스 부호'라고 부르는 기본적인 통신 코드도 실제적으로는 대부분 베일에 의해서 만들어진 것이었다. 하지만 이 모든 것은 베일의 몫이 아니라 최초의 창안자였던 모스의 업적으로 돌아가 버렸다. 베일은 단지 모스를 도운 보조자로서만 사람들에게 알려졌던 것이다.

3. 모스 체계의 확산

모스는 자신의 전신 체계를 확산시키기 위해서 의회의 도움을 얻어내려고 노력했다. 당시 미국의 의회는 전신에 대해서 많은 관심을 가지고 있었는데, 아마도 그 이유는 전신의 군사적 이용 가능성과 연방 우편체제의 한 방편으로 전신이 유용할 수 있다고 판단했기 때문일 것이다. 의회의 협조를 얻는데 성공한 모스는 1844년 5월 24일 마침내 워싱턴과 볼티모어 사이에서 전신 사업을 시작했다. 전신이 지니는

공공성 때문에 모스의 발명은 연방 정부에 의해서 구입될 수도 있었다. 하지만 당시 미국에서는 잭슨주의자들의 영향 아래 연방정부의 힘을 될 수 있으면 제한하고, 대신 사기업과 개인의 능력을 존중하는 분위기가 팽배해 있었기 때문에, 모스는 자신의 발명품으로 개인 사업을 시작할 수 있었던 것이다. 결국 모스는 전신의 발명자라는 명예와 함께 부도 함께 누리게 된다.

모스의 전신 체계는 몇몇 사기업들이 이 체계를 채용하게 되면서 뉴욕, 필라델피아, 보스턴, 버팔로 등으로 확대되어 나갔다. 하지만 전신이 연방정부가 아닌 사기업에 의해서 주도되면서 개인의 창의력이 진작되었고, 이에 따라 전신에 대한 새로운 발명품이 계속 나타나게 된다. 즉 전신 사업이 확대되면서 모스의 전신체계 이외의 새로운 발명품들이 나타나게 되었는데, 이에 따라 모스 전신 체계의 독점을 견제하는 치열한 경쟁 체계가 형성되었던 것이다. 이런 치열한 경쟁 체계 속에서 전신은 더욱 빠른 속도로 발전해 나갔다.

모스의 전신 체계에 도전한 전신 체계 가운데 하나는 뉴욕의 발명가 하우스(Royal E. House)가 특허를 출원한 인쇄형 전신 체계였다. 이외에도 영국에서 전신 체계로 특허를 낸 휘트스톤과 협력해서 창안해낸 베인(Alexander Bain)의 전신 체계도 새롭게 등장했다. 금속 드럼 위로 천공된 종이를 통과시키는 방식의 베인의 자동 전신 체계는 모스 체계와 특허 침해 문제를 놓고 법정 공방까지 했지만, 1853년 모스의 사업자들이 베인 체계 사업자들을 지배하게 되면서 싸움은 하우스 체계와 모스 체계와의 2파전으로 좁혀졌다. 모스 체계 사업자들은 하우스 체계와의 싸움에서 이기기 위해서는 자신들이 체계가 지닌 기술적 장점을 더욱 극대화해야 한다고 생각했다. 하우스의 인쇄형 전신은 속도는 빨랐지만 장치가 너무 복잡해서 원거리 통신에서는 모스 장치에 비해 신뢰도가 떨어졌다. 1850년대 중반을 거치면서 모스 체계는 종이 테이프를 수신하던 방식을 음향기(Sounder)로 대체하는 기술적 진보를 이룩했다. 그 결과 통신 속도가 놀랍게 향상되었으며, 착오 비율도 상당히 줄어들었다. 또한 음향기에 의한 체계는 가격 면에서도 하우스의 인쇄형 전신체계에 비해서 유리했기 때문에 마침내 하우스 전신 체계를 압도하게 된다. 결국 모스 전신 체계는 하우스의 전신 체계를 비롯한 여러 경쟁 체계들을 누르고 미국의 전신 체계를 지배하게 되었으며, 19세기 정보통신 혁명의 핵심적 발명품으로 남게 되었던 것이다.

벨과 그레이의 전화 발명

오늘날 우리에게 없어서는 안될 필수품으로 자리잡은 전화는 알렉산더 그레이엄 벨(Alexander Graham Bell, 1847 1922)과 그레이(Elisha Gray, 1835 1901)에 의해서 거의 동시에 발명되었다. 1876년 2월 14일 그레이는 벨보다 조금 늦게 특허를 신청했는데, 이 일화는 아직도 많은 사람들에게 의해서 간발의 차로 엄청난 기회를 놓쳐 버린 극적인 사건으로 자주 묘사되고 있다. 하지만 그들의 발명에 얽힌 실제 내막은 많은 사람들이 알고 있는 것과는 상당히 다르다.

1. 그레이의 발명가로서의 전력

그레이는 1835년 오하이오 주의 한 농촌에서 태어났다. 그는 1865년부터 전문적인 발명가로서 활동을 시작했는데, 전화를 발명하게 되는 1870년대에는 이미 전신 분야에서 두각을 나타내는 전문적인 발명가로 성장해 있었다. 1874년 경 그는 육조를 이용한 실험을 통해서 처음으로 소리를 전류로 바꾸는 가능성이 있다는 것을 확인했고, 이런 착상을 더욱 발전시켜서 바이올린의 음을 전기적으로 바꿀 수 있는 '바이올린 수신기'를 창안해 내었다. 더 나아가 그는 그 해 5월 금속 진동판으로 이루어진 전자기 수신

기를 제작했고, 이것에 대한 특허까지 출원했다.

당시 그레이는 바이올린 수신기를 착안하는 과정에서 만든 이 금속 진동판 전자기 수신기가 음악 전신기, 다중 전신, 음성 전신 등에 모두 이용될 수 있다는 것을 알고 있었다. 그러나 1874년 그레이가 전신 관계자들 앞에서 자신의 발명품에 대해서 시범을 보였을 때, 그들은 그레이의 발명에 대해서 상당히 회의적이었다. 즉 전신 전문가와 전신 관련 잡지사 편집인들을 비롯한 당시의 전신 전문가들은 그레이가 발명한 '전화'가 음악과 음성을 전달할 수는 있다고 하지만, 단지 아주 흥미로운 과학적 착안품일 뿐이지 직접적인 실용적인 응용 가능성은 거의 없다고 평가했다. 그때까지도 그들은 음성을 전달하는 전화를 단지 재미있는 장난감 정도로 생각했던 것이다.

당시 웨스턴 유니언 회사를 비롯한 주요 전신 회사에서는 발명가들에게 하나의 선으로 여러 모스 신호를 보낼 수 있는 다중 전신을 개발해줄 것을 간절히 원했는데, 이런 전신 관련 분야의 요구 때문에 전문적인 발명가였던 그레이는 자신의 발명품을 전화보다는 다중 전신에 활용하려고 노력하게 된다. 한편 그레이가 전화에 관한 기본적인 착안을 해놓고도 이것을 음성을 전달하는 전화 쪽으로 발전시키지 않고 다중전신 쪽으로 이용하려고 더 노력하고 있는 동안, 그레이와는 아주 독립적으로 이와 비슷한 장치를 개발해 나가고 있었던 사람이 있었는데, 그가 바로 알렉산더 그레이엄 벨이었다.

2. 벨이 전화를 발명하게 된 배경

벨은 소리를 내는 음성 기관의 위치와 작용을 나타내는 음성학적 기호를 체계화해서 세계적인 명성을 얻은 에든버러 출신의 발성법 교사의 아들로 태어났다. 발성법 집안에서 자란 벨은 장성한 뒤 자신의 아버지가 개발한 이 '시화법'(visible speech) 체계를 농아에게 발성법을 가르치는 데에 활용하게 된다. 이리하여 1872년 그는 농아에게 발성법을 가르치는 학교를 보스턴에 개설했고, 자신도 그곳에서 강사로 있다가 1873년에는 보스턴 대학의 음성 생리학 교수가 되었다. 발성법에 관한 관심이 높았던 벨은 헤르만 헬름홀츠의 음성과 감각에 관한 실험에 대해 공부한 뒤 조화 단진동을 합성해서 복합 모음을 만들어 내려고 노력했다. 이 과정에서 그는 조화 전신기를 고안해 내었고, 1875년 4월 6일 다중 전신에 관한 특허까지 신청했다. 이 조화 전신기와 다중 전신을 개선하는 과정에서 벨은 전화를 발명하게 되었던 것이다.

벨은 기계 제작에는 아주 문외한이었지만, 기계 수리공이며 모형 제작자였던 토머스 왓슨의 도움으로 음성을 전기적으로 전달할 때 필요한 기구를 제작할 수 있었다. 또한 벨이 도움을 주던 농아 메이블 허버드(Mable Hubbard)의 아버지로부터 이런 기구를 제작하는 데 필요한 재정적인 도움을 얻을 수 있었다.(전화 발명을 마친 뒤인 1877년 벨은 10년 연하인 이 메이블 허버드와 결혼했다.) 벨에게 재정적인 지원을 해주던 허버드도 처음에는 그레이와 웨스턴 유니언의 관계자들과 마찬가지로 전화의 실용화 가능성에 대해서는 상당히 회의적이었고, 오히려 벨이 다중 전신에 더 많은 비중을 두기를 원했다. 하지만 농아에게 말을 가르치는 데 관심이 많았으며 전신 분야에서는 상대적으로 비전문가였던 벨은 다중 전신보다는 음성을 전달하는 전화 쪽에 더 많은 관심을 갖게 되었다. 1875년 6월 음성을 전기적으로 전달하는 것이 기술적으로 가능하다고 판단한 벨은 그 해 9월부터 전화에 대한 기본적인 착상을 하기 시작했다. 마침내 그는 1876년 1월 20일 전화에 대한 공증을 마치고 2월 14일에 특허를 신청해서 1876년 3월 7일 미국 특허청으로부터 전화 특허를 받게 된다.

3. 벨과 그레이 사이에 특허 소송이 생기게 된 배경

벨이 전화로 특허를 신청한 날인 1876년 2월 14일, 그레이 역시 아주 독립적으로 전화에 대한 '특허권 보호 신청'(caveat)을 특허국에 냈다. 하지만 그레이는 전화의 실용적 가능성에 대해서 그리 심각하게 생각하지 않았고, 발명 특허권 보호 신청을 낸 뒤 한가하게도 자신의 재정적인 후원자와 곧 있을 박람회 문제를 협의하기 위해 필라델피아로 떠났다. 그레이는 벨이 사용한 가죽 막보다 더욱 효율적이었던 금속 진동 막을 이용해서 음성을 전달했기 때문에 기능 면에서는 그레이의 특허품이 벨의 특허품에 비해서 우수했다. 더 나아가 그는 전화에 대한 특허를 내기 이전에 이미 가변저항을 이용해서 음성을 전달하는 방법을 고안했었는데, 벨이 자신의 특허를 낼 때 이 가변저항을 이용한 방법을 끼워 넣은 것으로 여겨진다.

3월 10일 그레이는 가변저항을 이용해서 음성을 실제로 전달하는 데 성공했고, 그 해 6월 필라델피아에서 열린 독립 100주년 기념 박람회에서 벨과 함께 전화를 선보였다. 하지만 이때까지도 전화는 많은 사람들에게 단지 장난감 수준 정도의 흥미 있는 물건 취급을 받았다. 그레이 역시 그 이상의 의미를 두지 않았지만, 벨은 반대로 계속 자신의 전화를 개량·발전시켜 나갔다. 1877년 벨은 웨스턴 유니언 회사에 자신의 특허를 10만 달러에 팔려고 한 적이 있었다. 하지만 웨스턴 유니언 회사는 벨의 발명품보다는 그레이, 에디슨 등의 특허를 구입했다. 웨스턴 유니언 회사는 전화보다는 다중 전신에 더 많은 실용화 가능성이 있다고 믿고 있었던 것이다.

한편 1878년부터 토머스 에디슨이 탄소 저항을 이용한 송화기로 특허를 얻는 등 전화를 실용화하는 데 필수적인 몇몇 발명들이 이어졌다. 결국 사람들은 전화가 단지 장난감이 아니라, 전신을 대체할 잠재적 가능성이 있다는 것을 서서히 느끼기 시작했고, 이에 따라 벨 회사와 웨스턴 유니언 회사 사이에는 그 뒤로 오랫동안 진행될 역사적인 특허 소송이 벌어지게 된다. 오랜 소송 끝에 웨스턴 유니언 회사는 전화 대여로 벨 회사가 얻는 이익의 20%를 챙기는 것으로 합의하면서 전화에 대한 권한을 포기했고, 결국 전화 사업은 벨 회사에 의해 주도되게 된다.

4. 전문가보다 비전문가에게 유리했던 발명

실용적인 전화 체계를 개발한 뒤 벨은 판매와 기술 개발은 다른 전문가들에게 맡기고, 자신은 다시 자신의 본업이었던 음성학과 농아 교육 분야로 돌아가게 된다. 즉 그는 미국 농아 발성 교육 진흥 협회를 창설·육성했으며, 농아의 유전적 유형에 관해 연구하는 등 전신·전화에 관한 발명보다는 자신의 전문 분야였던 음성학 분야에 더 많은 노력을 기울이게 된다. 반면에 그레이는 1880년 오하이오 주 오버린 칼리지의 동전기학 교수가 되었고, 평생을 전신 분야에서 전문적 발명가로 활동했다.

아이러니컬하게도 그레이는 전신 분야의 전문가였기 때문에 결과적으로는 전신 분야에서는 상대적으로 아마추어 발명가였던 벨에게 전화 발명의 주도권을 놓친 셈이 되고 말았다. 전신 분야의 전문적 발명가로서 그는 웨스턴 유니언 회사를 비롯한 전신 분야 종사자들의 눈치를 보아야 했으며, 또한 벨에 비해 자신의 재정적 후원자들의 요구에 더 얽매일 수밖에 없었다. 전화의 발명에 얽힌 이 극적인 일화는 독창적인 발명품을 창안·개발하는 데에는 전문가들보다 오히려 비전문가가 유리할 수도 있다는 것을 보여 주는 좋은 예라고 할 수 있다.

무선 전신의 발명: 마르코니와 브라운

20세기 정보통신 혁명 시대를 연 가장 획기적인 발명 가운데 하나는 19세기말에 굴리엘모 마르코니(Guglielmo Marconi, 1874 1937)와 브라운(Karl Ferdinand Braun, 1850 1918)이 발명한 무선 전신이었다. 공간을 통해 전달되는 전파를 이용한 무선 전신의 발명은 곧 지구를 동시에 순간적으로 연결하는 지구촌 통신을 가능하게 해주었을 뿐만 아니라, 곧이어 라디오, 텔레비전을 비롯한 매스컴의 출현을 가져왔고, 20세기 후반의 획기적 발명품인 휴대용 무선 전화의 가능성도 열어 놓았던 것이다.

이미 1861년 영국의 물리학자 맥스웰은 빛과 유사한 성질을 지닌 전자기파의 존재를 이론적으로 예언했다. 1887년 하인리히 헤르츠는 맥스웰이 예언한 이 전자기파의 존재를 실험적으로 증명했는데, 그 뒤 헤르츠가 관찰했던 이 전자기파를 실용적으로 이용하기 위한 노력이 세계 도처에서 나타났다. 전자기파를 통신에 이용하기 위해서는 우선 전자기파를 송신하고 탐지할 수 있는 장치를 개발하는 것이 무엇보다도 필수적이었다. 헤르츠와 거의 동시에 맥스웰의 전자기파를 실험적으로 검출할 뻔했던 영국의 로지(Oliver Joseph Lodge, 1851 1940)는 전자기파가 통과할 때 전기적 저항이 변하도록 금속 조각을 채워서 만든 코히러(coherer)를 발명해서 전자기파를 탐지할 수 있는 보다 효율적인 장치를 만들었다. 하지만 곧이어 나올 마르코니의 무선 전신 출현에 직접적인 영향을 미치게 되는 장치는 로지의 장치가 아니라 브랑리(Edouard E.D. Branly)에 의해서 개발된 것이었다. 브랑리는 로지의 것과 유사한 장치를 개발해서 1891 92년 사이에 과학 학술 저널에 기고했고, 이에 따라 그가 행했던 실험은 당시에 많은 사람에게 알려졌었다.

1894년부터 이탈리아의 기술자 굴리엘모 마르코니는 볼로냐에 있던 리기(Augusto Righi) 교수의 도움을 받아 가며 헤르츠가 발견한 전자기파를 전신에 이용하려는 실험에 착수했다. 우선 마르코니는 리기 교수로부터 어떻게 전자기파가 발생·방사·탐지되는 지에 대한 실제적인 지식을 얻을 수 있었다. 더 나아가 마르코니는 브랑리보다 훨씬 좋은 수신 감도를 얻기 위해서 브랑리의 코히러를 개량해 나갔다. 수신 장치와 함께 마르코니는 보다 먼 거리에서 전자기파를 송수신 할 수 있도록 자신의 전체 장비 역시 개량해 나갔다. 마침내 1895년 마르코니는 자신이 만든 상당히 조야한 실험 장치로 약 2.4 km 거리까지 신호를 무선으로 전송하는데 성공했다.

하지만 마르코니가 무선 전신에 성공했음에도 불구하고 이탈리아에서는 마르코니의 전신에 대해서 상당히 냉담한 반응을 보였다. 때문에 마르코니는 더욱 자신의 장치를 개량한 뒤 좀더 상업적으로 성공할 수 있는 영국으로 특허를 출원하러 갔다. 당시 영국은 많은 식민지를 가지고 있었는데 서로 멀리 떨어져 있는 식민지를 효율적으로 통치하기 위해서는 이 무선 전신은 그야말로 필수 불가결한 기술이었다. 예를 들어, 오스트레일리아에서 발생한 폭동 소식을 듣고 영국 함대가 몇 달 후에 그곳으로 출동했을 때는 이미 폭동은 끝난 상태가 되는 것이 보통이어서 무선 전신이 제국주의 시대의 열강들에게는 식민 통치를 위해 반드시 필요한 것이었다. 이 무선 전신은 원거리 통신에서 가장 커다란 문제였던 값비싼 전선을 필요로 하지 않았기 때문에 우편국의 입장에서조차 아주 매력적인 발명이었다.

1896년 영국에서 특허를 낸 마르코니는 맨 먼저 영국 우편국에서 성공적으로 무선통신을 선보였으며, 1897년에는 빅토리아 여왕의 메시지를 요트 위에 있던 황태자에게 보내는 데 성공하면서 자신이 발명한 무선 전신의 실용적 가치를 영국 사회에서 점차로 인정받기 시작했다. 더욱이 1897년 자신의 이름을 딴 마르코니 무선 전신 회사를 차린 마르코니는 무선 기술을 계속 향상시켜서 1899년에 이르면 약 120

km까지 신호를 무선으로 보내는 데 성공하게 된다.

지속적인 송수신 거리의 향상에 고무된 마르코니는 마침내 대서양을 횡단하는 무선 전신 장치를 개발한다는 엄청난 시도를 하게 된다. 당시 사람들은 지구의 대기권 상층부에 존재하면서 전파를 반사하는 전리층의 존재를 몰랐다. 따라서 많은 과학자들은 지구가 등글기 때문에 전파를 이용한 무선통신은 160 km에서 320 km가 한계라고 생각했다. 하지만 마르코니는 이 무모하기만 보였던 도박을 감행했고, 결국 마르코니는 1901년 12월 영국의 콘웰에서 보낸 'S'라는 신호를 미국 뉴펀들랜드에서 수신하는 데 성공했다. 대서양 횡단 무선 통신의 성공으로 지구적 규모의 전파 통신 및 라디오 방송이 시작되게 되었으며, 동시에 대기권 외곽에 있는 전리층의 존재에 대한 연구도 시작된 것이다. 지구의 상층부에서 전파가 반사하는 현상은 다음 해 아서 케넬리(Arthur Kennelly)와 올리버 헤비사이드(Oliver Heaviside)에 의해서 서로 독립적으로 설명되었다.

무선 전신을 개발한 사람은 마르코니뿐만이 아니었다. 러시아 포포프(Alkesandr Popov, 1859 1906)도 마르코니보다 약간 먼저 1895년 로지가 만든 코히러를 안테나에 연결해서 전자파를 수신하는 데 성공했다. 하지만 당시 포포프의 관심은 천둥 번개와 같은 기상 현상에 관한 것이었고, 이에 따라 그는 이 장치를 번개를 관측하는 장치로 이용했다. 마르코니가 영국에서 특허를 신청하자, 포포프는 이에 자극을 받아서 무선 전신 분야에 다시 뛰어들었고, 러시아 해군의 도움으로 선박 통신을 개발하기도 했다. 그러나 그는 러시아 정부로부터 적극적인 지원을 얻을 수는 없었고, 결국 자신의 발명을 상업화하는 데에는 실패했다. 아마도 마르코니도 1896년 영국으로 가서 특허를 내지 않고 그대로 이탈리아에 있었더라면 포포프의 전철을 밟게 되었을 것이다.

포포프 이외에도 독일 슈트라스부르크의 교수였던 브라운 역시 일찍부터 무선 전신 분야에서 학문적 업적을 내던 과학자였다. 오늘날 우리에게 친숙한 TV 브라운관은 바로 그가 발명한 것이다. 브라운관 이외에 그는 무선 전신을 실용화하는 데 필요한 광석 검파기도 발명했다. 또한 그는 1899년 전파를 송출하기 위한 전원 회로와 안테나가 직접 연결되지 않고 전자기 유도로 서로 결합되게 만들어 전신 송신 출력을 획기적으로 높이는 방법도 창안해 내었다. 애초의 마르코니가 발명했던 송신기는 스파크를 일으키는 송신 전력과 안테나가 직접 연결된 개회로(open circuit)를 바탕으로 한 것이었다. 반면에 브라운은 안테나와 송신 전력 회로가 전자기적으로 동조되어 작동하는 폐회로(close circuit) 방식이라는 새로운 전자기파 송신 방식을 개발한 것이었다. 이로써 좁은 범위의 주파수대를 송출하게 할 수 있게 되면서 전신의 출력이 놀랍도록 향상되었다. 더 나아가 브라운은 이런 원리를 더욱 발전시켜서 사람들이 원하는 일정한 방향으로 전파를 송신하는 지향성 안테나도 개발했다.

이처럼 무선 전신 기술을 발전시키는 데 필요한 많은 학문적 업적을 냈음에도 불구하고, 브라운은 마르코니처럼 재빠르게 무선 전신 기술에 대한 특허를 내지는 않았다. 대학 교수가 돈을 벌기 위해 특허를 낸다는 것은 당시 독일 사회에서는 점잖지 못한 행동으로 여겼기 때문이다. 과학자였던 그는 또 마르코니처럼 대서양 횡단 무선 통신과 같은 무모한 도박도 하지 않았다. 대기권 외곽에 전파를 반사하는 전리층이 존재한다는 것이 당시에는 과학적으로 입증되지 않았었기 때문이었다. 그러나 그는 무선 전신의 발전에 많은 업적을 남겼기 때문에 1909년 마르코니와 함께 노벨 물리학상을 받았다.

뒤늦게 회사를 차리고 특허에 관심을 갖게 된 그는 미국과 유럽 사이의 무선 통신과 관련된 특허 소송 때문에 1915년 미국 뉴욕 시로 건너갔다. 그러나 1917년 미국이 제1차 세계대전에 참전하게 되면서 브

라운은 미국에 억류되었고, 전쟁이 끝나기 전인 1918년 4월 20일 그만 죽고 말았다. 무선 전신의 발명은 맥스웰의 전자기학과 헤르츠의 실험이 선행되지 않았다더라면 아마도 불가능했을 것이다. 하지만 무선 전신 자체를 개발·발전시키는 데에는 과학적 지식이 많았던 브라운보다는 장치의 실용적인 개발에 더 민첩했던 기술자 마르코니가 더 유리했던 것이다.

변조 방식의 발전: AM과 FM

오늘날 우리는 디지털 전성 시대를 맞이하여 무선 전화에는 디지털 방식인 펄스-코드 변조(Pulse-Code Modulation)를 채용하고 있으며, 최근에는 시분할 다중 접속 방식에서 한 단계 더 나아간 새로운 코드 분할 다중 접속 방식까지 등장해서 바야흐로 휴대폰 시대가 우리 눈앞에 펼쳐지게 되었다. 디지털 무선 전화가 등장하기 이전에 우리는 아날로그 방식으로 음성을 무선으로 전달했는데, 이것을 가능하게 해준 것이 바로 진폭 변조(Amplitude Modulation)와 주파수 변조(Frequency Modulation)라는 기술이었다.

1. 페센던과 변조 기술의 시작

모스의 전신이 벨과 그레이의 전화 발명으로 이어졌듯이, 마르코니와 브라운이 발명한 무선 전신은 곧 바로 라디오와 무전기의 발명으로 이어졌다. 무선 전신이 발명된 이후 처음으로 음성을 전파에 실어 보내는 데에 성공한 사람은 미국의 무선공학자였던 페센던(Reginald Fessenden, 1866 1932)이었다. 1892년부터 퍼듀 대학과 펜실베이니아 웨스턴 대학(현재의 피츠버그 대학)에서 전기공학 교수로 재직하던 페센던은 1900년에서 1902년까지 미국 기상청의 특수 요원으로 일하면서 일기예보와 폭풍 경보에 적합한 무선 전신 체계를 개발했다. 이때 그는 전기분해를 이용해서 매우 감도가 좋은 탐지기를 발명했는데, 이 고감도 탐지기가 곧이어 그가 개발한 50,000 헤르츠의 고주파 발진기와 헤테로다인 수신기 등과 결합되어서 전파로 음성을 전달하는 것이 가능하게 되었던 것이다.

1902년 페센던은 피츠버그 금융업자들의 후원으로 자신의 아이디어를 개발시킬 회사를 설립했다. 그 뒤 8년 동안 이 회사에서는 수많은 발명품을 개발하게 되는데, 1906년 크리스마스 전날 페센던은 제너럴 일렉트릭 회사가 제작한 1 kW의 발전기를 이용해서 처음으로 음성과 음악을 전파에 실어 공중으로 날려보내는 데 성공하게 된다. 매사추세츠 주의 브랜드 록에 위치한 그의 송신소에서 보낸 신호는 많은 지역에서 분명하게 수신되었고, 심지어는 바다에 떠 있던 배에서도 수신이 확인되었다고 한다. 이때 이용했던 음성 전달 방식이 바로 진폭 변조(AM) 방식이었던 것이다. 페센던이 관계했던 회사는 이 발명품으로 미국 마르코니 회사를 능가하는 국제 통신망을 구축해 나가려는 원대한 계획을 세웠다. 하지만 이런 계획은 페센던과 재정적 후원자들 사이의 불화가 생기면서 끝내는 회사가 파산해서 수포로 돌아갔다.

2. 디 포리스트와 에드윈 암스트롱

페센던이 고안한 무선 음성 전달 기술은 곧이어 나타나는 진공관의 발명과 연결되면서 놀라운 기술 진보를 이룩하게 된다. 1906년 미국의 디 포리스트(Lee de Forest, 1873 1961)는 3극 진공관의 일종인 오디온(Audion)을 발명했다. 디 포리스트는 당시 3극 진공관을 증폭관으로 이용하지는 않았었다. 하지만 곧 이 3극 진공관의 특허는 AT&T에 의해서 구입되어 장거리 전화를 가능케 하는 증폭관으로 발전했다. 진공관의 발명과 함께 이 당시에 급속도로 발전하던 전기 회로 기술도 무선 방송 및 무전기의 출

현에 커다란 역할을 했다. 1913년 미국의 발명가 에드윈 암스트롱(Edwin H. Armstrong, 1890 1954)은 출력 신호의 일부를 다시 입력 부분으로 되돌려서 다시 증폭함으로써 수신기의 감도를 놀랍게 향상시키는 되먹임 회로(feedback circuit)로 특허를 출원했다. 진공관 기술과 전기 회로 기술을 비롯한 전자 공학의 발전에 힘입어서 페슨던이 고안했던 진폭 변조 기술은 마침내 무선 방송 시대의 개막으로 이어지게 된다. 1920년 마르코니의 무선 전신 회사는 15 kW의 출력으로 일일 음악 방송을 송출했으며, 1922년에는 영국의 BBC사가 최초의 정규 방송 프로그램을 내보냈다.

라디오 방송 기술과 관련된 수많은 기술은 특허권을 둘러싼 끊임없는 법정 소송과 함께 발전했다. 우선 에드윈 암스트롱이 출원한 되먹임 회로 기술은 3극 진공관을 발명한 디 포리스트가 고안했던 기술과 비슷해서 논란의 여지가 있었다. 1922년 뉴욕의 순회 재판소는 당시에 AT&T의 후원을 받고 있던 디 포리스트가 웨스팅 하우스 회사의 지원을 받고 있던 암스트롱의 되먹임 회로를 침해한 것을 발견했다. 이때 암스트롱은 거의 파산 직전에 있었던 디 포리스트를 상대로 경제적 이득이 거의 없는 소송을 제기했다. 암스트롱에게는 돈보다도 발명의 우선권과 관련된 자존심이 걸린 소송이었다. 하지만 곧 디 포리스트 측은 암스트롱의 소송에 대항하는 과정에서 암스트롱이 특허를 출원하기 이전인 1912년 8월에 디 포리스트가 작성한 되먹임 회로에 대한 착상이 담긴 노트북을 제시하면서 사태가 더욱 복잡하게 전개되기 시작했다. 마침내 1934년 미국의 대법원은 암스트롱이 1913년에 출원한 되먹임 회로의 탁월성을 인정하면서도 이와 유사한 생각이 디 포리스트를 비롯한 여러 사람들에 의해서 독립적으로 개발되고 있었다는 것을 인정하게 된다. 소득 없는 소송으로 자존심만 더욱 상하게 된 암스트롱은 되먹임 회로를 발명한 공로로 미국 무선공학자 협회로부터 수여받은 메달까지 반납해 버렸다.

3. 암스트롱의 FM 발명

되먹임 회로 이외에도 암스트롱은 1933년 라디오 방송 기술의 역사에 길이 남을 또 다른 획기적인 발명을 해내었다. 그때까지 방송에서 사용하던 진폭 변조 방식은 여러 곳에서 도달하는 전파가 서로 간섭을 일으켜서 서로 혼신이 되거나 잡음이 생기고, 시간에 따라 세기가 달라지는 등 불안정하다는 단점을 지니고 있었다. 암스트롱은 진폭 변조 방식의 이런 문제점을 극복하기 위해서 잡음이 거의 없는 고감도의 새로운 변조 방식을 창안해 내었는데, 그것이 바로 오늘날 스테레오 라디오 방송에서 주로 이용하는 주파수 변조(FM) 방식이었던 것이다.

1935년 11월 암스트롱은 미국 무선공학자 협회에서 FM 방식을 극적으로 대중 앞에서 선보임으로써 자신의 발명품의 우수성을 유감 없이 과시했다. 고감도 방송으로 FM의 효율성이 입증되었음에도 불구하고, 미국 굴지의 무선장치 제조 회사였던 RCA(Radio Corporation of America)와 그 회사 소유로 미국의 대표적인 방송사였던 NBC(National Broadcasting Company)에서는 암스트롱의 발명에 대해서 긍정적인 반응을 보이지 않았다. 이미 AM 방식으로 많은 투자를 해놓은 RCA로서는 새로운 체계가 비록 몇몇 부분에서 우수하다 하더라도 그렇게 쉽게 채택할 수는 없었던 것이었다. 결국 RCA의 미온적인 반응에 참다 못한 암스트롱은 독자적으로 새로운 체계를 구축하게 된다. 암스트롱이 혼신의 노력을 경주한 결과 기존의 거대한 AM 방송사와는 독립된 군소 방송 업체에 의해 FM 방송이 하나둘씩 시작되었고, 이에 따라 FM 수신 장치의 수요도 급증하게 된다. 하지만 당시에 RCA는 FM 방송 체계보다는 새로운 방송 매체인 텔레비전 방송에 더 많은 열을 올렸다.

제2차 세계대전 이후 보다 많은 FM 주파수대를 얻어내려는 암스트롱과 AM 방송과 텔레비전을 지지하

던 RCA 사이에는 피할 수 없는 정면 대결이 벌어졌다. RCA 측의 입김이 강하게 작용하던 연방 통신 위원회에서 그 때까지 FM 방송에서 사용하던 50 메가헤르츠 주파수대를 현재 우리의 FM 방송도 사용하고 있는 88 108 메가헤르츠의 새로운 주파수대로 옮기고, 이 비계 된 주파수대에 RCA가 선점한 텔레비전 방송 주파수가 들어설 것을 명령했던 것이다. 이에 따라 전쟁 이전에 만들어진 수많은 방송 시설과 수신 장치들은 무용지물이 되게 되었다. 연방 정부의 결정에 의해 커다란 타격을 입게 된 암스트롱은 곧 새로운 주파수대를 차지하려고 노력했지만, 대기업과의 싸움에서는 역부족이었다.

주파수대를 쟁취하기 위한 RCA와의 싸움에서 패배한 암스트롱은 1948년 RCA와 NBC가 자신의 FM 특허를 침해했다는 소송을 제기했다. 하지만 1954년까지 계속된 지루한 소송으로 그는 육체적으로 지치고 재정적으로 파산하여, 마침내 뉴욕의 자신의 아파트에서 10층 아래로 투신해 자살함으로써 파란만장한 생을 마감하게 된다. 그가 죽은 뒤 그의 미망인은 암스트롱 생전에 암스트롱에게 대기업과의 법정 소송이 무모하다는 것을 충고했던 암스트롱의 친구의 권유에 따라 RCA와 1백만 불에 합의함으로써, FM을 둘러싼 암스트롱과 RCA와의 법정 소송은 막을 내렸다.

다중 전신과 디지털 통신의 출현

모스가 전신을 발명하고 벨과 그레이가 전화를 발명한 이래로 하나의 선을 이용해서 여러 사람들이 동시에 신호와 음성을 주고받을 수 있는 다중 전신 혹은 다중 전화는 많은 발명가들에 의해서 끊임없이 추구되었다. 모스의 전신이 다중 전신으로 발전하면서 텔레타이프라이터가 개발되었고, 이 과정에서 시분할 다중화(time-division multiplex), 주파수 분할 다중화(frequency-division multiplex) 등과 같은 다양한 다중 전신·전화 기술이 출현했다. 이어 시분할 다중화 방식은 펄스 코드 변조와 같은 디지털 변조 방식과 결합되어 다중 전화 분야에 이용되었다. 오늘날에 들어와서는 코드 분할 다중 접속(CDMA) 방식이라는 새로운 다중 무선 전화 방식이 우리나라에서 실용화되어 세계에 수출하기에 이르렀다.

모스 전신이 나온 직후였던 1846년 미국 뉴욕의 발명가 하우스(Royal E. House)는 인쇄형 전신기를 발명해서 모스 전신 체계와 경쟁을 했었다. 발명 초기에 이 인쇄형 전신기는 상업적인 면에서는 모스 전신 체계에 비해 열악한 위치에 있었다. 하지만 인쇄형 전신 기술 자체는 그 뒤에도 지속적인 기술 진보를 이룩하면서 현대적인 텔레타이프라이터로 발전해 나갔다. 우선 미국의 음악 교사이자 자연철학 교사였던 휴즈(David E. Hughes)는 피아노를 흉내낸 28개 키로 종이에 문자가 찍히도록 구성된 전신기를 고안했다. 또한 프랑스의 전신 교환원이었던 마이어(Bernard Meyer)는 8개 키를 이용해서 한 선으로 동시에 모스 부호를 전송하는 다중 전신 방식을 고안해 내었다.

1. 보도의 시분할 다중전신

휴즈와 마이어에 이어서 프랑스의 보도(Jean-Maurice-Émile Baudot, 1820 1895)는 휴즈 전신기와 마이어 전신기의 장점을 최대 한도로 결합해서 가히 통신의 혁명이라 부를 만한 대단히 빠른 전신기를 창안해 내었다. 즉 그는 1872년 피아노와 유사한 5개 키를 지닌 시분할 다중화 전신 체계를 창안해서 통신의 역사상 획기적인 전기를 마련했던 것이다. 1877년 보도의 전신 방식은 프랑스 우편 전신국에서 공식적으로 채용되었는데, 당시에 보도의 이름은 빠른 전신기라는 말로 통했을 정도로 시분할 다중화 전신 방식은 전신 분야의 기술 진보를 선도했다. 1899년 영국의 도널드 머리(Donald Murray)는 보도의 이 체계를 더욱 발전시켜서 오늘날 우리가 보도 코드라고 부르는 5 비트 전송방식에 바탕을 둔 실용적

인 텔레타이프라이터를 만들어내게 된다.

물론 보도가 처음으로 5 비트 혹은 5 단위 코드를 사용한 것은 아니었다. 이미 모스와 거의 동시에 독일에서 전신을 창안했던 가우스와 베버도 전신에 5 단위 코드를 제안했었고, 1860년에는 버넷(W. H. Burnett)이 5 단위 코드를 다중 체계에 사용할 것을 제안했었다. 하지만 프랑스의 보도가 처음으로 실용적인 면에서 인쇄형 전신을 다중 체계에 성공적으로 활용했기 때문에 5 단위 코드를 흔히들 보도 코드라고 부르게 되었던 것이다. 이 5 단위의 보도 코드는 오랫동안 전신에서 활용되었고, 특히 텔레타이프라이터 분야에서는 가장 보편적인 통신 코드로 자리잡았다.

1960년대에 들어와서 컴퓨터 통신을 비롯한 디지털 통신이 발전함에 따라 5 단위 코드가 표현할 수 있는 32 가지 문자보다도 더 많은 문자를 전송할 필요성이 증대되었고, 이에 따라 텔레타이프라이터와 함께 널리 퍼졌던 보도의 5 비트 코드보다 더욱 발달된 새로운 표준화된 전송 코드가 출현하게 되었다. 1963년 미국 표준화 협회(American Standard Association)에서는 통신의 효율성과 신뢰도 면에서 신호 요소들의 배열을 최적화 할 것이 아니라 정보 처리와 확장 가능성을 염두에 둔 새로운 통신 코드를 모색할 것을 제안했다. 이리하여 등장하게 된 것이 바로 바로 1963년에 제정되어 1965년에 부분적으로 수정된 7 비트 코드를 바탕으로 하는 ASCII(American Standard Code for Information Interchange) 문자 코드였다.

2. 펄스 코드 변조의 출현

주파수 분할 다중화 방식은 디지털 방식이 아니라 주로 아날로그 방식의 통신에 이용되었다. 한편 현대적인 디지털 통신은 펄스 코드 변조(Pulse-Code Modulation) 방식이라는 새로운 변조 방식이 출현하면서 시작되었다. 1926년 미국의 레이니(Paul M. Rainey)는 펄스 코드 체계에 관한 특허를 출원했지만, 당시에 그의 발명의 사람들 사이에서 거의 잊혀졌었다. 1937년 국제 전신전화회사(International Telephone and Telegraph Company)의 파리 연구소에서 일하던 영국인 리브스(Alec H. Reeves)는 이 펄스 코드 변조 방식을 재 발명해서 자신의 특허를 얻는 데 성공했다. 하지만 당시에는 이 디지털 통신 방식에 이용할 전기 회로 장치의 발전 수준이 충분치 못해서 거의 이용되지 못했다.

제2차 세계대전 중에는 벨 전화 회사의 블랙(Harold S. Black) 팀이 전화의 통신 보안에 힘쓰던 미군 통신대를 위해서 최초로 실용적인 펄스 코드 변조 방식을 이용하는 장치를 개발했다. 하지만 초기에 디지털 통신은 군사용과 같은 특수 목적을 제외하고 민간 분야에서는 거의 활용되지 못했다. 1960년대에 들어와서 트랜지스터와 트랜지스터를 집적한 IC 회로가 개발되면서 비로소 펄스 코드 변조 방식이 전화에 이용되기 시작했다. 이후 집적회로의 기술이 놀라운 진보를 하면서 디지털 방식의 통신은 아날로그 방식을 점차로 압도하게 된다.

펄스 코드 방식을 다중 전신이나 다중 전화에 이용하기 위한 방식으로는 우선 시분할 다중화 방식이 있다. 이것은 보도의 전신 체계에서 보듯이 시간을 분할해서 여러 명이 단일한 회선으로 통화를 할 수 있게 하는 방식이다. 현재 우리나라 무선 전화 방식에서 사용되고 있는 코드 분할 다중화 방식은 아날로그 방식에서 사용하던 주파수 분할 다중화 방식이나 기존의 디지털 통신에서 사용하던 시분할 다중화 방식과는 질적으로 다른 새로운 방식이다. 이 코드 분할 다중 접속(CDMA) 방식에서는 각각의 송신자에게 코드를 부여하고 수신자는 코드를 해독해서 자신에게 전달하려는 디지털 신호만을 선택해서 더욱

많은 수의 다중 통화가 가능하도록 하고 있다.

참고 문헌

- [1] 임경순, 21세기 과학의 쟁점 (사이언스북스, 2001).
- [2] Hugh G.J. Aitken, Syntony and Spark: The Origin of Radio (Princeton University Press, Princeton, 1976).
- [3] Robert V. Bruce, Bell: Alexander Graham Bell and the Conquest of Solitude (Cornell University Press, Ithaca, 1990).
- [4] Michael Eckert and Helmut Schubert, Crystals, Electrons, Transistors (American Institute of Physics, New York, 1990).
- [5] Matthew Josephson, Edison (McGraw-Hill, New York, 1959).
- [6] David A. Hounshell, Technology and Culture 16, 133-161 (1975).
- [7] Thomas P. Hughes, American Genesis (Viking, New York, 1989).
- [8] Paul Israel, From Machine Shop to Industrial Laboratory: Telegraphy and the Changing Context of American Invention, 1830-1920 (Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1992).
- [9] Friedrich Kurylo and Charles Susskind, Ferdinand Braun (The MIT Press, Cambridge, (Mass.), 1981).

임경순 교수는 독일 함부르크 대학 과학사 박사로서, 한국브리태니커 과학담당 책임연구원, 미국 버클리 대학 박사후연구원을 역임하였으며, 한국과학사학회 논문상, 한국과학기술도서상을 수상하였다. 현재 포항공대 인문사회학부 과학사 교수(물리학과 겸임교수)로 재직 중이다.

(gsim@postech.edu)