

라이스의 전화기 발명과 통화 음질의 문제

The Invention of Reis Telephone and Its Problem of Speech Quality

구 자 현*
(Ja Hyon Ku*)

*영신대학교

(접수일자: 2010년 6월 28일; 수정일자: 2010년 7월 27일; 채택일자: 2010년 7월 29일)

라이스는 그레이나 벨 등보다 훨씬 앞서서 도선을 통해 목소리를 전달하는 데 성공했기 때문에 전화기의 발명자라고 불리는 것이 마땅하지만 살아 있는 동안 그의 위대한 발명품으로 영예를 누리지 못했다. 그는 과학자 집단에 속해 있었으므로 그의 연구를 특허를 낼 수 있는 발명품이 아니라 과학적 발견으로 제시하였다. 또한 그는 유럽 음향학의 실험 전통에 따라 단속적 전기를 사용하였기에 그의 전화기는 통화 음질에 치명적 결점을 갖게 되었다. 반면에 전기와 음향학에 초보자였던 벨은 소리 신호를 전송하기 위해 가변 전류를 사용하였고 그것은 라이스의 전화기보다 더 나은 통화 음질을 보장하였다.

핵심용어: 전화기, 라이스, 벨, 통화 음질, 단속적 전기, 가변 전류

투고분야: 일반 분야 (0.1)

Since Philipp Reis succeeded in sending human voices through electric wires well ahead of Elisha Gray and A. G. Bell etc., he deserves to be acknowledged as the inventor of the telephone. Nevertheless, he did not enjoy any honor for his great invention while he was alive. Since he was working in a scientific community, his work was presented not as a patentable invention but as a scientific discovery. In addition, he used the intermittent electricity in accordance with the experimental tradition in European acoustics, occasioning the speech quality of his telephone to have a fatal shortcoming. On the contrary, Bell, who was a novice in electricity and acoustics, employed variable currents to transmit the sound signals, which guaranteed better speech qualities than Reis's.

Keywords: Telephone, Reis, Bell, Speech Quality, Intermittent Electricity, Variable Current

ASK subject classification: General Area (0,1)

I. 서론

오늘날 과학과 기술은 긴밀히 맞물려 있어서 과학의 발전을 통한 기술의 혁신이 빈번하게 이루어지므로 기술의 발전을 위하여 과학을 발전시키고 과학을 더 잘 이해하는 것은 당연하게 여겨진다. 그렇지만 과학에 기반한 기술은 19세기 중반에 이르러서야 의미 있는 성과를 내놓기 시작했다. 전기와 관련해서는 19세기 말에 이르러 제너럴 일렉트릭 (General Electric) 연구소를 필두로 과학자를 고용하는 산업체 연구소가 출현하였다. 이와 관련하여 19세기에 음향학이라는 과학과 음향 기술의 관계는 어떠한지를 살펴보는 것은 흥미로운 일이다.

특히 전화기를 발명하는 과정에서 과학과 기술은 어떠한 관계에 있었는지를 살펴보면 통화 음질이라는 전화기의 핵심적인 성능이 기술상의 성패를 좌우하는 핵심적인 역할을 했음을 볼 수 있다.

이 논문에서는 벨 (Alexander Graham Bell)이 전화를 발명하기 10여 년 전에 독립적으로 전화기를 발명한 라이스 (Philipp Reis)의 발명 과정에서 과학이 끼친 영향을 가늠해보고 그러한 영향으로 인하여 그의 전화기가 다른 발명가인 그레이 (Elisha Gray)와 벨의 전화기와 작동 방식상 중요한 차이를 갖게 되었고 그것이 라이스의 전화기가 인정받지 못한 결정적인 이유가 되었음을 밝히고자 한다.

II. 19세기 유럽과 미국의 음향학

18세기 동안 참채되었던 소리의 과학인 음향학 (acoustics) 은 클라드니 (E. F. F. Chladni)와 영 (Thomas Young)의 선도적 노력으로 19세기 초부터 활기를 띠게 되었다 [1]. 특히 실험적 분야로서 다양한 소리에 관련된 현상들이 집중적으로 탐구되었는데 진동계를 수학적·기술적으로 기술하려는 수학자들의 노력은 별도로 진행되었다. 19세기 중반에 헬름홀츠 (Hermann Helmholtz)가 음향학 분야에 뛰어든 것은 음향학의 역사에 길이 남을 사건이었다. 그는 철저한 실험 정신과 수학적 훈련을 바탕으로 음향학을 전문화된 연구 분야로 정립시켰다. 그가 집필한 『음의 감각』 (Tonempfindungen)은 음향학이 진일보하는 데 결정적인 계기를 마련하였다 [2]. 이 책에서 헬름홀츠는 음의 물리적 본성을 수학적 기초 위에서 정립하면서 물리적, 생리적, 음악적 음향학을 통일하였다. 헬름홀츠의 영향을 받아 음향학을 연구하기 시작한 영국의 물리학자 레일리 (3rd Baron Rayleigh)는 음향학의 정밀성을 증진시키고 [3] 새로운 실험 기구를 고안하여 소리의 본성을 실험으로 규명하는 등 [4] 음향학 실험을 크게 발전시켰다. 이러한 실험적 성과 외에도 레일리는 1877년과 1878년에 『음향 이론』 (The Theory of Sound)을 출판하여 음향학의 수학적 기초를 탄탄히 하였고 이로써 1880년대에 수리 음향학의 정립에 기여하였다 [5]. 그리하여 유럽에서는 19세기 말에 음향학이 실험과 수학적 이론을 함께 추구하는 물리학의 한 분야로 인식되었다. 그런 점에서 유럽의 음향학은 기술적 응용과는 거리가 먼 순수 과학적 성격을 지녔다.

한편 19세기 내내 미국에서는 과학으로서 음향학이 거의 형성되어 있지 않았다. 헨리 (Joseph Henry), 리콘트 (John Le Conte), 메이어 (Alfred Mayer)와 같이 유럽에서 명성을 얻은 음향학자들이 더러 있었으나 미국의 음향학의 연구 전통은 수립되어 있지 않았다 [6]. 미국에서는 실용적인 대기 음향학을 제외하고는 음향학 자체를 추구하고자 하는 동기가 미약하였고 발전한 유럽의 음향학을 도입하고자 하는 동기도 미약하였다. 이런 배경에서 미국에서 19세기 후반 등장하게 된 전화기와 축음기와 같은 음향 기술은 음향학의 기술적 응용보다는 단순히 실용적 기술을 추구하고자 하는 문화적 동인에 의해 음향학과 거리를 두고 추진되었다.

III. 라이스의 전화기

독립적인 전화기의 발명자로 인정을 받는 몇 사람 중에

서 벨만이 그것의 특허로 경제적 부를 얻었다. 이렇게 된 이유를 여러 가지 측면에서 생각할 수 있지만 이 논문에서는 과학과 기술의 관계의 측면에서 그 이유를 분석해 보고자 한다. 전화기라는 기술적 산물을 만들어내던 전화기의 발명자들은 당시 유럽에서 발전하고 있었던 과학인 음향학에 대한 식견에서 차이가 있었고 그것이 그들의 발명품의 설계에 중요한 영향을 미쳤다.

라이스 (Johann Philipp Reis, 1834-1874)는 독일에서 카를스루에 (Karlsruhe)의 종합기술학교에서 자연과학과 수학을 공부했고 학교를 마치자 프랑크푸르트에 있는 바이어바흐 (J. F. Beyerbach)의 염료회사에 들어가 도제 수업을 받았다. 그는 개인교사에게 수학과 물리학을 배웠고 무역학교에서 보트거 (R. Boetger) 교수에게 역학을 배웠다. 도제 수업을 마친 후에 라이스는 1851년에 프랑크푸르트 물리학회 회원이 되었다. 그는 지역 교수들에게 정기적으로 물리학과 화학 강의를 들으며 독일과 해외의 유명한 과학자들과 교류하기도 하였다. 그는 1858년에 프리드리히스도르프 (Friedrichsdorf)의 가니어 학교 (Garnier Institut)의 교사가 되었고 전화기에 대한 연구를 시작했다.

그의 작업은 1854년에 말로 진동하는 막의 운동을 전기로 바꾸어 소리를 전달하는 방식을 생각해낸 부르셀 (Charles Bourseul)에게 영감을 얻어 이루어졌다. 라이스는 같은 해에 첫 전화기를 완성하였고 자신의 발명품에 “텔레폰” (Telephon)이라는 이름을 붙였다. 그는 여러 곳에서 강연하면서 자신의 발명품을 알렸고 여러 대의 전화기를 만들어 세계 각처에 보냈다. 여러 독일의 교수들이 그의 발명에 대하여 강의하였으며 오스트리아의 황제와 바이에른의 왕도 그의 발명품을 구경하기 위해 그를 찾아왔다. 라이스는 1862년에 자신의 연구 결과를 독일의 저명한 과학 학술지인 《물리 화학 연보》 (Annalen der Physik und Chemie)에 게재하고자 했지만 거절당했다. 편집자인 포겐도르프 (J. C. Poggendorff)는 소리를 전기로 전달하는 것을 단지 신호로 치부하였다 [7]. 프랑크푸르트 물리학회도 그 발명품에 대해 아무런 언급을 하지 않았고 분개한 라이스는 이 학회를 탈퇴했다. 포겐도르프는 나중에 라이스의 전화기에 대한 논문을 자신의 학술지에 게재해주겠다고 했으나 라이스는 거절했고 결국 정당한 전화기의 발명자로서 인정을 받지 못한 채 1874년에 사망했다 [8].

라이스의 전화기가 말을 제대로 전달할 수 있었는데에 대해서는 많은 논란이 있었다. 그는 자신의 기구가 모든 종류의 음을 동전기 (galvanic current)를 통해 원하는

만큼 멀리 보낼 수 있었다고 자서전에 적었다. 그의 사후에 그의 전기를 쓴 톰슨(S. P. Thompson)은 그의 기계가 말을 전달할 수 있었다고 단언하고 그에게 전화기의 발명자라는 정당한 명예를 돌려주어야 한다고 주장하였다. 그는 권위 있는 물리학자인 크방케(G. H. Quincke)가 라이스의 전화기가 말을 전달하는 것을 확인했다는 것을 비롯하여 여러 중인들을 내세웠다. 1847년에 영국 회사인 표준 전화 케이블(Standard Telephones and Cables)의 테스트와 2003년 영국 과학 박물관(Science Museum)의 테스트는 라이스의 전화기가 말을 잘 전달할 수 있었다고 보고했다 [9]. 스미소니언 과학기술 박물관(Smithsonian Museum of History and Technology) 전기부의 큐레이터인 핀(Bernard S. Finn)은 라이스의 설명대로 라이스의 전화기를 만들어 실험을 하였는데 약간의 변화를 주어서 말을 전달할 수 있었다고 보고했다 [10]. 그러나 라이스의 전화기는 분절적 언어를 제대로 전송할 수 없었을 것으로 보인다. 1861년에 라이스 자신도 “자음은 그런대로 식별가능하게 재현되었으나 모음은 같은 정도로 재현되지 않았다.”라고 시인했다 [11]. 1879년에 전화기 발명의 역사를 정리한 뒤 몽셀(Count Du Moncel)은 라이스의 전화기는 음색을 제대로 전달할 수 없었기 때문에 아이들의 장난감 나팔처럼 거친 쇠소리를 냈고 듣기에 매력적이지 않았다고 했다 [12]. 1881년에 벨의 특허에 대한 소송이 진행되는 와중에 라이스의 전화기가 고려되었는데 당시 로웰(Lowell) 판사는 “결함은 그 기계의 원리에 내재해 있었다.....라이스는 100년이 지나도 말하는 기계를 만들어내지 못했을 것이다.”라고 말했다 [13].

라이스의 전화기의 통화 음질 문제는 라이스의 전화기의 구조와 작동 원리를 통해 이해할 수 있다. 라이스는 근본적인 작동 원리가 같은 다양한 구조의 송화기와 수화기를 제작하였다. 여기에서는 그 중에서 완성도가 가장 높은 마지막 한 가지 유형만 살펴보겠다 [14]. 라이스의 마지막 송화기는 정육면체의 모양을 하고 있었다(그림 1). 이 송화기는 기본적으로 귀의 구조를 모방하였다. 정육면체의 상자의 뚜껑(A)에는 팽팽하게 양피지를 고정하여 고막을 모방하였고 옆에는 주석으로 만든 깔때기(S)에 구멍이 나 있어 외이도와 귓바퀴를 모방하였다. 뒷면의 양피지에는 작은 백금판이 연결되어 있었고 백금판의 한쪽 끝은 전지의 단자(d)에 도선으로 연결되어 있었다. 금속판의 위쪽에는 삼각도선(b)이 있어서 금속판의 진동에 따라 접촉과 분리가 일어날 수 있게 되어 있었다. 이 송화기의 깔때기로 들어온 음성에 의해 상자 안의 공기가 진

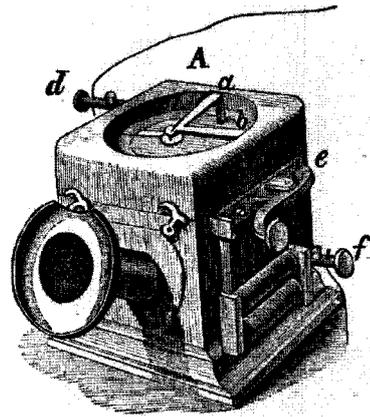


그림 1. 라이스 전화기의 마지막 송화기
 Fig. 1. The Final Transmitter of Reis's Telephone
 Source: S. P. Thompson, *Philipp Reis*, p. 27.

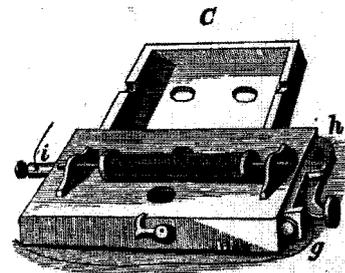


그림 2. 라이스 전화기의 마지막 수화기
 Fig. 2. The Final Receiver of Reis's Telephone
 Source: S. P. Thompson, *Philipp Reis*, p. 34.

동을 하게 되면 그에 따라 양피지가 진동을 하였고 그 진동에 따라 양피지 위의 금속판이 떨리면서 삼각도선과 접촉과 분리를 하게 되어 있어서 수화기를 포함하는 전기 회로의 전류를 단속하는 스위치의 역할을 하게 되어 있었다. 목소리의 음의 특성에 따라 금속판이 특징적인 진동을 하게 되고 그것이 단속적 전류를 발생시키게 되어 있었다.

라이스의 수화기 중 가장 완성도가 높은 것은 뜨개바늘(knitting needle) 수화기이다(그림 2). 이 모델은 뜨개바늘 크기의 금속 막대의 양쪽이 나무 받침대에 고정되어 있고 받침대는 속이 빈 소나무 울림 상자에 고정되어 있었다. 금속 막대의 중간 부분은 명주실을 감아 절연시킨 도선을 감아서 만든 코일이 둘러싸고 있었고 이 도선은 송화기 회로와 연결되어 있었다. 송화기에서 만들어진 단속적 전류가 도선으로 들어오면 이 전류가 코일에 단속적으로 흐르면서 금속 막대를 간헐적으로 자화시켜 금속 막대를 진동시켰고 이 금속 막대의 진동이 받침대를 통하여 울림 상자로 전달되어 상자 내부의 공기를 진동시켰고 이 공기의 진동이 울림 상자의 위에 뚫린 구멍으로 나오게 되어 있었다.

라이스의 송화기의 핵심적인 진동 배커니즘은 페이지(C. G. Page)가 1837년에 처음 발견하고 줄(J. P. Joule)이 그 특성을 연구한 자왜현상(magnetostriction)을 이용하여 전기에 의해 진동을 일으키는 것이었다 [15]. 자왜현상은 강자성 금속이 자화되면 팽창하고 자화가 해소되면 수축하는 현상인데 라이스는 그의 강철 막대를 코일 속에 넣고 코일에 흐르는 단속적인 전류에 의해 강철 막대의 자화와 탈자화를 일으켜 막대의 팽창과 수축을 빠르게 일으켰다.

이러한 구조를 라이스가 생각해낸 것은 독일의 음향학자인 헬름홀츠가 진동 현미경이나 인공 모음 합성기에서 단속적 전류를 사용한 이래 단속적 전류가 음향학 실험에서 광범위하게 사용된 것과 관련이 깊다. 헬름홀츠의 단속 전류 발생기는 진동하는 소리굽쇠의 끝에 매단 바늘을 수은에 넣었다 빼었다를 반복함으로써 단속 전류를 만들어냈다. 진동 현미경은 단속적 전류가 소리굽쇠의 옆에 놓인 전자석을 작동시켜 소리굽쇠를 진동시키고 이 소리굽쇠의 가지에 매단 접안렌즈로 다른 진동하는 물체에 매단 발광체를 보면 리사주 곡선을 볼 수 있었다. 모음 합성기는 단속 전류로 크기가 다른 여러 개의 소리굽쇠를 경우에 따라 선택적으로 진동시켜 모음을 흉내내었다. 헬름홀츠는 이 장치를 자신의 모음 이론을 정당화하기 위하여 고안하였다. 그는 모음이 식별 가능한 특성을 갖는 것은 모음을 구성하는 성분 단음(부분음)들이 구강과 비강 내부 구조물의 특수한 배치에 의해 선택적으로 강화되기 때문이라고 했다. 헬름홀츠는 이 장치를 써서 효과적으로 모음을 흉내냄으로써 자신의 이론을 뒷받침했다 [16]. 헬름홀츠의 모음 합성기는 단속적 전류에 의해 사람의 목소리를 여러 개의 소리굽쇠의 진동을 통해 흉내낼 수 있었다는 점에서 전기에 의해 작동되는 말하는 기계였고 전화기의 가능성을 보여준 사례였다. 라이스는 과학에 상당한 조예가 깊었으므로 전기뿐 아니라 헬름홀츠의 단속 전류 발생 장치와 모음 합성기를 알고 있었고 이 원리를 자신의 전화기에 적용함으로써 소리를 전송할 수 있었다. 그렇지만 그의 수화기는 단속적 전류를 사용함으로써 음질의 개선에 근본적 한계가 있었다.

IV. 그레이와 벨의 전화기

그레이는 오하이오 주의 오벌린 칼리지(Oberlin College)를 졸업하지는 않았지만 그곳에서 전기 실험을 했고 전기와 과학을 가르쳤으며 그곳의 실험실을 위하여 기구들을

만들기도 하였다. 그는 과학 지식을 바탕으로 발명에 종사하였다. 그는 1865년에 기본적인 전신 케이블의 저항에 따라 스스로 조절하는 전신기 증계기를 발명한 것을 시작으로 70여 종의 발명 특허를 얻었다. 그는 음향 전신기(acoustic telegraphy)를 발명할 정도로 이미 전신 분야에서 전화기를 발명하기 위한 기본적인 이해에 도달해 있었다. 당시 전신 기술은 전자기학 지식에 토대를 두고 발전하고 있었던 대표적인 과학 기반 기술(science-based technology)이었다. 그런 점에서 그레이는 전화기의 발명을 위한 과학적 지식을 잘 구비하고 있었다 [17].

그레이도 유럽 음향학의 영향을 받았기에 그가 처음에 생각한 전화기는 헬름홀츠의 모음 합성기의 원리를 따랐다. 그는 전기를 통해서 소리를 멀리 보내기 위해서는 모음 합성기처럼 여러 개의 부분음들을 전송하기 위한 분리된 도선들이 필요할 것이라고 생각하였다. 그리하여 그가 처음에 만든 분절적 언어 전송기는 얇은 금속으로 만든 깔때기에 다양한 크기와 무게를 갖는 라이더(riders)들을 접촉시키는 방식이었다. 소리가 깔때기로 들어오면 깔때기가 진동하고 그 진동에 의해 라이더와 깔때기 사이의 접촉 정도가 변하면서 다양한 세기의 전류를 라이더에 연결된 도선을 통해서 보내게 된다는 아이디어였다. 이렇게 그레이는 크기가 상이한 여러 개의 라이더를 써서 다양한 진동수의 진동을 모두 받아들일 수 있다고 믿었다.

1875년에 그레이는 아이들이 거리에서 두 개의 강통 밑에 구멍을 뚫고 실을 꿰어 서로 연결한 후에 30미터 정도의 거리에서 강통에 말을 하는 것으로 서로 대화를 주고받는 것을 보았다. 이 강통 전화기는 중국에서 2000년 전에 알려져 있을 정도로 역사가 오랜 것이었지만 그레이는 이 때 이 장난감을 처음 복격하였다. 스스로 그것으로 대화를 해보고 그는 자신의 전화기를 어떻게 개선해야 할지 착안하게 되었다. 그러나 그는 당시에 조화 전신기를 개발하고 있었고 이를 위해 자금을 치과의사인 화이트(Samuel White)에게 지원받는 상황이었기 때문에 이 아이디어를 발전시키기 위해서는 후원자의 동의를 얻어야 했다. 그렇지만 그는 동의를 얻을 수 없었다. 그는 자신의 생각을 그림을 곁들여 정리하였고 그것을 특허보호 신청(caveat)으로 제출하였다 [18].

벨의 전화기 특허 신청과 같은 날인 1876년 2월 14일에 접수된 그레이의 특허보호신청은 그레이의 아이디어의 핵심을 잘 보여준다. 그레이는 여기에서 가변 저항(variable resistance)의 사용을 전화기 작동의 핵심적 원리로 제시하였다. 이 개념은 나중에 제작된 벨의 액체 전화기에서 실제로 채택되는 원리인데 같은 날 접수된 벨의 특허 신

청의 초안에는 가변 저항의 개념이 여백에 덧붙여지는 형식으로 제시되어 있다. 이에 대하여 나중에 벨은 신청서의 검토 과정에서 빠뜨린 것을 알고 마지막 단계에서 써 넣은 것이라고 해명했고 그레이의 아이디어에 대한 표절 가능성은 법정에서 기각되었다. 그렇지만 벨이 그레이의 가변 저항과 액체 송화기의 아이디어를 들어서 알게 된 것은 사실로 인정된다. 또 다른 초기 전화기의 발명자인 메우치 (Antonio Meucci)도 가변 전류를 사용했다고 하나 그가 분절적 언어를 전달할 수 있는 전화기를 1860년대에 제작했는지는 의문시된다 [19].

만들어진 적이 없었던 그레이의 전화기와 달리 벨은 특히 신청 후 한 달 내에 실제로 분절적 언어를 전달할 수 있는 전화기를 제작하는 데 성공했다. 벨은 가변 저항과 전자기 유도를 사용하는 두 가지 방식으로 모두 전화기를 성공적으로 제작하였다. 벨이 라이스나 그레이가 성공시키지 못했던 것을 성공시키는 과정에서 과학적 지식은 별로 기여한 바가 없었다. 벨은 청각장애자에게 말을 가르치는 일을 직업으로 이었고 이 분야에서 전문적인 식견을 가지고 있었다. 그가 전화기에 관심을 갖게 된 것도 청각장애자에게 말을 가시화해주는 방법을 알려준 소리 기록기 (phonograph)의 작동에 관심을 가졌기 때문이었다. 이 장치는 죽은 사람의 귀를 사용하였는데 소리를 고막에 가하면 고막의 진동이 철필을 움직여 연기를 씌운 유리에 특색 있는 선을 그리게 하는 장치였다. 연약한 막이 무거워 보이는 철필을 효과적으로 움직이는 것을 본 벨은 그려지는 선을 전기 신호로 변환하고 그것을 다시 소리로 재생할 수 있을 것이라고 생각했다 [20].

벨이 음절적 언어를 전달할 수 있게 만든 첫 전화기는 액체 송화기를 채용하였다. 그는 액체로 처음에는 산 (acid)을 썼고 접촉 면적의 변화가 저항의 변화를 일으키게 하였다. 소리를 받는 송화기에는 탄성막이 있었고 그 탄성막의 중앙에 부착된 금속선이 아래쪽의 액체에 담겨져 있었다. 액체 용기의 밑바닥에는 고정된 도선이 연결되어 있었고 그 도선은 전지를 통하여 수화기로 연결되었다. 이 송화기에 소리가 들어와 탄성막에 진동이 일어나면 그에 따라 금속선이 진동하였고 이 진동에 의해 금속선이 상하로 진동하면서 액체와의 접촉 면적이 변화되었다. 이에 따라 저항이 변화하였고 저항의 변화는 도선에 흐르는 전류에 진동을 가져왔다. 이러한 방식으로 생긴 진동 전류는 수화기에서 전자기 유도에 의해 소리를 발생시켰다. 벨은 음질의 개선을 위해 노력하다가 수은에 흑연유 담그는 방식으로 송화기를 만들어 필라델피아 100주년 기념 박람회에 출품하여 좋은 평가를 받았다 [21].

V. 라이스와 벨의 전화기의 작동 방식

벨의 액체 송화기가 라이스의 송화기와 근본적으로 차이가 나는 부분은 전자의 경우에는 전류가 끊어지지 않고 연속적으로 그 세기가 변화하는 특성을 가지나 후자는 접촉의 단속에 의해 단속적인 전류가 발생한다는 점이다. 이 차이는 전화기의 음전에 중요한 차이를 야기했다. 전화기가 진동수를 재현해 줄 수 있으면 음높이에 차이가 있는 음들의 연속인 악곡을 전달할 수 있다. 그렇지만 음색까지 그대로 보존하기 위해서는 더 까다로운 조건이 만족되어야 한다. 최초로 송화기에 가해진 소리가 공기 중에서 가졌던 것과 가능한 한 유사한 진동 양상을 수화기에서 나오는 소리가 갖게 될 때 송화기의 소리는 원래의 소리에 가까워진다. 특히 음색은 특징적인 음파의 파형에 의존하고 사람이 말을 할 때 사용하는 분절적 소리는 구강 내부 구조물의 배치에 의해 성대에서 나오는 음파의 파형을 달라지게 하여 형성된다.

그림3과 4는 라이스의 전화기와 벨의 전화기가 기계적 진동을 전기 신호로 바꾸었다가 다시 기계적 진동으로 바꾸는 과정에서 전달되고 변형되는 파형을 보여준다. 그림 3의 (A)와 같이 주기적인 진동이 라이스의 송화기의 박박에 유발된다면 박박 중앙의 변위가 일정한 점점 거리 이상이 되면 삼각 도선에 접촉이 이루어지고 (그림에서 displacement가 +인 경우) 박박 중앙의 변위가 일정한 점점 거리보다 작은 경우에는 접촉이 끊어진다 (그림에서 displacement가 -인 경우). 접촉의 단속에 의해 도선

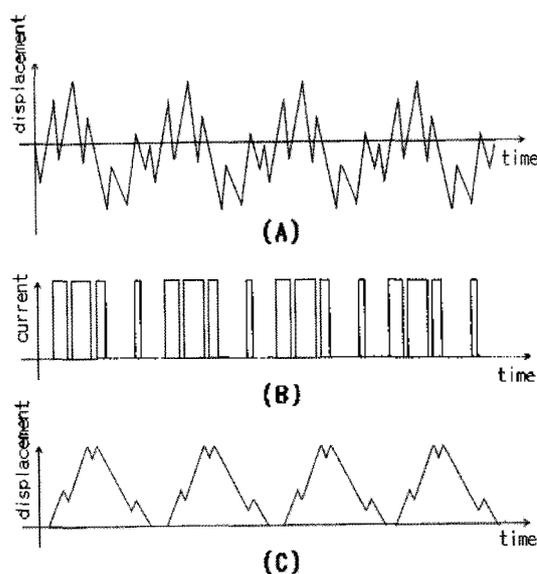


그림 3. 라이스 전화기의 소리 전달 각 단계의 개략적 파형들
Fig. 3. Schematic waveforms in each step of the transmission of sounds by Reis's telephone.

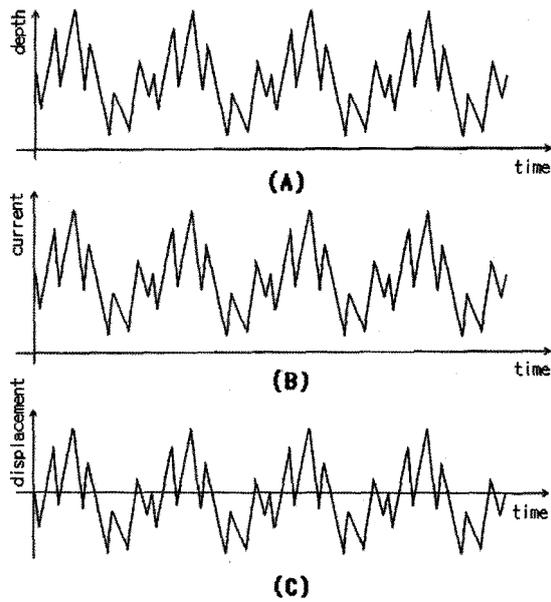


그림 4. 벨의 첫 번째 전화기의 소리 전달 각 단계의 개략적 파형들
 Fig. 4. Schematic waveforms in each step of the transmission of sounds by Bell's first telephone.

에는 그림 3의 (B)와 같이 단속적인 전류가 주기적으로 발생한다. 이때 회로의 자체 유도는 무시할 정도로 작다고 가정한다. 이때 발생하는 단속적 전류는 그림 3의 (A)에 표현된 진동과 진동수가 같다. 이러한 단속적 전류는 라이스의 수화기에 이르렀을 때 금속막대의 길이의 진동을 유발한다. 전류가 통하면 금속막대는 수축하고 전류가 통하지 않으면 회복이 이루어진다. 이러한 금속막대의 진동은 받침대에 그림 3의 (C)와 같은 형태의 진동을 일으킨다. 이때 진동은 진동수는 앞의 (A)의 경우와 일치하지만 파형은 (A)와 유사하면서도 세부적인 부분에서는 생략되고 변형된 형태임을 확인할 수 있다.

반면 벨의 전화기의 경우는 소리의 전달과 재현이 좀더 충실하게 이루어진다. 그림 4에서 벨의 액체 송화기의 경우에 액체에 담겨져 있는 도선의 깊이가 박막의 진동에 따라 그림 4의 (A)와 같이 변한다. 이러한 진동은 도선의 깊이에 반비례하는 저항의 변화를 일으키고 이러한 변화는 그림 4의 (B)와 같이 도선의 깊이에 비례하는 전류의 변화를 일으킨다. 이렇게 변화하는 전류는 벨의 수화기에서 전자기 유도에 의해 전자석의 자기력을 변화시켜 박막에 붙어 있는 영구자석을 밀치거나 당긴다. 이렇게 유발되는 박막의 진동은 그림 4의 (C)와 유사한 형태를 띠게 된다. 이때 (C)의 형태는 그림 4의 (A)를 유발한 음파의 파형을 근접하게 재현하는 꼴이 된다. 기술상의 문제로 이러한 재현이 완벽하게 이루어지지 않지만 이러한 개략적인 논의로도 라이스와 벨의 수화기에서 각각

유발되는 음파의 파형이 원래의 음파의 파형을 재현하는데 큰 차이가 있을 수밖에 없음이 드러난다.

VI. 결론

라이스의 장치는 음악 소리를 전달하고 재현하는 것은 가능했지만 말을 알아들을 수 있게 전달하고 재현하는데는 문제가 있었다. 이러한 문제가 발생한 근본적인 이유는 그의 송화기가 가변 전류를 발생시키지 않고 단속적 전류를 발생시키는 데 있었다. 이후에 이루어진 몇몇 재현 실험에서 라이스의 전화기가 분절적 발음을 잘 전달할 수 있었다고 한 경우들은 라이스의 송화기의 작동 방식을 조정하여 단속적 전류가 아닌 가변 전류를 사용함으로써 이루어졌기 때문에 라이스 전화기의 온전한 재현이 아니었다. 단속적 전류를 사용하는 방식은 온전한 전달과 재현에 근본적인 문제를 야기한다. 사람의 분절적 음운은 여러 개의 진폭과 진동수가 다른 단음들이 섞여서 만들어 내는 구조를 가진 복합음이다. 그러한 복합음의 구조는 복잡한 음파의 파형으로 표현된다. 그러나 단속적 전류는 음파의 진동수는 보존하여 전달하나 복잡한 파형은 그대로 전달하지 못하고 생략하고 변형한다. 그러므로 보존되는 진동수에 의해 다양한 음높이를 갖는 음들의 연속인 악곡을 비슷하게 재현해낼 수는 있으나 악기의 음색을 제대로 재현할 수는 없다. 라이스의 전화기가 사람의 음성 중에서도 모음의 재현에 특히 어려움이 많았던 것은 모음은 울림소리이면서 구강 내부의 형태에 따라 달라지는 음의 구조를 갖기 때문이다.

반면에 그레이가 설계했으나 만들지 않은 전화기나 벨이 발명하고 제작한 전화기는 송화기가 연속적인 가변 전류를 발생시켰다. 저항의 변동을 일으키거나 전자기 유도를 이용하여 만들어낸 전류는 연속적인 가변 전류였다. 이 가변 전류는 분절적 발음이 가진 특색을 그대로 가져서 복잡한 파형으로 진동하는 형태였다. 이 연속적인 가변 전류는 수화기에서 전자기 유도에 의해 판이나 막의 기계적 떨림을 일으켰다. 이 기계적 떨림은 역시 처음에 수화기가 받아들인 것과 유사한 형태의 복잡한 진동이었고 이 진동이 같은 형태의 공기 진동을 일으켰다. 이로써 분절적 음운의 재현이 이루어질 수 있었다.

전화기의 발명 과정은 과학과 기술의 긴밀한 관계에 대한 현대적 관념에 부합하지 않는다. 라이스가 다른 발명가들에 비하여 10여 년 빨리 전기로 소리를 전달하는 장치를 발명했으면서도 전화기의 발명자로 인정을 받지

못한 것은 오히려 그가 다른 발명가들에 비하여 과학에 더 가까웠기 때문이었다. 그는 자신의 장치를 특허를 받아야 하는 기술적 산물이 아니라 논문으로 발표하여야 하는 과학적 성과물로 생각하였고 진동을 전기신호로 바꾸는 방식에서도 전통적으로 음향학에서 널리 사용해온 단속적 전류 발생 방식을 사용하였다. 또한 그가 처음부터 그의 장치를 말을 전달하는 것을 목적으로 삼았다 할 지라도 통화 음질의 문제점을 직시하고 해결하려는 더 적극적인 노력을 기울이지 않았다. 그는 원형적 형태로 시 그의 전화기를 실험용 기구로 출시하였고 실용적 용도의 기술적 산물로는 여기지 않았다. 결국 라이스의 선구적인 성과는 후속하는 의미 있는 발전을 독일에서 끌어내지 못했다. 반면에 전혀 다른 맥락에서 10여 년 후에 기술에 대한 실용적 태도가 강했던 미국에서는 전기와 음향학에 대한 지식이 거의 없었던 벤에 의해 발명이 이루어지고 그 발명은 곧 대단한 혁신적 산업의 보태가 되었던 것이다.

참고 문헌

1. R. T. Beyer, *Sounds of Our Times: Two Hundred Years of Acoustics*, New York: Springer, pp. 2-3, 1999.
2. 구자현, "헬름홀츠의 생리학 연구의 특성과 청각의 공명 이론" 서울대학교 대학원 이학석사논문, 40-41쪽, 1995.
3. 구자현, "레이리의 실험 음향학 연구의 성과: 도구의 개선과 장밀성의 증진," *한국음향학회지*, 22권 2호, 113-120쪽, 2003.
4. 구자현, "소리의 그늘, 반사, 간섭, 회절의 검출을 위한 레이리의 선구적 실험에 대한 연구," *한국음향학회지*, 26권 2호, 55-60쪽, 2007.
5. J. H. Ku, "John Strutt Rayleigh, The Theory of Sound, First Edition," I. Grattan-Guinness eds, *Landmark Writings in Western Mathematics 1640-1940*, Amsterdam: Elsevier, pp. 588-590, 2006.
6. 구자현, *앨프리드 매이어와 19세기 미국 음향학의 발전*, 한울, 44-94쪽, 2010.

7. S. P. Thompson, *Philipp Reis: Inventor of the Telephone*, London: E. & F. N. Spon, pp. 1-3, 1883.
8. Lewis Coe, *The Telephone and Its Several Inventors: A History*, Jefferson: McFarland, pp. 17-18, 1995.
9. Basilio Calania, "The Telephon of Philipp Reis," *Antenna, Newsletter of the Mercurians* 17, pp. 3-8, October, 2004.
10. John Brooks, *The Telephone: The First Hundred Years*, New York: Harper & Row, pp. 36, 1975.
11. S. P. Thompson, op. cit., pp. 45.
12. Count Du Moncel, *The Telephone, the Microphone, and the Phonograph*, New York: Harper Brothers, pp. 20, 1879.
13. John Brooks, op. cit., pp. 36.
14. S. P. Thompson, op. cit., pp. 26-27, 33-34.
15. Ibid., p. 154.
16. H. Helmholtz, *Die Lehre von Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn, pp. 201-204, 1913.
17. D. A. Hounshell, "Elisha Gray and the Telephone: On the Disadvantages of Being an Expert", *Technology and Culture* 16, pp. 133-161, 1975.
18. Elisha Gray, *Electricity and Magnetism*, Toronto: William Briggs, pp. 141-142, 1900.
19. R. A. Pizer, *The Tangled Web of Patent #174456*, Bloomington: AuthorHouse, pp. 73-88, 2009.
20. John Brooks, op. cit., pp. 40.
21. S. Garner, *The Telephone: Its History, Construction, Principles, and Uses, with Definitive Instructions on the Making of Telephones, and to Which is Added a Chapter on the Phonograph*, London: Simpkin, Marshall and Co., pp. 10-12, 1878.

저자 약력

• 구 자 현 (Ja Hyon Ku)



서울대학교 물리학과 학사
 서울대학교 과학사 및 과학철학 협동과정 석사 및 박사
 서울대, 건국대, 홍익대, 숭실대, 서울 시립대, 성공회대,
 숙명여대, 대전대 강사 역임
 현재 영산대학교 학부대학 부교수
 ※ 관심분야: 19세기 음향학의 역사