

미래 무선통신 측정기술 이슈

Issue of Wireless Communication Measurement Technology for Future

윤재훈 (J.H. Yun) 마이크로파기술연구실 책임연구원
변우진 (W.J. Byun) 마이크로파기술연구실 실장
최형도 (H.D. Choi) 전파기술연구부 부장

- I. 서론
- II. 연구개발 순기의 변화
- III. 무선통신기술 개발방향
- IV. 새로운 측정기술 요구
- V. 개발되어야 할 측정기술
- VI. 무선전파산업 육성 전략
- VII. 결론

본고는 안테나 측정기술을 포함한 무선전파 측정기술의 최근 연구개발 방향을 어떠한 관점에서 바라보아야 하는지에 대해 거시적인 입장에서 분석을 시도하였다. 미래 무선통신 방송기술을 포함한 각종 무선 ICT 개발방향과 그 연구개발 방향을 보다 효율적으로 진행하기 위한 측정기술의 개발 위치를 살펴보고자 한다. 거시적인 입장에서 분석된 내용이며, 미래의 연구개발을 위해 어느 방향으로 측정기술이 개발되어야 하는지에 대한 무선전파에 걸친 산업육성 차원에서 전략적인 방안을 살펴보고자 한다.

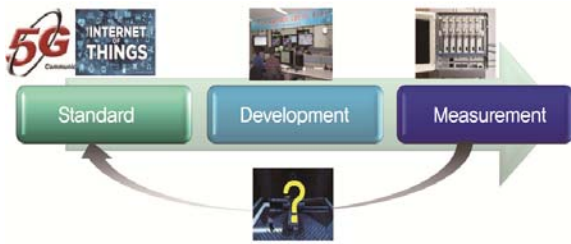
I. 서론

21세기 들어서 무선전파기술을 연구하는 분야는 매우 큰 도전 기술을 요구하고 있다. 임플란트 기기를 거부감 없이 받아들이고, 자신의 정보를 집단적 공유를 통해 이익을 창출하는 소셜 네트워크의 정착은 새로운 기술의 탄생을 예고하고 있다. 지난 120년 동안 무선전파기술 역사는 단순히 주파수를 상향 변환하거나 혹은 광대역화 하는 정해진 기술적 흐름이 주류였다고 한다면, 지금은 무선전파의 쓰임 범주가 달라지는 새로운 개념의 기술이 등장하고 있다. 기존과는 다른 측정기술의 진화가 요구되고 있는 것이다. 무선통신 및 방송기술을 포함하는 무선전파기술에 있어서, MIMO(Multi Input Multi Output)의 등장은 직접파(Direct Wave)에 의한 성능 개선에 의존하던 것과는 달리 산란파(Scattering Wave)에 의한 성능 개선으로 변화를 시도하고 있는 것이다. 게다가 원거리 통신에 의존하던 통신방송기술은 RFID, 자기장통신, 무선전력 전송기술의 등장으로 원역장에서 근역장으로 그 쓰임 범주가 변화하고 있다. 직접파와 원역장에 의존하고 있던 기존 무선전파 측정기술은 변화를 수용해야 한다. 게다가 단순한 소자 위주의 측정방식에서 벗어나 터미널을 수용하는 종합적이고 동적인 측정기술 개발을 수행해야 한다. 휴대기기, 웨어러블 기기, 임플란트 기기 등 사람 인접기기 사용의 증가는 근역장에 대한 간섭과 내성력이 확보되는지에 대한 연구와 산란파를 사용하는 기기들이 어떠한 관점에서 간섭적인 영향을 받는지 그리고 어떠한 산란파가 통신방송을 효율적으로 개선할 수 있는지에 대한 종합적인 측정기술이 개발되어야 한다. 본고에서는 무선전파기술의 흐름과 이에 대응하기 위한 무선전파 측정 시스템이 무엇을 준비해야 하는지에 대한 기술적인 이슈를 살펴볼 것이다. II장에서는 연구개발 순기가 최근에 어떻게 변했는지를 살펴보고, III장에서는 미래 무선통신기술의 방향을 고찰하고, IV장에서는 무선전파 측정기술의 미

래 방향성 검토를 살펴보고자 한다. V장에서는 미래 환경 변화에 대응하기 위해 개발되어야 할 측정기술을 살펴보고, VI장에서는 무선전파 측정기술을 개발을 위한 전략적 방안을 살펴보고 VII장에서는 결론을 표기하고자 한다.

II. 연구개발 순기의 변화

21세기가 어느덧 15년 정도 흘러갔다. 15년동안 연구개발 분야에서 가장 큰 변화를 논하라고 한다면 연구개발 순기의 변화를 이야기 할 수 있을 것이다. 20세기의 연구개발의 순기는 항상 먼저 시제품 형태로 개발해보고 측정을 통해 분석해서 그 성능의 우수성이 입증되면 표준화를 진행하는 방식으로 연구개발이 이루어져 왔다. 의당 이것은 정직함이다. 시장에 적용하여 돈을 벌고자 할 때에, 소비자에게 신뢰를 주어야 하고 안전성을 확보하고, 사용에 있어서 불확실성을 제거한 충분한 측정과 분석을 통해 표준화가 진행되어야 한다는 측면에서 합리적인 개발 순기임에 틀림없다. 3세대 이동통신을 지나 4세대에 이르러서는 시제품 개발이 없이 표준화가 진행되는 해프닝이 발생하고 있다. 아이디어만 좋으면 당장이라도 표준화를 진행하겠다는 전략으로 시장 개척에만 욕심을 두고 있는 것이다. 표준은 다수가 사용하는 호환성을 갖추기도 하지만 표준이 관료화되면 더 좋은 기술에 대해서 표준과 다르다는 명분하에 상용화를 원천적으로 봉쇄 하기도 한다. 따라서 이것은 정직함은 아니다. 직접 구현하여 입증하는 시제품 개발의 중요성이 많이 결여되어 있는 연구개발 순기임에는 틀림없다. 인지무선통신, 사물통신, 양자통신 등에서도 이와 같은 해프닝이 발생하고 있다. 이는 우리 스스로가 만들었지만 이제는 개발보다는 아이디어가 중요한 시대임을 경고하고 있는 것이기도 하다. 협력해서 무엇인가 이루어내는 연구방향에서 보다 획기적인 아이디어 제시를 요구하고 있는 것이다. 너



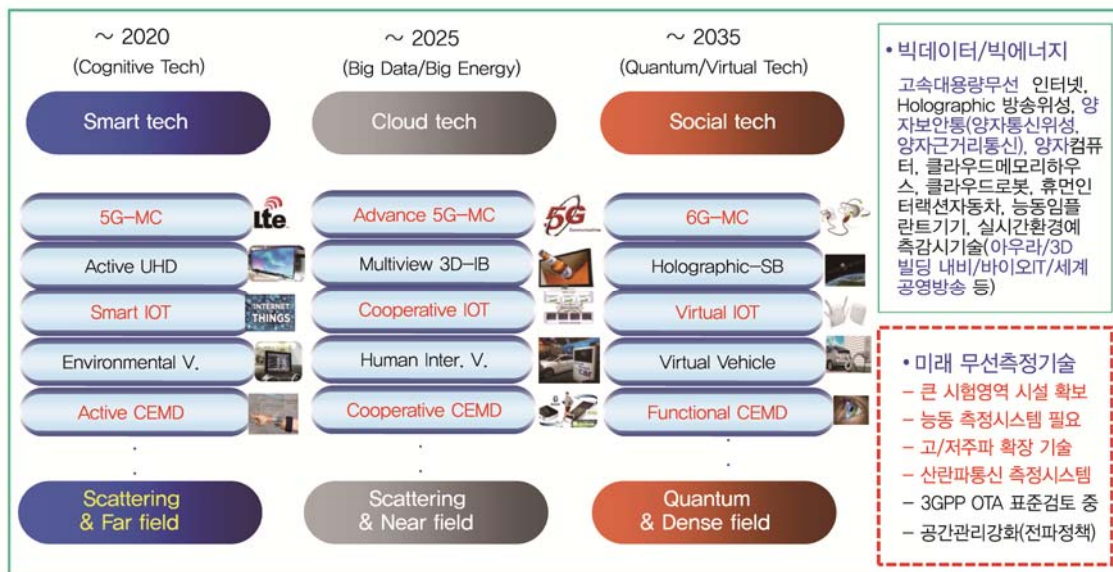
(그림 1) 최근 연구개발 순기의 변화

무 급하다. 그러나 21세기의 개발 순기는 분명 (그림 1)과 같이 변했다. 이것이 현실이다. 아이디어가 좋으면 우선 표준화를 진행하고, 성능 확인을 위한 시제품 개발이 다음이다. 게다가 재현성과 신뢰성 그리고 적응성 및 제현성을 확인하는 측정기술은 더욱더 늦게 개발하는 경향이 존재한다. 단순히 주파수만 높여 통신과 방송기술을 개발하는 것과는 달리, 전파의 쓰임 범주를 달리하는 기술의 등장은 측정기술을 더욱더 복잡하게 만들고 있음에도 불구하고 시제품 개발보다도 늦어지고 있다. 이러한 개발 순기의 합리적 실마리를 그나마 찾을 수 있었던 것은 예측 소프트웨어 발달에 있다. 예측 소프트웨어는 현실적용에 있어서 불확실성은 제공하지 못하지만 가능성에 대해서는 검증해줄 수가 있기 때문이다. 이러한 예측 소프트웨어의 발달은 전파측정기술을 안테나소자 측정에서 터미널 특성의 무선측정으로 바꾸었다. 무선측정에서는 전파의 쓰임 범주가 달라지고 있는 점을 감안한 성능에 대한 재현성, 호환성 그리고 신뢰성, 비간섭[1]-[4], 적합성[5]-[7], 그리고 인체 영향[8] 등 시장 진입 이전에 측정을 통해 입증되어야 할 점이 매우 많다. 이러한 현실을 받아들이고 합리적으로 연구하는 방향은 어떻게 설정해야 할 것인가? 일부 국제 표준화 단체에서는 현장에서의 불확실성을 최대한 줄이기 위해 노력하기도 한다. 3GPP[8]-[10]에서 OTA(Over The Air) 시험을 요구하는 표준화의 움직임이 좋은 예라 할 수가 있다. 단순한 채널 모델링을 통한 유선평가를 통해 성능을 확인하는 방식에서 벗어나 무선환경을 조성하여 종합적으로 무

선성능을 평가하는 방식을 수용하는 사례로 볼 수가 있다. 그렇다면 무선전파 측정기술은 어떻게 변해야 하는가? 다음 장에서는 무선전파기술의 개발 방향을 살펴보고 어떠한 방향으로 무선전파 측정기술을 수용해야 하는지를 살펴볼 것이다. 우선 먼저 무선통신 전반에 걸친 전반적인 기술 개발방향을 살펴볼 것이다.

III. 무선통신기술 개발방향

(그림 2)에서 사용되는 약어는 MC(Mobile Communication), UHD(Ultra High Definition), CB(Cable Broadcasting), IB(Internet Broadcasting), SB(Satellite Broadcasting), IoT(Internet of Things), CEEMD(Close EM Devices)이다. 미래는 역시 빅데이터와 빅에너지 기술 개발의 문제로 귀착되는 것으로 보인다[12]. 무선인터넷을 사용하다 보면 경험적으로 느낄 수 있을 것이다. 전철에서 공원에서 그리고 가정에서 그리고 회사에서 유튜브와 같은 영상인터넷을 검색할 때의 데이터 속도가 매우 느려서, 그리고 스마트폰의 배터리가 다 되어서 경험하게 되는 답답함을 풀 수 있으려면 당연히 빅데이터와 빅에너지 전송기술이 개발되어야 할 것이다. 유선에서도 마찬가지이다. 인터넷 메모리하우스와 같은 클라우드 개념의 데이터 관리는 보다 방대한 슈퍼 컴퓨터를 요구하고 있고, 기후, 화산, 지진과 같은 환경문제를 예측하기 위해서도 보다 계산이 빠른 슈퍼 컴퓨터를 요구한다. 미래는 싸고 빠르고 쉽게 사용할 수 있는 빅데이터와 빅에너지 문제 해결을 요구한다. 이동통신은 고해상도의 영상정보를 받고 보낼 수 있는 1,000배 이상의 무선데이터 처리속도 개선 그리고 1,000배 이상의 자동차, 가전기기, 휴대기기, 웨어러블기기, 임플란트기기 등 사물 유무선인터넷 접속을 수용하기 위한 노력이 진행될 것이다. 6G에서는 개방이 곧 보호가 되는 Social technology(사회 기술) 구현이 핫 이슈화 될 것으로 보



(그림 2) 무선전파기술의 개발방향[11]

이다. IOT의 발전으로 최적의 다차원 서비스 제공을 위한 기술이 성숙될 것이다. 또한 보안과 개방이 합리적으로 결합되고 처리속도가 개선된 양자 컴퓨터에 의한 양자 통신이 선보일 것으로 사료된다. 방송을 포함하는 영상기술 중에서 UHD급 영상은 케이블방송 및 유선인터넷방송에서 선보일 것으로 전망되고, 고해상도를 갖는 다시점 3차원 영상은 인터넷에서 새로운 개념의 콘텐츠를 열어갈 것이며, 이러한 콘텐츠는 유무선인터넷망 중심에서 선을 보일 것으로 사료된다. 또한 고해상도의 데이터 전송을 요구하는 2차원 홀로그래픽 기술은 위성방송이 차별화된 서비스를 구현한다면 경제성을 갖출 것으로 보인다. 사물통신은 유선 인터넷 분야에서 무선으로 확산되고 자동차, 기차, 항공기, 웨어러블, 임플란트 기기 등 신체 기능을 극복하고 특히 안전을 요구하는 분야에서는 협력적인 개념의 통신이 주력을 이룰 것으로 보인다. 안전의 문제인 나의 정보를 남에게 제공하고 개방할 수 있다면 자신이 더 많은 이득을 볼 수 있는 Social technology[11]의 씨앗이 될 것으로 보인다. 이러한 기술은 미래 IoT와 연계된 다차원 서비스 제공을 제공하는 데 매우 중요한 기술 문화의 획을 그을 수 있는

역할을 할 것이다. 나의 데이터를 제공하므로 인해 보다 안전성을 확보하고 보다 많은 이익을 얻을 수 있는 개념인 Social technology의 개념을 일깨워주는 역할을 할 것으로 전망한다. 개방이 공개를 통해 보호되는 진정한 의미의 Social technology가 자동차 분야에서 접목될 것으로 사료된다. 이러한 추세는 휴대폰과 사물통신에서 사용하는 이중 안테나 공유를 통한 Virtual MIMO 기술의 정착으로 이어지게 될 것이다. 단순히 데이터의 노출을 최소화하는 Smart technology 개념에서 벗어나 함께 데이터를 공유하면 보다 큰 이익이 발생하는 새로운 개념의 기술개발이 될 것으로 전망된다. 휴대기기, 웨어러블, 임플란트 기기의 개발분야는 보다 지속적으로 이루어질 것이며, 21세기에는 단순히 인간의 신체 기능 보조수단에서 벗어나 기능을 강화하는 노력으로 변하게 될 것이다. 즉 보다 빠르게 달릴 수 있고, 보다 무거운 물건을 들 수 있고, 보다 멀리 볼 수 있고, 감지하지 못했던 것을 감지할 수 있고 보다 오랫동안 사용할 수 있는 기능이 강화된 임플란트, 웨어러블 기기 개발이 이루어질 것이다.

지난 15년동안 기술 문화의 큰 변화를 살펴보면, 임플

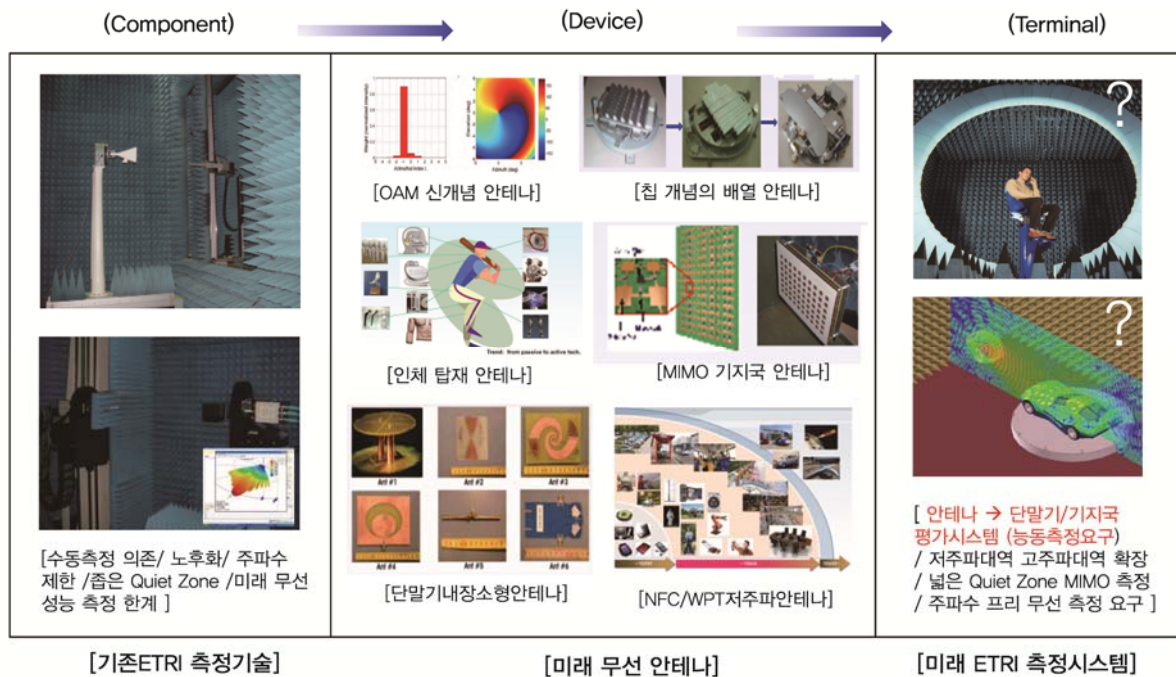
란트 기기에 대한 거부감이 없어졌다는 점과 Social Network Service를 수용하였다는 점이다. 심장박동기, 제세동기, 인공눈, 청각도우미 등 환자에만 장착했던 임플란트 기기가 이제는 인간의 한계를 넘어서는 보다 가능성이 강화된 기기 장착으로 변화가 이루어지게 될 것이다. 빠르게 달릴 수 있는 인공관절, 무거운 물건을 들 수 있는 인공근육, 밤낮이 없고 거리에 제한 없는 인공눈, 뇌에 저장 능력을 높이고, 분석과 최적 판단을 빠르게 할 수 있는 임플란트 도우미, 24시간 도우미 등 다양한 기술이 개발될 것이다. 기술 문화를 수용하기 위해서 정보기술의 흐름은 네트워크나 혹은 기관에서 수행했던 슈퍼컴퓨터가 가정으로 내려오고, 집에 있던 데스크톱 컴퓨터가 휴대폰으로 내려오는 등 끊임없는 노력이 이루어질 것이다. 이러한 스펙트럼 정보산업의 기술방향은 보다 개방되며 차별화된 Social technology 방향으로 흘러가게 될 것이다.

약 100여 년 전에 제시된 암스트롱의 궤환 루프 회로가 Smart technology 을 거쳐 Social technology에서

완성될 것으로 보인다. 20세기 초 암스트롱은 본인의 발명을 인정해주지 않은 갈등에 휩싸여 불행하게도 자살을 선택하였지만, 미래에는 이와 같은 문제를 함께 해결해야 하는 새로운 개념의 기술 문화가 기술 자체에서 탄생하고 정착될 것으로 사료된다. 개방을 통해 더 많은 이득은 물론 개인의 재산을 보호받을 수 있는 기술 개발의 정착을 요구하고 있는 것이다. 따라서 전파기술은 원역장과 비산란과 활용에서 벗어나 근역장과 다수가 함께 정보를 교환하며 사용할 수 있는 산란파에 의존하게 될 것임을 예고하고 있다. 전파의 쓰임 범주 변화를 예고하고 있는 것이다. 측정기술은 이러한 전파의 쓰임 범주 변화를 수용해야 할 것이다. 다음 장에서는 전반적인 기술 흐름을 수용할 수 있는 측정기술의 개발방향을 어떻게 설정할지에 대해 살펴볼 것이다.

IV. 새로운 측정기술 요구

(그림 3)처럼 무선전파 측정은 당연히 소자에서 장치



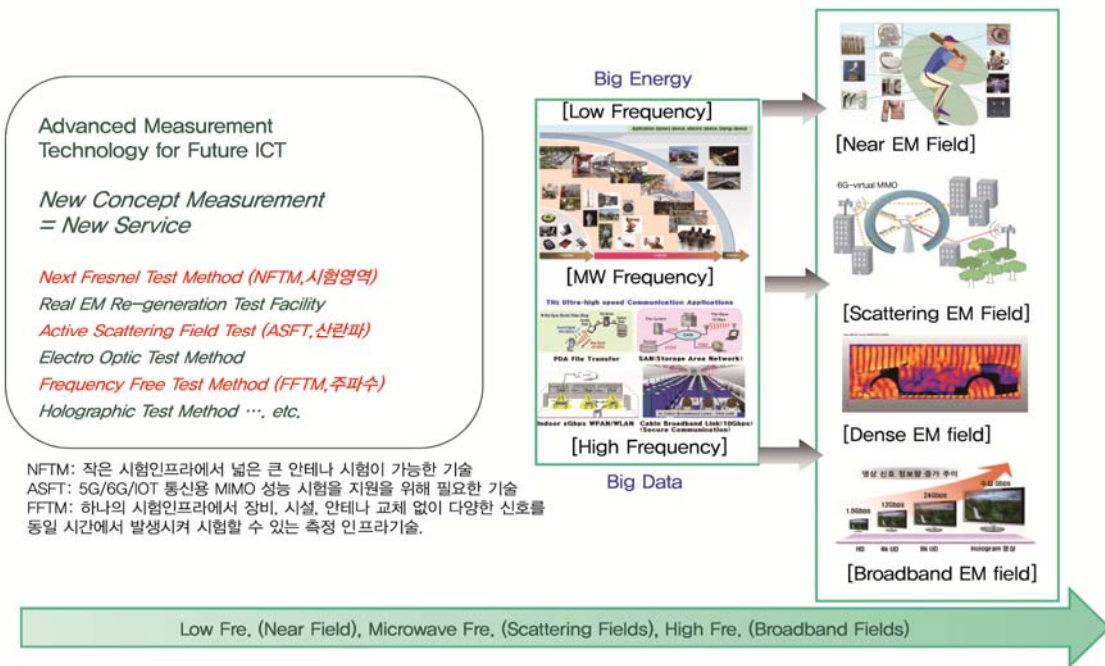
(그림 3) 무선전파 측정기술 방향

로 그리고 최종 사용자에게 주어지는 터미널 위주의 평가로 진화하고 있다. 연구개발 과정에서 측정 산업체의 부담을 줄이기 위한 방향으로 변화하고 있는 것이기도 하다. 집적화가 이루어지는 과정에서 모든 공정이 단일화로 귀착되기 때문에 성능 측정은 최종 사용자에게 놓여지는 터미널 성능 평가방식으로 변환되고 있다. 이는 예측기술의 발달에 힘입어 개발하는 장치의 공정 단일화에 기인하거나, 문제가 있으면 전면 수정작업을 진행하는 개발 프로세스에 의한 현상일 수도 있다. 게다가 무선전파를 최종적으로 만들어 주는 안테나의 위치가 이제는 사람 가까이 놓이는 경향을 피할 수 없고 주변 무선기기가 모두 함께 동작하여 서로에게 도움을 주어야 하고 다양한 기기와 협력을 통해 사용되어야 하기 때문이기도 하다. 즉 안테나 이득, 패턴, 축비, 정재파비 등과 같은 단일소자 중심의 측정에서 벗어나 일반적인 무선환경 측정을 요구하고 있다. BER(Bit Error Rate), EVM(Error Vector Magnitude), 단말기 주파수 선택도, 잡음지수, PAPR(Peak to Average Power Rate), 수신감도, TRP(Total Radiated Power), ERP(Effective Radiated Power), SAR(Specific Absorption Rate) 등에 대한 측정을 시제품 개발 단계에서 요구하고 있다. 한 곳에서 모든 일반적 전파환경에 대한 시험이 수행하도록 하여 연구개발을 단축 지원할 수 있는 방향으로 측정기술이 개발되어야 할 것이다. 여기서 일반적 전파환경이라 하면, 송수신부 공간적 상관관계(special correlation), 도플러 스프레드, 위상지연 스프레드, 공간적 잡음 등 다양하게 공간에서 발생할 수 있는 다양한 신호상의 왜곡을 포함하는 공간 전파를 의미한다. 이러한 기술은 미래 무선통신을 개발하는 연구소의 측정 인프라가 되어야 한다. 또한 전파환경을 관리하고 주파수를 관리하는 주체인 정부는 이에 대해 관심을 가져야 할 필요가 있다. 특히 최근 전파의 쓰임새를 달리하는 전파에 대해 특정 실험 공간에서 산란파, 직접파, 원역장, 근역장의 표준 전파를 발생하는 시설확보가 시급히 이루어

어져야 한다. 시설확보 이전에 우선 산란파와 근역장에 대한 표준 전파를 정의하는 작업이 필요하다. 이는 새로운 이동통신 시스템 규격 혹은 개발방향을 설정하는 데에 반드시 필요한 조건이기도 하다. 게다가 이러한 기술은 연구단계에서 개발되는 시제품이 곧바로 시장에 제공 가능성을 높이는 기술이기 때문에 특히 산업육성 정책에 있어서 중요한 기반기술이다. 다른 나라보다 앞서 가기 위해서는 차분히 가는 것이 중요하다. 소비자에게 안전하고 호환성을 갖추고 신뢰성 있는 개발 제품을 제공하는 기간을 단축할 수 있도록 연구 기반기술에 대한 개발을 꾸준히 추진해야 할 것이다. 연구분야에서 개발되는 각종 개발품들이 곧바로 소비자에서 연결될 수 있는 기간 단축을 통해 산업육성과 산업활성화를 이루어야 한다. 다음 장에서는 보다 구체적으로 어떠한 무선전파 측정기술들이 개발되어야 하는지를 살펴볼 것이다. 개발되어야 하는 연구현장에 적합한 측정기술 개발에 대한 것이다. 보다 연구현장에 다가선 측정 인프라 기술이 필요하다. 이러한 측정 인프라 기술은 미래 무선전파 응용기술이 지향하는 경향을 수용한다. 다음 장에서는 외부 환경변화에 대응하면서 무선전파 기술을 구현하기 위해 개발되어야 할 측정기술이 무엇인지를 살펴볼 것이다.

V. 개발되어야 할 측정기술

첫 번째 고려해야 할 점은 무선전파기술이 산란파, 근역장 등 새로운 쓰임 범주 확대[13]를 요구하고 있음을 반영해야 한다는 것이다. 이러한 요구조건을 구현하기 위해서는 무엇보다도 (그림 4)와 같은 새로운 개념의 측정 기반 기술개발이 필요하다. 무엇보다도 먼저 120년 동안 격어보지 못했던, 새로운 쓰임 범주가 산란파로 확산함에 따라 이에 대한 측정표준화(metrology)가 시급히 진행되어야 할 것이다. 과거 120년 동안에는 직접파



(그림 4) 새로운 개념을 요구하는 측정기술

에 대한 측정표준화는 오랜 기간을 통해 잘 정착되었으나, 산란파에 대한 측정 표준화는 태생이 오래되지 않아 매우 부족하고 알려지지 않은 분야이기도 하다. 이를 위해서는 어떠한 환경의 산란파를 표준으로 삼을 것인지에 대한 보다 체계적인 연구 접근이 필요하다. 시골, 도시, 산악, 평야, 건물 내부, 공항, 대합실, 회의실, 자동차, 전철 등에 대해 보다 포괄적으로 수용하여 조사하고 분석하여야 할 것이다. 산란파는 빅데이터를 처리하고자 하는 21세기 기술적 요구사항에 반영되어야 하기 때문에 보다 분석적 그리고 이론적 정립이 이루어져야 할 것이다. 근역장의 경우 RFID, 자기장 통신 이외에도 전송효율이 높은 무선전력 전송분야에서 활용되기 시작하였고 또한 빅에너지 전송과 관련이 있는 파로써 우리 생활 속에 가까이 있는 전파이다. 이러한 전파에 대해서 측정 표준화도 역시 시급히 해결되어야 할 과제이다. 보다 체계적인 정의와 함께 재현에 대한 연구가 진행되어야 한다. 자동차, 회의실, 전철, 버스 등 전파를 사용하는 기기가 밀집되는 전파에 대한 측정 표준화도 함께 연

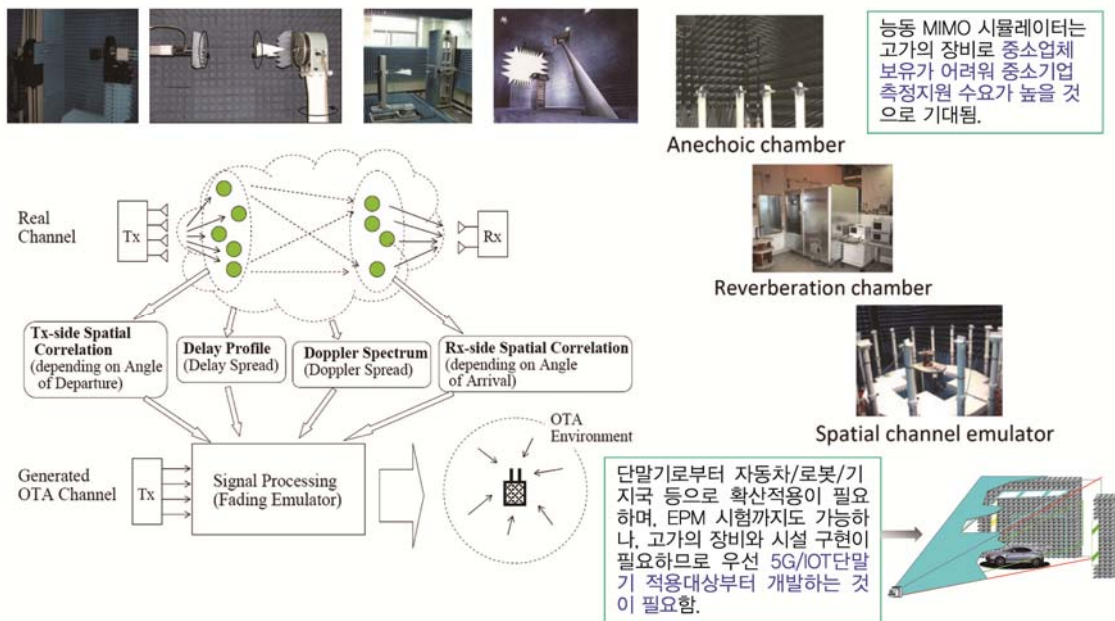
구되어야 한다. 이러한 전파를 수용하기 위해서는 위에서 일반성을 대표할 수 있도록 정의되는 표준 전파를 발생하는 기술 개발이 선행적으로 필요하고 보다 작은 실내공간에서 재현이 우선시 되어야 한다. 측정공간을 줄이는 기술 중에서 차세대 프레즈넬 측정기술은 이러한 요구조건을 만족시킬 수 있는 좋은 방법 중에 하나이다. 작은 전파무반사실에서 보다 큰 안테나 시험이 가능하고 보다 빠른 측정이 가능하기 때문이다. 직접파에서 산란파, 근역장, 밀집파로 확산되고 일반적 환경에서 고려되어야 하는 파라미터들이 다수이므로 일반적 야외환경에서 일반성을 구현하는 것은 사실상 불가능하고 비경제적이기 때문에 일반성을 갖춘 전파를 발생하는 기술이 작은 실내공간에서 이루어지는 기술개발이 이루어져야 한다. 실내 공간인 실험실에서 실 적용에서 발생하는 일반 산란파에 대한 성능 평가가 이루어지는 방법에 대한 연구와 다양한 서비스들이 밀집되거나 멀티미디어 장비들에 대한 호환성 시험 등 다양한 무선서비스 환경이 동시에 존재하는 시험이 가능한 프리 주파수 시험 방

법에 대한 구현이 필요하다. 즉 빅데이터와 빅에너지 환경을 수용하는 측정시설의 필요성이 충족되도록 새로운 개념의 측정기술 개발이 필요한 것이다.

두 번째로 (그림 5)처럼 터미널 성능을 종합적으로 평가하는 능동형 산란파 측정기술 [14][15]의 구현도 함께 필요하다. 미래 이동통신 단말기의 무선전파 성능 시험을 지원해야 하고, 프리 주파수 시험 방법인 다양한 센서들이 합친 그리고 다양한 기능을 하나의 기기로부터 지원되는 멀티미디어 기기들에 대한 시험할 수 있도록 개발되어야 할 것이다. 즉 밀집파, 산란파, 근역장 이용 기술에 대응하고 다양한 기기들이 함께 놓여 사용되는 경우 발생하는 불확실성 제거를 위해서도 필요하다. 5세대 혹은 6세대, 차세대 위성통신, 방송기술 개발에 투입되는 연구비용은 매우 큰 예산을 요구한다. 이러한 개발들은 자체 시장도 크지만, 이와 관련된 측정 산업도 매우 크다. 대형 과제를 수행하여 완료되는 기술 대다수는 대기업에 활용되는 기술이다. 그리고 측정기술은 고부가가치가 높은 기술이다. 보다 전문적인 인력이 투입될 수 있는 일거리 창출의 보고이기도 하다. 이러한 산

업성장을 함께 고려하는 국가적 차원의 연구개발이 이루어져야 할 것이다. 시장에 진입하는 무선전파기술을 시험하는 측정기술은 비교적 잘 이루어져 있다. 이는 수요자가 그만큼 많이 있고 당장 구매해야 하는 기업들이 기다리고 있기 때문이다. 그러나 연구단계에서 필요로 하는 측정시스템 기술개발은 아무래도 망설여지는 분야이다. 왜냐하면 당장 시장에서 쓰인다는 보장을 받기 어려워 연구단계에서 필요로 하는 측정 산업에 투자를 진행하기에는 어려움이 발생하기 때문이다. 이러한 이유로 기존 측정업체에서는 투자를 망설이는 경향을 보이고 있다. 미래를 꾸준히 연구하고 개척하는 것은 경제성장에 있어서 버팀목과 같다. 새로운 시장을 남들보다 먼저 개척하고 진입한다면 그만큼의 경제적인 이득이 발생하기 때문이다. 이러한 무선산업 개발을 지원해 줄 미래의 측정기술은 단말기와 기지국을 동시에 갖추어 시험하는 능동형 측정 시스템 개발이 우선시 되어야 함을 시사해주고 있다.

다양한 유무선 IT 개발에 많은 돈을 투입하고 있지만, 연구용 유무선 IT 측정기술 개발에는 돈을 투입하지 않



(그림 5) 무선전파 능동형 측정시스템[15]

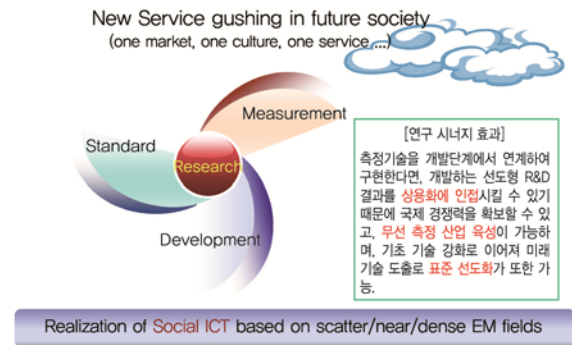
고 있는 연구개발 시책은 과연 선도형 R&D 과제에서 무엇을 얻으려고 하는지 궁금하다. 앞에서도 지적하였듯이 미래에는 연구개발에 있어서 측정기술이 차지하는 비중이 높아지고 있다. 연구개발에 필요한 측정기술 개발을 선행시켜 다른 나라보다도 앞서가는 산업육성을 위해서는 신기술 개발과 함께 측정기술이 개발되어야 할 것이다. 21세기는 연구가 쉽지 않은 환경으로 치닫고 있다. 연구도 벅찬 환경으로 변화하고 있음을 시사하고 있는 것이다. 따라서, 이러한 환경에서 보다 창조적인 연구결과를 얻기 위해서는 측정 인프라를 고려하는 연구 진행이 어느 때보다 필요한 시기라고 볼 수가 있다. 연구는 연구원에게 그리고 시장은 회사원에게 경영은 경영자에게 인재교육은 교육자에게 보다 전문성을 갖춘 사회 시스템을 마련하여 전략적으로 접근해야 한다. 다음은 무선전파산업을 육성하기 위한 전략적 방향에서 측정기술의 위치를 살펴보고자 한다.

VI. 무선전파산업 육성 전략

새로운 무선전파 사용 기술이 등장하고 전파의 새로운 쓰임 기술들이 개발되고 있으며, 연구개발 순기의 변화 즉 측정기술이 제품의 시장 진입 직전에 개발되고 있기 때문에, 연구개발은 더욱더 어려운 상황에 직면하고 있다. 이제는 연구개발이 어려워졌다는 이야기이다. 이러한 상황에 적응하여 새로운 미래 무선전파기술을 보다 효과적으로 개발하기 위해서는 전략적인 연구개발 접근이 필요하다. 산업육성 측면에서 연구개발을 효율적으로 개발할 수 있는 전략수립이 필요하다. 무선전파분야는 무선스펙트럼의 일부이다. 정보산업, 에너지산업, 농업산업을 포함하고 있는 스펙트럼 산업분야는 21세기에 가장 크게 번성하는 산업분야이다. 유래 없이 전 산업에서 약 50%에 육박한 성장세를 보이고 있으며, 미래에는 이를 훨씬 넘는 비중의 높은 성장세를 유지할 것으

로 전망된다. 스펙트럼 산업의 육성은 미래의 강대국을 육성하는 견인차를 할 것으로 보인다. 스펙트럼에는 사용하는 분야 관점에서 정보와 에너지, 식량이라는 큰 분류로 구분할 수 있으며, 사용하는 방법에 따라 무선기술과 유선기술로 구분할 수 있다. 무선전파 측정기술은 미래 산업화가 가장 활발하게 육성되는 무선기술분야의 기반을 형성하는 기술이다. 따라서 21세기 환경 변화에 대응하면서 무선산업을 주도하기 위해서는, 우선 측정기술을 어디에 두고 가야 할 지가 가장 먼저 검토해야 할 것이다.

(그림 6)은 전략적인 측면에서 측정기술의 위치를 설명하고 있다. 측정기술에 대한 연구는 여지없이 표준화와 시제품 개발과 함께 개발이 진행되어야 한다. 21세기 변화된 개발 순기 변화의 문제점을 극복하기 위해서는 표준화와 상용화의 간격을 좁히고, 기반을 강화하는 것이 필요하다. 이는 반드시 국가적인 차원에서 전략적으로 수행되어야 할 것이다. 국방, 환경, 의료분야는 물론 미래의 시장 점유율을 높이고자 하는 기업, 연구소, 학교도 역시 동일하다. 아이디어가 자유롭게 도출되기 위해서는 측정 기반을 튼튼히 하여야 한다. 현실 적용에서 오는 불확실성을 보다 먼저 정확하게 파악하고 이에 대비하는 연구능력을 키우는 것이 가장 바람직하다. 빠르게 가기보다는 차분히 가는 것이 필요하다. 표준화를 통해 국가경쟁력을 갖추기 위해서는 보다 적극적으로 미래 환경에 적합한 측정기술 개발에 투자해야 할 것이



(그림 6) 무선전파산업 개발의 전략적 방향

다. 미래는 일정한 규칙을 가지고 변화하고 있다. 규칙에는 원인이 있으므로 원인에 대한 충분한 이해를 통해 바뀌어야만 차분하게 미래를 열어갈 수 있어야 할 것이다. 표준화에만 치중하는 기술개발로부터 탈피하여 이제부터는 측정기술에 대한 투자가 함께 강화되어야 하는 시기이다. 연구개발 분야에서 세월호 사건이 일어나지 말아야 한다. 결과만을 중시하다 보면 기반을 소홀히 하여 모두 무너지는 연구개발이 있어서는 안되며 이제는 변해야 한다.

VII. 결론

21세기 들어 연구개발의 순기 변화는 연구과열에서 온 듯 하다. 되어있는 기술을 개발했던 지난 20세기의 연구 구도는 비교적 순조로웠다. 된다는 확신은 연구에 있어서 매우 중요하다. 선진국에서 이미 되어있는 기술을 다시 개발하는 것은 비교적 쉬운 연구테마이다. 왜냐하면 그들은 안 되는 기술을 모두 경험하며 그 중에서 되는 기술을 제시하였기 때문이다. 하나의 완성된 기술이 탄생되기 위해서는 100번 이상 실패한 기술이 있어야 한다. 많은 실패와 고난을 이겨내어서 성공하기 때문에, 다른 사람이 개발한 기술(되어있는 기술)을 구현하는 것은 쉬운 일이었다. 우리는 그와 같은 전철을 되밟지 않아도 되기 때문에 비교적 쉽게 성공을 이루어냈다. 그러나 되려고 하는 기술은 그러하지 않다. 한국의 무선전파기술은 이제 어느 정도 국제경쟁력이 높은 편에 있다. 이제는 되어있는 기술을 개발하는 것이 아니라 되려고 하는 기술을 개발해야 한다. 그만큼 많은 실패를 업고 가야 하는 것이다. 게다가 무선전파기술 연구환경의 변화는 이제까지 경험해보지 못한 시간과 규모의 전쟁을 수행해야 하는 국면에 직면하였다. 이러한 환경변화는 과거의 연구방식의 청산이 없이는 효율적으로 수행하기 어렵다. 전략적인 연구개발 방향을 설정하고 진행할 필요가 있다. 전략적으로 표준과 개발 그리고 측정을

함께 고려한 연구개발이 이루어져야 한다. 그리고 미래의 무선통신 방송산업 방향은 Smart technology을 벗어나 Social technology를 구현하고 있음을 직감해야 한다. 기술개발 방향을 수용할 수 있는 측정 기반 기술개발을 강화하여 보다 효율적이고 빠른 기술적 진보가 이루어지도록 해야 할 것이다. 100년 전 피드백 회로를 제시하였던 암스트롱의 사건(특허를 득하지 않은 상태에서 피드백 회로를 발표하자 마자, 이를 경청하였던 한 기술자가 복원하여 특허를 먼저 내버렸던 사건)은 그에게 자살이라는 불행을 가져왔지만, 이러한 사건은 되어있는 기술과 되려고 하는 기술의 차이가 얼마만큼 차이가 명백히 있는지를 보여주었던 사건이었다. 우리는 되어있는 기술개발에 익숙해 있지만 미래에는 되려고 하는 기술개발이 필요한 시대이다. 되려고 하는 기술은 보다 많은 실패를 감수해야 하며 도전적이며 구현될 수 있는지 모르는 기술이다. 이러한 기술은 반드시 꾸준한 연구시간과 재정적 투자 그리고 연구환경 조성을 기반으로 한다. 경쟁은 경쟁을 해야 경쟁력이 생기는 것이다. 경쟁을 피하게 하는 과학기술 정책은 수정하고 미래의 과학기술을 직시하고 전략적 접근을 시도해야 할 때이다.

약어 정리

BER	Bit Error Rate
CB	Cable Broadcasting
CEMD	Close EM Devices
ERP	Effective Radiated Power
EVM	Error Vector Magnitude
IB	Internet Broadcasting
IOT	Internet of Things
MC	Mobile Communication
MIMO	Multi Input Multi Output
OTA	Over the Air
PAPR	Peak to Average Power Rate
SAR	Specific Absorption Rate
SB	Satellite Broadcasting

TRP Total Radiated Power
 UHD Ultra High Definition

참고문헌

- [1] 윤재훈, “ERP/EIRP 제도개선을 위한 기반기술 도출,” TMO7MR1810-AM-SM-TM-001A, 2007. 4. 12.
- [2] 윤재훈, “TEM Line을 이용한 ERP/EIRP 측정기술,” TMO4ZR1110-AM-SM-TM-001A, 2004. 10. 20.
- [3] 윤재훈, “간섭통제를 위한 안테나이득 측정기술,” TMO7MR1810-AM-SM-TM-002A, 2007. 4. 30.
- [4] ETSI EN 300 113-1, “Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Radio equipment intended for the transmission of data using constant and non-constant envelope modulation and having an antenna connector; part 1: Technical characteristic and methods of measurement,” Feb. 2002.
- [5] ANSI TIA/EIA-603-A, “Land Mobile FM or PM Communication Equipment Measurement and Performance Standard,” chapter 2.2.17, Aug. 2001.
- [6] CISPR 16-4-2, “Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and method: Uncertainties, statistics and limit modeling- Uncertainty in EMC measurements,” Nov. 2003.
- [7] CISPR 16-2-3, “Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and method: Methods of measurement of disturbances and immunity -Radiated disturbance measurements,” July 2006.
- [8] H.-J. Song, “Induced Current Calculation in Detailed 3D Adult and Child Model for Wireless Power Transfer Frequency Range,” *IEEE Trans. Magn.*, vol. 50, no. 2, Feb. 2014.
- [9] 3GPP, “LTE,” Tech. Rep., Oct. <http://www.3gpp.org/LTE>
- [10] 3GPP, “Verification of radiated multi-antenna reception performance of user equipment (UE),” Tech. Rep. 3GPP TR 37.977 v1.0.0, 2013.
- [11] 윤재훈, “스펙트럼이용 과학 & 기술 발전을 위한 정책제언,” 한국전자과학회특집, 2014. 7.
- [12] 윤재훈, “무선전력전송기술 국가산업 활성화 방안,” 한국전자과학회특집, 2014. 7.
- [13] 윤재훈 외, “RF에너지 전송기술 산업화를 위한 분석,” 전자통신동향분석, vol. 26, no. 4, 2011. 8, pp. 79-89.
- [14] K. Ogawa et al., “Channel capacity of a handset MIMO antenna influenced by the effects of 3D angular spectrum, polarization, and operator,” *Proc. IEEE Antennas Propag. Soc. Int. Symp.*, 2006, pp. 153-156.
- [15] A. Kosako, M. Shinozawa, and Y. Karasawa, “Simplified configuration of fading emulator system for MIMOOTA testing,” *2011 2nd International Conf. Wireless VITAE*, 2011. pp.1-5.