

# Bye-Bye Batteries: Radio Waves as a Low-Power Source

## 배터리여 안녕: 전파를 저출력 에너지원으로

MATT REYNOLDS, an assistant professor in the electrical and computer engineering department at Duke University, wears other hats, too ? including that of co-founder of two companies. These days, his interest is in a real hat now in prototype: a hard hat with a tiny microprocessor and beeper that sound a warning when dangerous equipment is nearby on a construction site.

What's unusual, however, is that the hat's beeper and microprocessor work without batteries. They use so little power that they can harvest all they need from radio waves in the air.

The waves come from wireless network transmitters on backhoes and bulldozers, installed to keep track of their locations. The microprocessor monitors the strength and direction of the radio signal from the construction equipment to determine if the hat's wearer is too close.

Dr. Reynolds designed this low-power hat, called the SmartHat, with c, an assistant professor in the school of civil and environmental engineering at Georgia Tech. They are among several people devising devices and systems that consume so little

듀크대학 컴퓨터 엔지니어링 학과의 부교수이자 두 회사의 공동 설립자인 MATT REYNOLDS은 그 외에도 다양한 일들을 하고 있다. 그런 그가 최근 관심을 가지고 있는 일은 공사현장에서 위험한 물체가 다가오면 경고음을 내는 신호장치와 마이크로프로세서가 장착된 헬멧으로, 현재 시작품을 개발하였다.

여기서 주목할 부분은 헬멧의 신호 장치와 마이크로프로세서가 배터리 없이 작동한다는 것이다. 아주 적은 양의 전기를 사용하기에 공중에 떠도는 전파로부터 에너지를 얻는다.

그 전파는 위치파악을 위해서 포크레인과 불도저에 장착된 무선통신 기기에서 생성된다. 마이크로프로세서는 헬멧을 쓰고 있는 사람이 위험거리 안에 들어 왔는지 파악하기 위해 공사기기에서 나오는 전파신호의 감도와 방향을 감지한다.

Dr. Reynolds는 Georgia Tech의 토목환경공학 단과 대학의 부교수인 Jochen Teizer와 함께 SmartHat이라 불리는 저출력 헬멧을 고안하였다. 그들은 공기 내에 흐르는 전파를 동력원으로 사용하여 작동하는 장치와 시

power that it can be drawn from ambient radio waves, reducing or even eliminating the need for batteries. Their work has been funded in part by the National Science Foundation.

Powercast, based in Pittsburgh, sells radio wave transmitters and receivers that use those waves to power wireless sensors and other devices. The sensors, for example, monitor room temperature in automatic systems that control heating and air-conditioning in office buildings, said Harry Ostaffe, director of marketing and business development.

The company recently introduced a receiver for charging battery-free wireless sensors, the P2110 Powerharvester Receiver, and demonstrated it in modules that sense temperature, light level and humidity data, he said. The modules include microcontrollers from Microchip Technology, in Chandler, Ariz.

Until recently, the use of radio waves to power wireless electronic devices was largely untapped because the waves dilute quickly as they spread, said Joshua R. Smith, a principal engineer at Intel's research center in Seattle and an affiliate professor at the University of Washington.

"That's changing," said Dr. Smith, who explores the use of electromagnetic radiation. "Silicon technology has advanced to the point where even tiny amounts of energy can do useful work."

시스템을 개발하는 몇 안되는 사람으로, 이러한 기술 덕분에 배터리의 필요성이 현저히 줄거나, 심지어는 아예 없어졌다고도 볼 수 있다. 그들의 연구는 미국국립과학재단에 의하여 지원되었다.

Pittsburgh에 본사를 둔 Powercast는 이러한 전파를 사용하여 무선센서와 다른 장치에 전력을 공급하는 전파 송수신기를 판매하고 있다. 마케팅 사업개발부의 장인 Harry Ostaffe의 말에 따르면, 이 센서는 사무실 건물의 냉난방을 관리하는 자동화 시스템으로 인하여 조절되는 온도를 모니터링하는 일 등을 한다.

이 회사는 최근에 배터리가 없는 무선 센서인 'P2110 Powerharvester Receiver' 라는 수신기를 소개하고 이를 온도·광도·습도를 측정하는 장치에 시험 장착하였다. 이 장치는 아리조나 주 Chandler에 있는 Microchip Technology사의 마이크로컨트롤러도 장착하고 있다.

워싱턴 대학의 겸임교수이자 시애틀에 있는 인텔연구소의 선임연구원인 Joshua R. Smith에 따르면, 전파는 퍼져나가는 과정에서 희미해지기 때문에 무선전기장치에 전력을 공급하기 위해 전파를 사용하는 기술은 최근까지는 없었다고 한다.

"이런 상황들은 변하고 있습니다. 실리콘 기술은 아주 작은 양의 에너지도 유용하게 사용할 수 있는 지점에까지 발전했습니다."라고 전자기 방사선의 활용을 연구하는 Smith 박사는 설명했다.

Two types of research groups are extending the boundaries of low-power wireless devices, said Brian Otis, an assistant professor of electrical engineering at the University of Washington. Some researchers are working to reduce the power required by the devices; others are learning how to harvest power from the environment. "One day," Professor Otis said, "those two camps will meet, and then we will have devices that can run indefinitely."

Professor Otis, who designs and deploys integrated circuits for wireless sensing, is in the first group. Dr. Smith of Intel is one of the harvesters, gathering radio power that is now going to waste. And there are plenty of radio waves in the air to provide fodder for him as they spread from Wi-Fi transmitters, cellphone antennas, TV towers and radio stations.

Some of the waves travel to living-room televisions, for example. But others, which would otherwise be wasted as they rise through the atmosphere into space or are absorbed in the ground, can be exploited, he said. "Ambient radio waves," he said, "can already provide enough energy to substitute for AAA batteries in some calculators, temperature and humidity sensors, and clocks."

At Intel, Dr. Smith, working with the researcher Alanson Sample of the University of Washington, created an electronic "harvester" of ambient radio waves. It collects enough energy from a TV station broadcasting about 2.5 miles from the lab to run a temperature and humidity sensor.

또한, 상이한 두 종류의 개발 집단이 저출력 무선 장치의 경계를 넓히고 있다고 워싱턴 대학 전기엔지니어링 학과의 조교수인 Brian Otis는 말한다. 몇몇 개발자들은 전기장치에 의해 사용되는 전력을 줄이는 방안에 대하여 노력하는 한편, 다른 이들은 자연 환경에서 전력을 얻는 방안에 대하여 연구한다. "언젠가 두 집단이 만나 무한으로 작동하는 장치를 개발해낼 것입니다."라고 Otis 조교수는 말한다.

무선 센서를 위한 통합회로를 고안하고 활용하는 Otis 조교수는 이 중 전자에 속한다. 이에 반해 공중으로부터 전력을 얻는 기술을 개발하는 인텔의 Smith 박사는 후자에 속한다. 와이파이 송수신기와, 핸드폰 안테나, 그리고 텔레비전 타워와 라디오 방송국에서 발신되는, 대기 중에 퍼져있는 전파가 그의 무한한 실험대상이다.

예를 들어, 어떤 전파는 목적지인 거실 내 텔레비전으로 이동한다. 이 과정에서 공기 중으로 흐르자마자 사라져 버리거나 땅으로 흡수되어 낭비되는 전파도 충분히 추출이 가능하다고 그는 말한다. "주변 전파는 이미 계산기, 온도 및 습도 센서, 그리고 시계에 사용되는 AAA 배터리를 대체할 만한 충분한 전력입니다."

워싱턴 대학의 Alanson Sample 연구원과 같이 일하는 Smith 박사는 대기내 전파 수집장치를 개발하였다. 그 장치는 실험실에서 2.5마일이나 떨어져있는 텔레비전 방송국에서 나오는 전파에서 온습도 장치를 작동하기 위하여 충분한 에너지를 추출할 수 있다.

The device collects enough power to produce about 50 microwatts of DC power, Dr. Smith said. That is enough for many sensing and computing jobs, said Professor Otis. The power consumption of a typical solar-powered calculator, for example, is only about 5 microwatts, he said, and that of a typical digital thermometer with a liquid crystal display is one microwatt.

DR. SMITH and his colleagues have built a second device, powered by radio waves, that collects signals from an outdoor weather station and transmits them to an indoor display. The unit can accumulate enough energy to send an updated temperature every five seconds.

Dr. Reynolds of Duke has long been interested in electronics and wireless equipment. One company he helped found, Zensi, developed a system to sense the amount of electricity used by home appliances; Zensi was bought by Belkin, an electronics concern.

Many electronic devices are limited by batteries that fade away or can't survive temperature extremes, he said. But, he added, "we are on the cusp of an explosion in small wireless devices" than can run on alternatives to battery power. "Devices like this can live on and on," he said.

이 장치는 DC 전력의 약 50마이크로와트를 생성할 정도의 에너지를 얻을 수 있다고 Smith 박사는 말한다. Otis 박사의 말에 따르면 이는 많은 센서 작동과 컴퓨터 작업을 가능케 하는 양이라고 한다. 일례로 태양에너지를 사용하는 계산기의 전력사용량은 약 5 마이크로와트이며, 액정 디스플레이를 사용하는 디지털 온도계의 전력사용량은 1 마이크로와트이다.

Smith 박사와 그의 동료들은 야외에 있는 기상정보센터에서 전파를 받아 집안에 있는 디스플레이에 이를 전송하는 전파에 의하여 작동되는 두 번째 장치를 만들었다. 이 장치는 5초마다 업데이트된 온도정보를 송신할 수 있도록 전력을 축적한다고 한다.

듀크대학의 Reynolds 박사는 오랫동안 전파와 무선 장치에 관심을 가져왔다고 한다. 그가 창립을 도운 회사인 Zensi사는 가전제품들에 의해 소비되는 전력량을 측정하는 시스템을 개발했다(Zensi사는 전자회사인 Belkin에 병합되었다).

Reynolds 박사는 많은 전기장치가 빠르게 소모되는 배터리에 의해 제한을 받거나 극한 온도에서 사용되지 못한다고 말한다. "우리는 배터리를 대체한 전력으로 작동되는 소형무선장치의 개발의 막바지 단계에 와 있습니다. 이러한 장치는 반영구적으로 사용이 가능합니다." 라고 그는 덧붙였다.