

MicroPnP: 무선 센싱 및 액추에이션 용으로 구성 작업을 할 필요 없는 플랫폼 제공

MicroPnP: The Zero-Configuration Platform for Wireless Sensing & Actuation

VersaSense의 MicroPnP(Micro Plug-and-Play) 플랫폼은 바로 이와 같은 복잡성 문제를 해결하기 위한 것으로서, 구성 작업을 할 필요가 없고 철저하게 표준을 기반으로 한 솔루션을 제공하므로 대규모로 무선 센싱 및 액추에이션 IoT 시스템을 획득하고, 구축하고, 가동하기 위한 비용을 대폭적으로 절감할 수 있다.

글/Nelson Matthys, VersaSense NV, Kroegberg, B-3000 Leuven, Belgium, nelson@versasense.com

Jackie Rütter, Linear Technology Corporation, Osterfeldstrasse 84, Haus C, D-85737 Ismaning, Germany, jrutter@linear.com

요약

오늘날 IoT(사물 인터넷) 애플리케이션을 작성하고, 구축하고, 구성하는 작업은 많은 사용자들에게 여전히 복잡하고 비용이 많이 드는 일이다. VersaSense의 MicroPnP(Micro Plug-and-Play) 플랫폼은 바로 이와 같은 복잡성 문제를 해결하기 위한 것으로서, 구성 작업을 할 필요가 없고 철저하게 표준을 기반으로 한 솔루션을 제공하므로 대규모로 무선 센싱 및 액추에이션 IoT 시스템을 획득하고, 구축하고, 가동하기 위한 비용을 대폭적으로 절감할 수 있다. MicroPnP는 센싱 및 액추에이션 주변장치를 플러그-앤-플레이 방식으로 통합할 수 있을 뿐만 아니라, Linear Technology의 SmartMesh IPTM™를 결합함으로써 극히 전력 소모가 낮고 신뢰성이 뛰어난 무선 메시 네트워크를 제공한다. MicroPnP는 2015년도 IPSO 챌린지 대회에서 수상을 하였으며, 전세계적으로 다수의 상업용 IoT 시나리오에 성공적으로 도입되고 있다.

머리말

스마트 팩토리나 스마트 시티 같은 산업용 IoT 애플

Abstract

Creating, deploying and configuring applications for Internet of Things (IoT) scenarios today remains complex and costly for many users. VersaSense's Micro Plug-and-Play (MicroPnP) platform addresses this complexity problem and provides a zero-configuration and fully standards-based solution that radically reduces the cost of acquiring, building, and operating wireless sensing and actuation Internet of Things systems at scale. MicroPnP combines true Plug-and-Play integration of sensing and actuation peripherals with Linear Technology's SmartMesh IPTM, providing ultra-low power and reliable wireless mesh networking. MicroPnP was awarded in the international 2015 IPSO competition, and is currently being successfully applied in commercial IoT scenarios across the world.

Introduction

Industrial Internet of Things applications, such as smart factories or cities, demand large numbers of

리케이션은 다양한 방식의 센서와 액추에이터로 이루어진 다수의 무선 임베디드 디바이스를 필요로 한다. 이러한 디바이스는 혹독한 RF 환경에서 장기간의 수명에 걸쳐 동작하면서 규칙적으로 환경 데이터나 산업 프로세스 데이터를 포착해야 한다. 그런데 불행히도 현행 세대의 산업용 센싱 솔루션은 대규모로 견고한 IoT 시스템을 달성하기 위해서 개발, 설치, 통합, 관리 작업에 많은 노력을 필요로 한다. 대부분 사용자들이 이러한 복잡성과 그에 따른 비용 때문에 애를 먹고 있으며, 그런 만큼 투자 회수를 극대화하는 것이 어려워진다. 그러므로 산업용 IoT 시나리오로 총 유지비용을 극적으로 절감하기 위해서는, 써드파티 센싱 주변장치를 기존 애플리케이션과 통합하는 작업을 수월하게 하고, 신뢰할 수 있으며 보안성이 뛰어나고 극히 낮은 전력을 소모하는 네트워킹을 제공하고, 센서 데이터를 수집 및 저장하기 위한 온라인 클라우드 서비스를 제공하는 솔루션을 필요로 한다.

이 글에서는 MicroPnP 플랫폼(그림 1)에 대해서 설명한다. MicroPnP는 VersaSense가 개발한 표준 기반 저전력 ‘Sensing-as-a-Service(서비스로서의 센싱)’ 솔루션으로서 센싱 및 액추에이션 주변장치의 진정한 플러그-앤-플레이 통합을 가능하게 하고, 다양한 현장에서 확장이 용이하고 24시간/365일 모니터링 및 제어를 할 수 있으며, 보안적인 단-대-단 통신을 제공한다. 기존의

그림 1. MicroPnP 플랫폼



wireless embedded devices equipped with a variety of sensors and actuators. These devices are often expected to operate over long periods in time in harsh RF environments, while periodically capturing environmental or industrial process data. Unfortunately, the current generation of industrial sensing solutions requires significant efforts in terms of development, installation, integration, and management to enable robust IoT systems at scale. Most users therefore struggle with this complexity and its associated costs, and consequently fail to maximize the return on their investment. Hence, in order to drastically reduce the total cost of ownership for industrial IoT scenarios, a solution is needed that combines easy integration of third-party sensing peripherals with existing applications, reliable, secure and ultra-low power networking, and online cloud services for collecting and storing sensor data.

This article describes the MicroPnP platform (Figure 1), the standards-compliant low-power Sensing-as-a-Service solution by VersaSense, which realizes true Plug-and-Play integration of sensing and actuation peripherals, scalable 24/7 monitoring and control of

devices across different sites, and secure end-to-end communication. In contrast to traditional industrial IoT solutions, MicroPnP adopts a radically different approach to eliminate development and management complexities and hence drastically lower the total cost of ownership of industrial IoT systems.

True plug-and-play integration of peripherals is realized by means of passive electrical components that

산업용 IoT 솔루션과 달리 MicroPnP는 전혀 다른 기법을 적용함으로써 개발 및 관리 작업의 복잡성을 제거하며, 이로 인해 산업용 IoT 시스템의 총 유지비용을 대대적으로 절감할 수 있다.

주변장치의 진정한 플러그-앤-플레이 통합이 가능한 것은, 새롭게 연결되는 센싱 또는 액추에이션 주변장치를 감지하고 식별하기 위한 효율적인 메커니즘으로 수동 전자 소자를 사용하기 때문이다. 또 한편으로 MicroPnP의 소프트웨어 스택은 보안적인 디바이스 커미셔닝, 자동 'over-the-air(무선)' 펌웨어 업데이트, 검출된 주변장치 데이터를 온라인 클라우드 서비스와 통합하기 위한 API를 제공한다. 또한 MicroPnP는 Linear Technology의 SmartMesh IP™를 채택함으로써 혹독한 RF 환경에서도 99.999% 이상의 네트워크 신뢰성을 달성하는 동급 최상의 무선 메시 네트워크 기술을 제공하며 십 년에 이르는 배터리 수명을 달성한다.

MicroPnP는 십여 년의 연구개발을 거쳐서 나오게 되었으며, IPSO 얼라이언스에서 주관하는 국제적인 경쟁 대회인 2015년도 IPSO 챌린지 대회에서 수상을 하였다. IPSO 얼라이언스에서는 차세대 스마트 오브젝트(Smart Object)를 구축하기 위한 용으로 공개 프로토콜 및 표준의 사용을 적극적으로 홍보 및 장려하고 있다(IP(Internet Protocol) 및 그에 연관된 IETF 프로토콜 등). 현재 MicroPnP는 전세계적으로 데이터 센터 모니터링, 가축 농장 경영, 석유 가스 모니터링 같은 다양한 산업 분야에 성공적으로 도입되고 있다.

MicroPnP 솔루션의 정의

MicroPnP는 IoT로 연결되는 임베디드 센싱 주변장치를 자동으로 감지 및 구성하고, 극히 우수한 무선 네트워크 신뢰성을 달성하고, 장기적인 배터리 수명을 달성하도록 일관된 하드웨어 및 소프트웨어 툴키트를 제공한다. MicroPnP는 다음과 같은 점에서 차별화된다:

- ① 구성을 할 필요 없이 플러그-앤-플레이로 주변장치 통합:
MicroPnP는 모든 연결되는 임베디드 센싱 및 액추에

are used as efficient mechanism to detect and identify newly connected sensing or actuation peripherals over time. MicroPnP's software stack, in turn, implements solutions for secure device commissioning, automatic over-the-air firmware updates and APIs for integrating sensed peripheral data with online cloud services. Finally, MicroPnP employs SmartMesh IPTM from Linear Technology, providing best-in-class wireless mesh networking technology, achieving over 99.999% network reliability even in harsh RF environments, while offering a decade of battery lifetime.

MicroPnP is the result of a decade of academic research and has been awarded in the 2015 international IPSO Challenge, an annual global competition organized by the IPSO alliance. The IPSO alliance actively promotes the use of open protocols and standards (e.g. the Internet Protocol (IP) and associated IETF protocols) for building the next generation of Smart Objects. Today, MicroPnP is being successfully applied in industry scenarios across the world, ranging from data center monitoring, precision livestock farming and monitoring in the oil and gas industry.

The MicroPnP Solution in a Nutshell

MicroPnP offers a coherent hardware and software toolkit that combines automated detection and configuration of embedded sensing peripherals into the IoT, with extreme wireless networking reliability and battery lifetime. Key differentiators include:

- ① Zero-configuration Plug-and-Play peripheral integration: MicroPnP automatically identifies all connected embedded sensing and actuation peripherals and installs their corresponding device driver software. The approach relies on low-power passive electrical components and identifying a

이선 주변장치를 자동으로 인식하고 해당되는 장치 드라이버 소프트웨어를 설치한다. 그러기 위해서 저전력 수동 전자 소자를 사용하며, 주변장치를 식별하기 위해서 USB나 FireWire 같은 기존 솔루션과 비교해서 1백만 배 더 적은 전력을 소모한다. 또한 이 기법은 매우 저렴하고 유연성이 뛰어나므로 기존의 IoT 센서나 액추에이터를 MicroPnP 가능 주변장치로 즉시 개조할 수 있다.

- ② **자동으로 소프트웨어 설치 및 유지관리:** MicroPnP 디바이스로 어떤 주변장치를 삽입하면 네트워크 게이트웨이로 모든 해당되는 장치 드라이버 소프트웨어를 자동으로 요청하고 ‘over-the-air(무선)’로 설치한다. 그러면 그 순간부터 곧바로 이 주변장치가 완벽하게 작동하며 최종 사용자가 원격적으로 상호작용을 할 수 있다. 또한 애플리케이션 개발자들을 수월하게 하는 점으로서, 네트워크 매니저가 RESTful API를 노출하고 모든 디바이스들로 질의를 하고 센서 데이터를 곧바로 클라우드로 보낸다.
- ③ **극히 신뢰성 뛰어난 메쉬 네트워킹과 극히 낮은 전력:** 네트워크 차원에서는 MicroPnP를 Linear Technology의 SmartMesh IP™ 임베디드 무선 메쉬 네트워킹과 통합한다. SmartMesh IP™ 는 IEEE 802.15.4e의 TSCH(time slotted channel hopping) 모드를 상업적으로 구현한 것으로서, 이 기술의 성능 및 메쉬 기법에다 IPv6의 사용 편의성을 결합하고 있다. RF 간섭, 멀티 패스 페이딩, 여타 환경 요인들이 존재하는 가운데서도 높은 데이터 신뢰성을 달성하도록 TSCH는 예약 기반 TDMA(time division multiple access) 기법과 채널 호핑을 결합하고 있다. 네트워크의 상태를 지속적으로 모니터링하고 모든 디바이스에 대해서 TSCH 스케줄을 최적화함으로써 MicroPnP 네트워크는 단일 AA 배터리 쌍을 사용해서 십 년에 이르는 수명 동안 자율적으로 작동할 수 있다.
- ④ **공개 표준 및 프로토콜을 사용함으로써 특정 벤더에게로 구속되지 않음:** 모든 디바이스 상의 MicroPnP 프로토콜 스택은 IEEE, IETF, IPSO 표준을 완벽하게 준수하므로 써드파티 솔루션으로 편리하게 통합할 수

peripheral consumes 1 million times less power than traditional solutions like USB or FireWire. Moreover, the approach is very cheap and flexible, allowing any existing IoT sensor or actuator to be immediately repackaged as a MicroPnP-peripheral.

- ② **Automatic software installation and maintenance:** Once a peripheral is plugged in into a MicroPnP device, all corresponding device driver software is automatically requested to the network gateway and subsequently installed over-the-air. From this moment on, the peripheral is fully functional and available for remote interaction by end-users. To further accommodate application developers, the network manager exposes RESTful APIs to query all devices and directly push sensor data into the cloud.
- ③ **Ultra-reliable mesh networking at extremely low power:** At the network level, MicroPnP integrates with Linear Technology’s SmartMesh IPTM embedded wireless mesh networking. SmartMesh IPTM is a commercial implementation of the Time slotted Channel Hopping (TSCH) mode of IEEE 802.15.4e, and combines its performance with meshing capabilities and the ease of use of IPv6. To ensure high data reliability in the face of RF interference, multi-path fading, and other environmental factors, TSCH combines a reservation-based Time Division Multiple Access (TDMA) scheme with channel hopping. By continuously monitoring the state of the network, and optimizing the TSCH schedule for every device, a MicroPnP network can run autonomously for a decade on a single pair of AA-batteries.
- ④ **Avoiding vendor lock-in through open standards and protocols:** the MicroPnP protocol stack on every device is fully compliant to IEEE, IETF and IPSO

있다. 링크 층 차원에서는 SmartMesh IP™ 가 IEEE 802.15.4e TSCH를 사용하는데, 전통적인 IPv6 가능 IoT “상위 스택”은 IETF-6LoWPAN, UDP, CoAP로 이루어진다. 또한 모든 MicroPnP 주변장치는 IPSO 데이터 모델을 사용해서 혼성적인 디바이스들과 써드파티 애플리케이션 사이의 상호운용성 문제를 해결한다. IPSO 데이터 모델은 URL 템플릿과 표준화된 데이터 타입 셋으로 이루어진 공통적인 오브젝트 모델(Object Model)을 정의하고 있으며, 애플리케이션 소프트웨어가 다른 디바이스들(다른 디바이스들 내의 소프트웨어 포함)과 유의미하게 상호작용할 수 있도록 한다.

- ⑤ 애플리케이션 개발 및 통합 수월: 소프트웨어 라이브러리 스위트를 제공하므로(JavaScript, Java, NodeJS로 제공), MicroPnP 가능 네트워크를 편리하게 구축할 수 있으며 최종 사용자 애플리케이션과 MicroPnP 디바이스 사이에 NAT(network address translation)에 대해서 견고한 접속을 구축할 수 있다. 이들 라이브러리를 모든 디바이스, 네트워크 게이트웨이, 클라우드 상의 MicroPnP 소프트웨어 스택과 곧바로 통합할 수 있으므로 누구든지 전체적인 IoT 시스템을 수분 이내에 구축할 수 있다.

standards, and therefore easily integrates with third-party solutions. At the link layer, SmartMesh IPTM uses IEEE 802.15.4e TSCH, while the traditional IPv6-ready IoT ‘upper stack’ is composed of IETF-6LoWPAN, UDP, and CoAP. In addition, every MicroPnP peripheral adopts the IPSO data model that tackles the interoperability problem between heterogeneous devices and third-party applications. The IPSO data model defines a common Object Model, consisting of a URL template and standardized set of data types that enables application software to meaningfully interact with devices, including software in other devices.

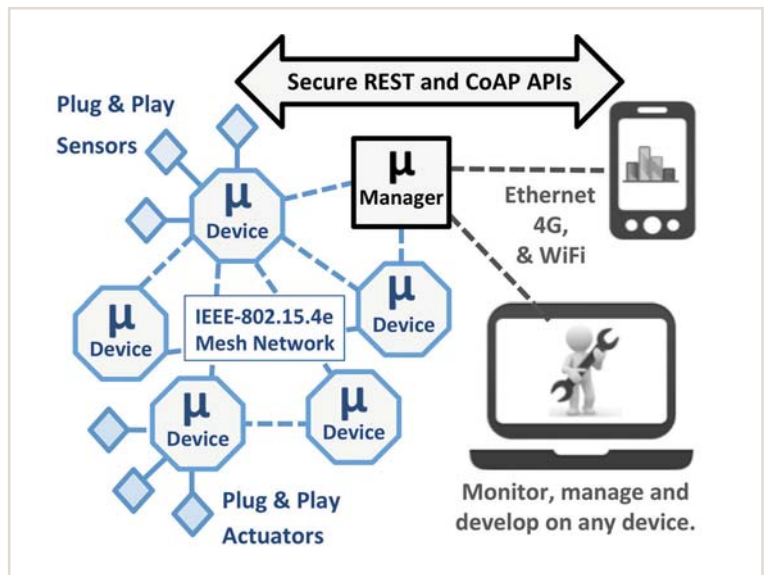
- ⑤ Effortless application development and integration: Finally, a suite of software libraries (available in JavaScript, Java, and NodeJS) provide programmatic access MicroPnP-enabled networks, while allowing for the establishment of NAT-proof connections between end-user applications and MicroPnP devices. As these libraries integrate directly with the MicroPnP software stack on every

실제 MicroPnP 모델

통상적으로 MicroPnP 디바이스들로 이루어진 네트워크를 설치하고 가동하기 위해서는 다음과 같이 해야 한다(그림 2):

- ① 센싱 및 액추에이션 주변장치 통합: 센싱 또는 액추에이션 주변장치를 삽입하면 MicroPnP 애플리케이션 보드가 자동으로 감지하고 디바이스 타입을 알아낸다. 그런 후에 클라우드 상의 관리 객체에게로 해당되는 드라이버를 요청한다.
- ② 주변장치 드라이버 설치 및 네트워크

그림 2. MicroPnP 모델



크 통합: 관리 객체가 드라이버 설치 요청을 받으면 요청한 장치로 자동으로 장치 드라이버를 다운로드하고 설치한다. 이를 마치면 이 주변장치를 네트워크 내에서 사용할 수 있게 된다.

- ③ 편리한 액세스 및 관리: 일련의 재사용 가능 소프트웨어 라이브러리를 제공하므로 개발 비용을 대폭적으로 절감할 수 있다. 이들 라이브러리는 원격 클라이언트와 개별 MicroPnP 디바이스 사이에 양방향 액세스를 제공한다. 이들 라이브러리를 사용함으로써 IoT 최종 사용자들이 빠르고 쉽게 애플리케이션을 구축할 수 있다.

기술상 수상 및 상용화 애플리케이션

MicroPnP는 2015년도 IPSO 챌린지 대회에서 3등을 차지하였다. 이 경쟁 대회는 IoT 애플리케이션 및 프로토타입에 대해서 혁신성, 폭넓은 응용성, 시장성, 사용 편의성 등을 심사해서 수상자를 선정한다. 2015년 12월에 실리콘 밸리에서 개최된 “Designers of Things” 컨퍼런스에서 10곳의 본선 진출 후보들이 프로토타입을 제출하고 업계 전문가들로 이루어진 심사위원단이 심사를 하였다.

IPSO 챌린지 대회에서 상을 수상하였을 뿐만 아니라, MicroPnP는 전세계적으로 가정용 에너지 프로파일링에

그림 3. 데이터 센터 최적화를 위한 에너지 관리



device, network gateway, and cloud element, they empower everyone to build complete IoT systems in minutes.

The MicroPnP Model in Practice

The typical model of installing and operating a network of MicroPnP devices is as follows (Figure 2):

- ① Integration of sensing and actuation peripherals: Once a sensing or actuation peripheral has been plugged in, the MicroPnP application board automatically detects and derives its type. Afterwards, it requests a suitable driver to the managing entity running in the cloud.
- ② Peripheral driver installation and network integration: Whenever the managing entity receives a driver installation request, it automatically downloads and installs the device driver on the requesting device. Upon completion, the peripheral is made available for use within the network.
- ③ Programmatic access and management: Finally, the set of reusable software libraries drastically eliminates development costs. These libraries provide

global bidirectional access between remote clients and individual MicroPnP devices. Using these libraries, IoT end-users are offered an easy, but powerful way to rapidly build applications.

Awards & Commercial Applications

MicroPnP was awarded third place in the IPSO Challenge 2015, which evaluated IoT applications

서부터 데이터 센터 최적화(그림 3), 산업용 설비(그림 4), 농장(그림 5)에 이르기까지 다양한 센싱 시나리오에 성공적으로 도입되고 있다. 예를 들어서 데이터 센터 같은 경우에는, 온도, 습도, AC 전력 모니터링 센서를 비롯한 다양한 플러그-앤-플레이 센서를 사용해서 주변 환경의 에너지 흐름을 상세하게 이해하고 전자 장비들의 전력 소모를 모니터링할 수 있으며, 플러그-앤-플레이 액추에이터를 사용해서는 전자 장비들을 자동으로 제어할 수 있다.

또한 MicroPnP 디바이스를 사용해서 기계와 공장 인프라를 모니터링할 수 있다(그림 4). 그럼으로써 어떠한 누출이나 비정상적인 기계 동작을 사전에 감지하고 실시간 경고를 할 수 있다. 이러한 현장에서 MicroPnP mesh 네트워크는 대규모 산업용 설비에 걸쳐서 신뢰성과 확장성이 극히 우수한 통신 매체를 제공하며 단일 배터리 쌍을 사용해서 최대 십 년까지 동작할 수 있다.

또한 MicroPnP는 꼼꼼한 가축 농장 경영을 위한 기능을 제공한다(그림 5). 플러그-앤-플레이 센서와 액추에이터를 사용해서 농장의 효율을 향상시킬 수 있다. 센서와 액추에이터를 수 분만에 설치할 수 있으며, 가축의 상태와 관련해서 사료 소모, 물 사용량, 온도, 습도, 공기 질, 불결함 같은 데이터를 실시간으로 제공할 수 있다.

and prototypes on their innovation, breadth of applicability, marketability, and ease of use. The ten semi-finalists presented their prototype for an industrial jury at the Designers of Things conference in Silicon Valley in December 2015.

Beyond the IPSO Challenge, MicroPnP is being deployed in various sensing scenarios worldwide that range from home energy profiling to data center optimization (Figure 3), industrial facilities (Figure 4), or even farms (Figure 5). For example, in a data center context, Plug-and-Play sensors, such as temperature, humidity, and AC power monitoring sensors, provide a detailed understanding of energy flows in the environment along with monitoring of appliance power consumption, while Plug-and-Play actuators allow for automatic control of appliances.

Next to energy management scenarios, MicroPnP devices are used to monitor machinery and associated factory infrastructure (Figure 4), providing detection and real-time alerts for leaks or irregular machine behavior. In this situation, the MicroPnP mesh network provides an extremely reliable and extensible communications medium that can extend to cover huge

그림 4. 설비 모니터링



그림 5. 꼼꼼한 가축 농장 경영에 MicroPnP 사용



맺음말

산업용 IoT 애플리케이션은 역동적인 환경에 사용 되는 것이 대부분이며 긴 수명 동안 신뢰하게 동작해야 한다. 기존 IoT 센싱 솔루션은 근원적인 복잡성과 그에 따른 비용 때문에 사용자들이 애를 먹고 있다. 이 글에서 살펴본 MicroPnP 플랫폼은 Linear Technology의 SmartMesh IP™ 임베디드 무선 메쉬 네트워킹을 기반으로 하고, 기존 솔루션과 전혀 다른 기법을 적용하고 있으며, 십여 년의 연구개발과 선도적인 무선 네트워킹 기술을 결합함으로써 구성 작업을 할 필요 없는 플랫폼을 제공한다.

산업용 센싱 및 제어 시스템으로 총 유지비용을 대폭적으로 절감할 수 있도록, MicroPnP는 구성 작업을 할 필요 없는 플러그-앤-플레이 센싱 및 액추에이션 주변 장치를 제공하며, 클라우드에서 관리를 할 수 있고 기존 시스템에서도 편리하게 통합할 수 있다. 또한 관리자들이 네트워크 가동 현황과 디바이스 상태를 실시간으로 확인할 수 있다. 또한 뛰어난 에너지 관리와 네트워킹을 결합함으로써 최대 10년에 이르는 배터리 수명, 99.999% 이상의 네트워크 신뢰성, 강력한 단-대-단 보안을 달성한다. 이러한 것들은 모두 산업용 IoT로 중요하게 요구되는 것이다. **SN**

industrial facilities, while operating for up to a decade on a single pair of batteries.

Finally, MicroPnP provides intelligence for precision livestock farming (Figure 5). Farm efficiency is enhanced through Plug-and-Play sensors and actuators that install in minutes to provide live, high-resolution data on animal conditions including: feed consumption, water use, temperature, humidity, air quality and pollution.

Summary

Applications for the Industrial Internet of Things are expected to be deployed in dynamic scenarios and operate reliably for long periods over time. However, most users struggle with the inherent complexities and costs of existing IoT sensing solutions. The MicroPnP platform based on Linear Technology's SmartMesh IPTM embedded wireless mesh networking presented in this article adopts a radically different approach to existing solutions and combines a decade of academic research with leading industry wireless networking technology to realize zero-configuration.

To drastically reduce the total cost of ownership for industrial sensing and control systems, MicroPnP offers zero-configuration plug-and-play sensing and actuation peripherals that can be managed from the cloud and that easily integrate with traditional systems. In addition, provides managers with a real-time overview of network operation and device status. Our best-in-class energy management and networking results in a 10-year battery life while retaining over 99.999% network reliability and strong end-to-end security as demanded by the industry. **SN**