

Low Power Wide Area Networks für das Gebäude

Low Power Wide Area Networks (LPWAN) sind Netzwerke, die vom Stromnetz unabhängig drahtlos Sensoren im Internet der Dinge vernetzen. Sie eröffnen auch im und um das Gebäude zahlreiche neue Einsatzmöglichkeiten, da sie in vielen Fällen die Erfassung von Zuständen vereinfachen. Text **Olivier Steiger, Simon Prior***

Die zunehmende Nachfrage nach mobilem Internetzugang sowie die aufkommende Kommunikation zwischen «intelligenten Gegenständen» haben zu verschiedenen Netzwerkstandards geführt, die eine drahtlose Datenkommunikation ermöglichen. Diese lassen sich gemäss der Reichweite sowie der zur Datenübertragung benötigten Energie (*Abbildung 1*) unterteilen. Die Mobiltelefonie-Netzwerke der 3. und 4. Generation (LTE) zeichnen sich durch grosse Reichweiten von einigen Kilometern bei einem hohen Datendurchsatz (bis 300 Mbit/s mit 4G+) aus. Entsprechend gross fällt auch der Energiebedarf aus. Mobilfunk-Netzwerke sind lizenzpflichtig und erfordern eine aufwendige Infrastruktur. Ebenfalls mit einer vergleichsweise hohen Energie arbeitet der WiFi-Standard, der vorwiegend zur Einrichtung von lokalen, drahtlosen Netzwerken (WLAN, englisch: Wireless Local Area Networks) eingesetzt wird. WiFi ist lizenzfrei und erreicht sehr hohe Datendurchsätze bis zu 1,3 Gbit/s (IEEE 802.11ac). Die Reichweite dagegen ist vergleichsweise gering und liegt selbst unter idealen Bedingungen bei zirka 100 Metern. Zudem ist die Durchdringung im Gebäudeinneren, zum Beispiel zwischen einzelnen Stockwerken, relativ schlecht.

Neben Netzwerken mit hohem Datendurchsatz sind zunehmend Netze gefragt, über die sich Endgeräte unabhängig von einer lokalen Stromversorgung miteinander verbinden lassen. Solche Netzwerke werden insbesondere benötigt, um batteriebetriebene und autarke Geräte wie Sensoren zu verbinden. Bereits weitverbreitet eingesetzt

werden die Bluetooth- und Zigbee-Standards. In der Gebäude- und Heimautomation kommen auch zunehmend Z-Wave und EnOcean zum Einsatz. Insbesondere EnOcean besitzt einen extrem niedrigen Energieverbrauch und eignet sich dadurch besonders für Geräte, die ihre Energie selber mittels Energy Harvesting (wörtlich übersetzt: Energie-Ernten) gewinnen. Ein Beispiel dafür sind Lichtschalter, welche die zur Datenübertragung notwendige elektrische Energie direkt aus der mechanischen Energie der Schalterbetätigung beziehen. Während der Energieverbrauch bei Bluetooth, ZigBee, Z-Wave und EnOcean gering ausfällt, geht dieser zulasten des Datendurchsatzes. Er liegt bei gewissen Standards nur bei einigen Kilobit pro Sekunde, zudem ist die Reichweite der genannten Standards mit einigen Metern gering.

Die eingangs erwähnten Netzwerke sind energieintensiv und haben grosse Datenübertragungsraten (mobile Telefonie, WiFi). Umgekehrt geht die höhere Energieeffizienz zu Lasten der Reichweite und der Datenübertragungsraten (Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, EnOcean). Um den besonderen Anforderungen des Internets der Dinge (englisch: Internet of Things, IoT) gerecht zu werden, bedarf es nun einer weiteren Kategorie von Netzwerken: solche mit grosser Reichweite bei gleichzeitig geringem Energieverbrauch. Diese Low Power Wide Area Networks (LPWAN) werden benötigt, um Geräte unabhängig von der Steckdose batteriebetrieben zu vernetzen, z.B. Fahrzeuge, bewegliche Objekte oder Sensoren. Swisscom nennt ihr auf dem offenen LoRa-Standard basierendes Netz Low Power Network (LPN). Solche Netzwerke weisen eine hohe Reichweite auf, die derjenigen der mobilen Telefonie entspricht, besitzen aber einen um Grössenordnungen geringeren Energieverbrauch. Der geringe Energieverbrauch geht hier hauptsächlich zu Lasten des Datendurchsatzes. Dieser beträgt in gewissen

Fällen nur noch einige Bits pro Sekunde, genügt jedoch vollends, um Zählerwerte, Status- oder Sensordaten zu übermitteln. Datenintensive Anwendungen wie Videos und Echtzeit-Anwendungen (Regelungen) sind damit jedoch ausgeschlossen. Die bei LPN verwendete Modulation bietet ein höheres Linkbudget, das sich positiv auf die Reichweite und den Empfang in Gebäuden auswirkt. In Pilottests von Swisscom mit LPN waren erfolgreiche Übermittlungen auch in physikalisch schwierigen Umgebungen möglich, wie z.B. Kellergeschosse oder fahrende Züge. In den nächsten Jahren wird eine signifikante Zunahme der über LPN angeschlossenen Geräte erwartet (*Abbildung 2*).

Low Power Wide Area Networks in der Übersicht

Obwohl LPWAN eine junge Technologie ist, die ersten Netze wurden in den 2010er-Jahren eingeführt, befindet sich eine ganze Reihe von Standards in der Entwicklung oder wurde bereits umgesetzt. Beispiele dafür sind LoRa-WAN, Sigfox, RPMA (Random Phase Multiple Access), Narrow-Band IoT, LTE Cat-M, WiFi HaLow, Dash 7 Alliance Protocol sowie nWave. Verschiedene Standards sind in der Regel nicht untereinander kompatibel.

Die Hauptmerkmale von vier wichtigen Low Power Wide Area Networks sind in der Tabelle 1 zusammengefasst. Während das Narrow-Band IoT der 3GPP-Allianz auf existierenden Mobiltelefonie-Standards aufbaut, sind LoRa, Sigfox und RPMA eigenständig, d.h. unabhängig von existierenden Netzwerken. Zudem benutzen LoRa, Sigfox und RPMA die lizenzfreien ISM-Frequenzbereiche. Die Reichweite aller Technologien ist mit derjenigen der Mobiltelefonie vergleichbar. Die Datenrate ist jeweils sehr gering. Zur Veranschaulichung: Um eine A4-Schreibmaschinenseite mit einer Datenrate von 0.1 kBit/s zu übertragen, wer-

*Olivier Steiger ist Dozent für Gebäudeautomation und forscht am Zentrum für Integrale Gebäudetechnik (ZIG) an der Hochschule Luzern – Technik & Architektur.

Simon Prior ist Business Development Manager IoT / M2M bei der Swisscom.

den sechs Minuten benötigt; die Übertragung einer Fotografie (iPhone 6, hohe Auflösung) mit dieser Geschwindigkeit dauert bereits 5 Stunden.

Anwendungen im Gebäude

In geschlossenen Gebäuden können Low Power Networks beispielsweise zu Monitoring-Zwecken eingesetzt werden. So lässt sich die Temperatur, Feuchte, Luftqualität, Tageslicht und Präsenz von Personen sowie der Energieverbrauch von Geräten überwachen. Dazu werden entsprechende Sensoren mit einem LPWAN-Transceiver ausgestattet. Im Vergleich zu kabelgebundenen Lösungen, wie zur Einbindung der Sensoren ins Gebäude-LAN, lässt sich der Installationsaufwand signifikant verringern. Zudem ist die LPN-Lösung unabhängig von lokalen Netzwerken (LAN, WLAN). Dadurch wird die direkte Fernwartung durch den Monitoring-Anbieter erleichtert, weil für das lokale Netzwerk kein Zugang für den Fernzugriff gewährt werden muss.

Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Gebäudesicherheit, insbesondere die Einbruchsicherung. Auch hier ist die Unabhängigkeit von lokalen Netzwerken von Vorteil, weil die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von letzteren nicht immer optimal ist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass aufgrund des niedrigen Energiebedarfs die ans LPWAN angebotenen Geräte mit Batterien betrieben werden können. Dies erhöht die Verfügbarkeit bei Netzausfällen und vereinfacht die Installation.

Denkbar ist weiter die Fernablesung von Strom-, Wasser-, Gas- und Wärmehählern. Durch den Einsatz von LPWAN lässt sich die Installation kabelgebundener Netzwerke (LAN) in Kellerräumen dank der ▶

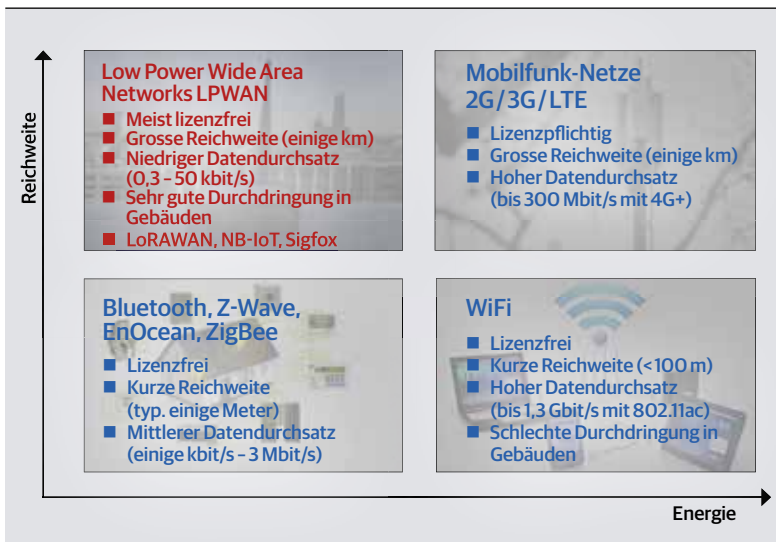


Abbildung 1: Die gängigsten drahtlosen Netzwerke zur Datenkommunikation lassen sich eingliedern gemäss der Reichweite sowie der zur Datenübertragung benötigten elektrischen Energie.

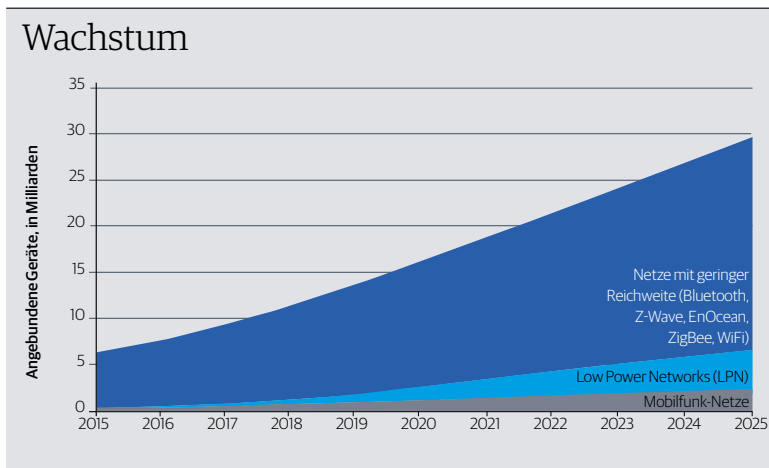


Abbildung 2: Erwartete Entwicklung verschiedener Netzwerk-Typen zur drahtlosen Datenkommunikation.

	LoRa [®]	SIGFOX One network. A million devices.	RPMA INGENU simply genius	NB-IoT 3GPP A GLOBAL STANDARD
Einführung	2015	2012	2015	2017 (voraussichtlich)
Lizenzfrei	Ja (ISM)	Ja (ISM)	Ja (ISM)	Nein (GSM/LTE)
Datenrate	0,3 - 50 dbit/s	0,1 kbit/s	0,01 - 8 kbit/s	TBD (voraussichtlich max. 100 - 200 kbit/s)
Reichweite	Land: 10 - 15 km Stadt: 3 - 5 km	Land: 30 - 50 km Stadt: 3 - 10 km	- 15 km	TBD
Lizenzierungssystem	Open Source	Proprietär	Proprietär	Open Source

Quellen Centenaro et al. «Long-Range Communications in Unlicensed Bands: the Rising Stars in the IoT and Smart City Scenarios.» arXiv. 1510.00620 (2015)
ReTHINK «Low power networks hold the key to IoT» Rethink Technologies Research Ltd (2015)
www.digi.com/blog/iot/lpwan-technology-comparison/

Tabelle 1: Wichtige Low Power Networks in der Übersicht.

► hohen Übermittlungstoleranz von LPN (Linkbudget) vermeiden. Andere drahtlose Lösungen, z.B. WiFi oder Bluetooth, können hier in der Regel nicht eingesetzt werden, weil diese nicht bis in die Kellerräume durchdringen.

Anwendungen am Gebäude

An den Gebäudefassaden und auf dem Dach sind verschiedene Anwendungen denkbar, eine Möglichkeit ist die Fernüberwachung von Photovoltaikanlagen. Dabei werden die Trübung, Kurzschlüsse und der Ausfall von einzelnen Modulen überwacht. Dadurch lässt sich die Ausfallrate reduzieren und dementsprechend die Leistung der Anlage konstant halten. Durch den Einsatz von LPWAN-Sensoren erübrigt sich eine weitere Verdrahtung zur Anlage sowie die Einbindung ins LAN, was jeweils mit einem Konfigurationsaufwand verbunden ist. Umgekehrt kann mittels LPWAN die PV-Anlage direkt und ohne weitere Intervention der Nutzer überwacht werden, beispielsweise durch ein Serviceunternehmen.

Eine weitere Anwendung ist die Erfassung von lokalen Umweltbedingungen, wie der Sonneneinstrahlung und Bewölkung,

zur energetischen Optimierung des Gebäudebetriebs. Lokale Umweltbedingungen haben einen starken Einfluss auf die Behaglichkeit im Gebäude (Temperatur, Feuchte, Tageslicht, Blendung). Indem diese möglichst genau erfasst und vorausgesagt werden, können die gebäudetechnischen Anlagen (Licht, Jalousien, HLK) energieoptimal eingestellt werden. Zur Erfassung der Umweltbedingungen sind Sensoren in der unmittelbaren Umgebung des Gebäudes angebracht und über LPWAN mit der Gebäudeautomation verbunden. Hier ist wiederum keine Verdrahtung (LAN) zu den Sensoren erforderlich, wodurch Kosten eingespart werden. WLAN kann in der Regel nicht eingesetzt werden, weil der Empfang ausserhalb von Gebäuden üblicherweise schlecht oder inexistent ist.

Eine dritte wohl etwas futuristische Möglichkeit ist die Alterungsüberwachung von Gebäuden. Dazu werden kostengünstige und autarke Sensoren direkt in die Bausubstanz, unters Dach und in Dichtungen eingebaut, wo sie Undichtigkeiten, Feuchtigkeitsschäden, Kurzschlüsse usw. detektieren. Eine Lösung mit LPWAN erlaubt bei Energieversorgung mittels Energy Harvesting (Ausnutzung von Temperaturdifferen-

zen, Vibrationen zur Erzeugung von Strom) oder langlebiger Batterien den festen Verbau der Sensorik in die Bausubstanz. Hier muss noch abgeklärt werden, ob die Durchdringung des LPWAN-Signals durch Baukomponenten genügend ist.

Anwendungen im Areal

Weitere Möglichkeiten bietet die Nutzung von Low Power Wide Area Networks im Areal, also in der weiteren Umgebung von Gebäuden. Ein oft zitiertes Beispiel ist Smart Parking^[1], womit Fahrzeuge zu freien Parkplätzen gelotst werden und die Parkzeit automatisch abgerechnet wird. Mit LPN ist keine lokale Infrastruktur erforderlich (z.B. WiFi-Netz, RFID Portale). Zudem kann der Zugang zum System über ganze Städte, Regionen oder gar Länder hinweg einheitlich gestaltet werden. Ebenfalls von Vorteil ist, dass das System unter der alleinigen Obhut des Betreibers steht und so Datenschutz und Zuverlässigkeit gewährleistet sind. Smart Parking Lösungen sind auch über mobile Telefonnetze (3G, LTE) realisierbar, verursachen aber in der Regel höhere Kosten.

Darüber hinaus erweitern LPWAN im Areal die Möglichkeiten der nutzergeführ-

ten Gebäudeautomation. Indem die Nutzer schon während ihrer Anreise erfasst werden, z.B. über einen via LPWAN kommunizierenden ID-Tag, wird das Gebäude entsprechend mit der richtigen Raumtemperatur, dem Lichtszenario usw. vorbereitet. Zu klären bleiben allerdings Fragen bezüglich der Privatsphäre.

Anwendungen im Bau

Schliesslich sind Anwendungen von LPWAN auch im Bau denkbar. Diebstahlsicherungen können verwirklicht werden, indem Fahrzeuge, Werkzeuge und Baumaterial, z.B. Kabeltrommeln, mit Funk-Tags versehen werden. Diese übermitteln periodisch ein Signal und werden über Triangulation bzw. aufgrund der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Funkzelle geortet. Der Vorteil von LPWAN ist, dass die Ortung im Gegensatz zu RFID-Tags auch ausserhalb der Baustelle möglich ist. Dadurch sind Manipulationen wie die Umgehung oder Zerstörung von Funkempfängern schwierig.

Analog zur Diebstahlsicherung kann die Ortung von Fahrzeugen und Baukomponenten auch im Baustellenmanagement und zur Qualitätssicherung eingesetzt werden.

Dabei wird beispielsweise überprüft, ob Baumaterial an den richtigen Stellen eingebaut wird. Einschränkend wirkt sich hier möglicherweise die absolute Genauigkeit der Ortung innerhalb einer Baustelle aus, die mit der verwendeten Technik schwierig sein dürfte.

Ein neues Netz für das Internet der Dinge

Swisscom baut derzeit ein schweizweites Low Power Network auf, das auf dem offene LoRa-WAN-Standard basiert. Es ergänzt bisherige Machine-to-Machine-Anwendungen über das Mobilfunknetz. Machine-to-Machine beschreibt Geräte, Dinge oder Maschinen, die autonom miteinander kommunizieren. Das neue Netz nutzt ein lizenzfreies Band und punktet, dank einer hohen Toleranz in der Übertragung, mit einer verhältnismässig hohen Reichweite und niedrigem Energieaufwand. Eine Empfangsstation mit Internetanbindung oder SIM-Karte in einem Gebäude reicht, um sämtliche Sensoren einzubinden, die dann laufend Gebäudeparameter wie Temperatur, Feuchtigkeit, Helligkeit, Luftqualität und vieles mehr erfassen. Die über dieses Netz verbundenen Sensoren brauchen weder eine fest instal-

lierte Stromversorgung noch eine Erschliessung mittels einer Busleitung.

Mit dem Low Power Wide Area Network wird es sich künftig lohnen, weitere Geräte und auch Gebäude im Bestand nachzurüsten. Dabei muss es sich nicht zwingend um grosse Zweckbauten handeln. Die Anwendungen sind auch für Wohnliegenschaften geeignet. Zudem können noch viel mehr Infrastrukturgeräte und Installationen vernetzt werden, um diese vorausschauend zu warten und zu betreiben. Ein Temperaturabfall in einem Boiler könnte beispielsweise dank eines Sensors bemerkt werden, bevor es die Mieter realisieren. So ist es möglich, wesentlich mehr individuelle Energiebezüge zu messen und zu analysieren. Eine Verwaltung kann dadurch Wärmebezüge auf den Tag genau abrechnen. In der Summe bedeuten mehr Gebäudeparameter auch mehr Einflussmöglichkeiten, um ein Gebäude effizient zu bewirtschaften. ■

Literatur

^[1] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, «Internet of Things for Smart Cities,» IEEE Internet Things J., vol. 1, no. 1, pp. 22-32, Feb. 2014.