

Low Power Wide Area Zugangstechnologien

Narrowband-IoT, LTE-M und LoRaWAN: eine einführende Technologieübersicht

Konnektivität, respektive die Anbindung von «Dingen» ans Internet, ist die elementare Grundvoraussetzung, um die stetig und schnell wachsende Anzahl zu vernetzender «Dinge» überhaupt miteinander verbinden zu können. Das «Ding», unabhängig von seiner Art, kommuniziert in Zukunft vorwiegend über Funkzugangstechnologien wie z.B. LoRaWAN, Narrowband-IoT und LTE-M oder über komplementäre draht- und nicht drahtgebundene Technologien. Neben den bestehenden und bekannten Mobilfunktechnologien der zweiten, dritten und vierten Generation sind im 3GPP Release 13 mit Narrowband-IoT und

LTE-M erstmals zwei zellulare «Low Power Wide Area» Zugangstechnologien speziell für IoT-Anwendungen definiert worden. Technisch gesehen sind beide Technologien der Low Power Wide Area (LPWA) Familie zugehörig sowie auch das Swisscom Low Power Network aus dem unlicenzierten Mobilfunkspektrum. Alle drei sind sehr energieeffizient. Die unterschiedlichen Merkmale der Technologien können im Detail der Tabellenübersicht entnommen werden.



Narrowband-IoT (NB-IoT)

Narrowband-IoT verfügt über eine sehr gute Abdeckung mit hoher Gebäudedurchdringungskapazität. NB-IoT eignet sich vor allem für statische Anwendungen mit kleinen Datenmengen und ohne spezielle Anforderungen, die sich an empfangstechnisch «schwierigen» Lokalitäten wie in Kellern, tief unter der Erde oder aber auch in ländlichen und abgelegenen Gebieten befinden.



LTE-M

LTE-M bietet im Gegensatz zu den anderen beiden «Low Power Wide Area»-Technologien eine grössere Skalierbarkeit bei den Datenraten sowie auch optional die Voice Funktionalität. Ausserdem stellt LTE-M die volle Mobilität und Mobilfunkzellen Handover (für nicht statische Anwendungen) sicher und ist daher gut geeignet für IoT-Anwendungen im Automotive- und Transportbereich.



Swisscom Low Power Network (LPN)

Bei LPN handelt es sich um ein extrem energieeffizientes komplementäres Netzwerk, welches auf dem offenen Internet LoRaWAN Industriestandard lora-alliance.org basiert. LoRa nutzt, im Gegensatz zu Narrowband-IoT und LTE-M, ein unlicenziertes Frequenz-Spektrum und ist seit 2016 schweizweit nutzbar. Lokale Netzerweiterungen sind zudem sehr kostengünstig realisierbar.

Technologie	LPN (LoRa)	NB-IoT	LTE-M (LTE Cat.M1)	LTE (Cat.1)	2G (M2M)
Kurzbeschreibung	Das Low Power Network ist ein ergänzendes Datafunknetz für die besonderen Bedürfnisse IoT-basierter Anwendungen, die nur ein geringes Datenvolumen benötigen	Narrowband-IoT ist eine spezielle Erweiterung des LTE Netzes welche für sehr grosse Massen und Dichte an Endgeräte mit geringer Bandbreite geeignet ist.	LTE-M ist eine Erweiterung des LTE Netzes welche sich für qualitäts-sensitive Anwendungen im IoT Bereich eignet. LTE-M unterstützt auch Mobility und Voice.	Die niedrigste Gerätekategorie im bestehenden LTE Netz ist aufgrund der relativ niedrigen Datenrate relativ gut für IoT Anwendungen geeignet.	Mobilfunktechnologie der zweiten Generation, welche aufgrund der geringen Datenraten & grossen internationalen Verbreitung gut für IoT geeignet war. Wird in 2020 abgestellt.
Funkaccess-Technologie	Funknetz basierend auf der offenen LoRa-WAN Spezifikation.	Zellulares Mobilfunknetz im lizenzierten Frequenzspektrum			
Latenz		4G, 3GPP Rel. 13		4G, 3GPP Rel. 8	2G, ETSI Rel. 99
Geeignet für die folgenden IoT Anwendungsbereiche	Massive IoT <ul style="list-style-type: none"> > Smart Utilities; Gas-, Wasser- & Strom-Zähler, Smart Metering > Smart Cities; Verkehrsleitsysteme, Smart Parking, Müllcontainer Mgt, intelligente Ampeln, Laternen, etc. > Smart Buildings; Rauchmelder, Alarmanlagen, fernbediente Heizung, Rollläden, Klimaanlage > Konsumenten; Wearables, Kinder- & Senioren Tracking > Transport & Logistik; Flottenmanagement, Waren Tracking > Landwirtschaft; Wetter- & Pflanzenwachstumsüberwachung, Weidevieh Tracking > Industrie 4.0; Prozess-Überwachung & -Steuerung, O&M, Überwachung Heizung, Lüftung & Klimatechnik 		Critical IoT <ul style="list-style-type: none"> > Strassenverkehrssicherheit; Verkehrsüberwachung, Verkehrssteuerung, automatischer Notruf > Gesundheit; Gesundheitsüberwachung, ferngesteuerte Operationen > Industrielle Produktion; zeitkritisch und datenintensive Kooperation, Produktionssteuerung und Auswertung > Selbstfahrende Fahrzeuge; Fahrzeug zu Fahrzeug-, Fahrzeug zu Objekten- &, Fahrzeug zu Kontrollzentrum-Kommunikation > Sicherheits- und Überwachungsanwendungen; Videoüberwachungen, Objektüberwachungen > Öffentliche Sicherheit; Polizei, Militär Kommunikation, Fernüberwachungen, Steuerung von Robotern, Video von Drohnen > Luftfahrt und Zugsteuerungen; Drohnen, Hubschrauber, Flugüberwachung, Luftraumsicherung > Zugsteuerung; selbstfahrende Züge, U-Bahnen, Tram, Signalalarm, Kollisionsschutz > Smart Control; Digitale Zähler mit zusätzlicher Netz-Steuerungsfunktion, Smart Grid Mgt. 		

Übersicht wichtigste Eigenschaften

Datenrate	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Reichweite	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Energieeffizienz	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Sprache	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Modulkosten	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Verfügbarkeit	Seit 2016	Ab Q4 2018	Ab Q4 2018	Seit 2014	Bis Ende 2020
Sicherheit	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
Mobilität	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Roaming	international sobald verfügbar	international sobald verfügbar	International verfügbar ¹⁾	international (über 500 Netze)	international (über 500 Netze) ²⁾
Diverses	Günstige lokale Erweiterungen	Erweiterte Indoor Abdeckung			

- 1) Bei allen LTE Roaming-Netzen welche LTE-M einführen ist diese Funkaccesstechnologie für Swisscom Kunden auch verfügbar. Siehe auch unter folgendem Link abgefragt werden: <https://www.gsma.com/iot/deployment-map/>
- 2) Auch wenn Swisscom in der Schweiz 2G ab Ende 2020 nicht mehr unterstützt, funktionieren normalerweise in allen 2G Roaming Partner Netzwerken der Swisscom die 2G-only Devices weiterhin.

Disclaimer: Die Angaben bei Datenrate, Reichweite und Energieeffizienz sind einerseits von der Konfiguration der Kundenapplikation wie aber auch von den Funkbedingungen abhängig. Sämtliche von Swisscom angebotenen Funktechnologien basieren im Zugangsbereich auf «best effort». Bitte beachten Sie zudem, dass unter anderem die Topographie, das Terrain, die Beschaffenheit von Gebäudehüllen, die vorhandene Mobilfunk-Infrastruktur, sowie die Anzahl Nutzer die jeweilige Verfügbarkeit und Qualität der Dienste beeinflussen können. Die angegebenen Werte der Funkabdeckung basieren auf einer von verschiedensten Faktoren abhängigen Modellberechnung. In der Realität kann die Abdeckung von diesen Werten abweichen. Für eine exakte Beurteilung der Versorgung braucht es eine vor Ort Abklärung.

Detaillierte Übersicht Eigenschaften und Leistungsmerkmale Netz

Technologie	LPN (LoRa)	NB-IoT	LTE- M (LTE Cat.M1)	LTE (Cat.1)	2G (M2M)
Frequenzband	SRD Band B ³⁾ 868 MHz nicht lizenziiert	LTE Band 20 800 MHz lizenziert ⁴⁾	LTE Band 20 800 MHz lizenziert ⁴⁾	LTE Band 1, 3 + 20 800/1800+2100 MHz lizenziiert	GSM Band 8 900 MHz lizenziiert
Datenraten	DL 1.7 – 5.4 kBit/s UL 0.3 – 5.4 kBit/s	DL 0.4 - 30 kBit/s UL 0.1 - 60 kBit/s	DL & UL 0,1 kBit/s - 1 MBit/s	DL 10.3 MBit/s UL 5.2 MBit/s	GPRS 172 kBit/s EDGE 473 kBit/s
max. Pfadverlust (MCL)	159 dB	164 dB	155 dB	140 dB	144 dB
max. Coverage Schweiz ⁵⁾					
Outdoor	96.7 %	99.9 % ⁷⁾	99.9 % ⁷⁾	99.5%	99%
Indoor	87.6 % ⁶⁾	99.7 % ⁷⁾	99.6 % ⁷⁾	90.5%	89%
Coverage Enhancement ⁸⁾	Chirp Spread Spectrum	> max.128 / 2048 Retransmissions > PSD / UL single- tone/ multi-tone transmission	> Coverage Enhance- ment A & B > max.256 - 2048 Retransmissions > Frequencyhopping	> Rx Diversity > Frequency diversity gain	keine
Empfangsantenne UE	Kein MIMO aber Rx Diversity	Kein MIMO, keine Rx Diversity	Kein MIMO, keine Rx Diversity	Kein MIMO aber Rx Diversity	Kein MIMO, keine Rx Diversity
max. Batterie- laufzeit ⁹⁾	bis zu 10 Jahren	bis zu 10 Jahren	max. 5 – 10 Jahre	Tage	Tage
Sprachtelefonie	Nein	Nein	Ja, VoLTE (Packet Switched)	Ja, VoLTE (Packet Switched)	Ja, GSM (Circuit Switched)
Realtime Anwendung	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Latenz	1 - 10s	1.4 - 10s	~10 - 200ms	~10 - 100ms	~700ms
Duplex- übertragung ¹⁰⁾	Half-Duplex	Half-Duplex FDD only	Full-Duplex FDD & TDD	Full & Half-Duplex FDD & TDD	
max. Gerätedichte		> 10'000 Geräte pro Funkzelle		≤ 1000 Geräte pro Funkzelle	> 300 Geräte pro Funkzelle

3) SRD (Short Range Devices) Band ist ein Frequenzbereich für Geräte mit geringer Sendeleistung (Low power device) auch Jedermann-Funkanwendungen benannt für die Sprach- und der Datenübertragung. Europaweit kann die 868 MHz Frequenz lizenzfrei genutzt werden. Diese wird auch für die folgenden IoT Standards genutzt; LoRa, Weigthless P und Sigfox EU

4) In Liechtenstein wird ab Q1 2019 auf dem Swisscom Netz LTE-M sowie auch NB-IoT nur auf dem Frequenzband 3 / 1800 MHz in Betrieb genommen.

5) Diese Werte basieren auf einer von verschiedensten Faktoren abhängigen Modellberechnung. In der Realität kann die Abdeckung von diesen Werten abweichen. Für eine exakte Beurteilung der Versorgung braucht es eine vor Ort Abklärung.

6) Bei LPN können Kunden lokale indoor Abdeckungserweiterungen ohne Internetaccess bereits ab CHF 890.00 realisieren (Hardware, Netz-, Gateway Konfiguration und 3G/4G Backhauling für 48 Monate)

7) In urbanen Räumen und Outdoor sind die Technologien vergleichbar. Indoor und bei weit von Sendemasten abgelegenen Orten hat NB-IoT eine vergleichsweise bessere Abdeckung.

8) Die folgenden Reichweiten steigernden (Coverage Enhancement) Funktionen haben zur Folge, dass die Datenrate sinkt:
- PSD, die zur Verfügung stehende Energie des UEs wird auf eine geringere Bandbreite konzentriert
- Coverage Enhancement Mode mit entsprechenden Anzahlen von Retransmission
- Robustere Modulation; bei LTE-M werden nur 16QAM & QPSK und bei NB-IoT nur Q

9) Die Lebensdauer der Batterie wird von den folgenden Faktoren beeinflusst;
dem Zyklus der Datenübertragung (eDRX/PSM), der Menge der in jedem Zyklus übertragenen Daten, den Funkbedingungen respektive die Anzahl benötigter Retransmission, der Parametrisierung von PSM und eDRx im Netzwerk sowie der Qualität/Selbstentladung der Batterien

10) Duplex-Übertragungsverfahren FDD = Frequency Division Duplex & TDD = Time Division Duplex

Detaillierte Übersicht Eigenschaften und Leistungsmerkmale Netz

Technologie	LPN (LoRa)	NB-IoT	LTE- M (LTE Cat.M1)	LTE (Cat.1)	2G (M2M)
Standard Stromsparfunktion (DRX) ¹¹⁾	n/a	10.24s	2.56s	2.56s	2.56s
Erweiterte Stromsparfunktion (PSM)	Spezifische Geräteklassen & ADR ¹²⁾	eDRX ¹³⁾ max. 10.485,76s (ca. 2,9h)	eDRX ¹³⁾ max. 2.621,44s (~44 Min)	n/a	n/a
		¹⁴⁾ PSM / periodic TAU timer max. 413,3 Tage + ¹⁵⁾ HLCom			
Mobilität	Broadcast	Cell reselection	Handover (connected mode) & cell reselection (idle mode)		

Unterstützte Netzwerkfeatures

Technologie	LPN (LoRa)	NB-IoT	LTE- M (LTE Cat.M1)	LTE (Cat.1)	2G (M2M)
Coverage Enhancement	n/a	Ja ¹⁶⁾	Ja ¹⁶⁾	Nein	Ja
eDRX	n/a	Ja ¹⁷⁾	Ja ¹⁷⁾	Nein	Ja
PSM / periodic TAU timer	Broadcast /ADR	Ja ¹⁸⁾	Ja ¹⁸⁾	Ja ¹⁸⁾	Nein
HLCOM	Nein	nicht vorgesehen ¹⁹⁾	nicht vorgesehen ¹⁹⁾	Ja	Nein
Network Positioning	In Evaluation	Ab Q 1 2020	Ab Q 1 2020	Ab Q 1 2020	
PSD boosting im downlink	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein
Multicast	Ab Q 1 2019	Ab Q 1 2020	Ab Q 1 2020	Nein	nein
Voice/VoLTE	Nein	Nein	Ja ab Q3 2019	Ja ab Q3 2019	Nein
SMS	Nein	Ja ²⁰⁾	Ja	Ja	Ja

- 11) Discontinuous Reception steht für das Abschalten des Empfängers in Perioden, in denen nichts oder wenig zu übertragen ansteht. Dies betrifft besonders Zeiten, in denen das UE im Idle Mode ist.
- 12) Mit ADR = adaptive data rate sowie durch den Einsatz der geeigneten Geräteklasse, kann energieeffizient gearbeitet werden. Die LPN Endgeräte-Klassen sind:
- Bei Klasse A Endgeräte folgen jeder Uplink Übertragung zwei kurze Downlink-Empfangsfenster
 - Bei Klasse B Geräten öffnen sich zusätzlich zu den zufälligen Empfangsfenstern der Klasse A zu festgelegten Zeiten zusätzliche Empfangsfenster
 - Klasse C Geräte haben fast ununterbrochen ein geöffnetes Empfangsfenster. Diese werden nur bei Übertragung geschlossen
- 13) eDRX liefert zusätzliche Energie-Einsparungen. Es dehnt einerseits die maximale DRX Zyklus Länge im connected mode von von 2.56s auf 5.12s & 10.24s aus. Zudem wird im idle mode der Energiebedarf durch lange Schlafperioden T(eDRX) zwischen dem Page-Monitoring der UEs zusätzlich gesenkt:
- bei LTE-M (Cat. M1) n x 10.24s bis max. 2'621.44s (ca. 43.7 min)
 - bei NB-IoT n x 10.24s bis max. 10'485.76s (ca. 2.9h)
- 14) Power Saving Mode / periodic tracking area update; PSM/ periodic TAU timer; in Tiefschlafphasen des PSM-Betriebs verbraucht das UE noch weniger Energie als während des DRX-Betriebs. Dafür ist das UE nicht mehr erreichbar. Es ist aber weiterhin im Netzwerk registriert. Das UE verbleibt solange im PSM-Betrieb bis vom Mobilgerät aus eine Transaktion wie z.B. ein weiterer TAU oder eine Datenübertragung ausgelöst wird. PSM ist anwendbar für Cat-0, Cat-M1 und Cat-NB1 UEs. Der TAU-Timer beträgt in Rel. 8-12 maximal 11.520 s und in Rel 13 maximal 413,3 Tage.
- 15) High Latency Communication. Daten, welche an das Endgerät geschickt werden während dieses im Schlafmodus (Schlafperioden oder Tiefschlafphasen) ist, werden vom Netz zwischengespeichert und dem Endgerät zugestellt, sobald sich dieses wieder im Netz anmeldet.
- 16) Coverage Enhancement: Für NB-IoT läuft Single Tone Transmission Mode und Multitone Transmission Mode ist in der Test Phase und wird frühestens ab Q3 verfügbar sein. Für LTE-M ist Mode A verfügbar, und für Mode B wird geprüft, ob die Funktion im Netz unterstützt werden soll.
- 17) eDRX: Für NB-IoT und LTE-M ist eDRX verfügbar und ist zur Zeit in der Testphase.
- 18) PSM: Für NB-IoT, LTE M und LTE Cat. 1 ist Power Saving Mode verfügbar und ist zur Zeit in der Testphase.
- 19) Für NB-IoT und LTE-M wird geprüft, ob diese Funktion im Netz integriert werden soll.
- 20) Zur Zeit wird geprüft, ob NB-IoT die Funktion SMS im Swisscom Netz unterstützt werden soll.

Sicherheit

Technologie	LPN (LoRa)	NB-IoT	LTE- M (LTE Cat.M1)	LTE (Cat.1)	2G (M2M)
Subscriber Identity ²¹⁾	Optionale HSM möglich	USIM ²²⁾	USIM ²²⁾	USIM ²²⁾	SIM 5
Schutz der Identität	Geräte ID	Geräte- & Teilnehmer ID ²³⁾			
Authentifizierung	Funkmodul & Netz	Funkmodul & Netz	Funkmodul & Netz	Funkmodul & Netz	Funkmodule
Verschlüsselung	128 Bit encryption	128 Bit encryption	128 Bit encryption	128 Bit encryption	64 Bit encryption
Integritätscheck	Teilnehmer- & Netzseitig	Teilnehmer- & Netzseitig	Teilnehmer- & Netzseitig	Teilnehmer- & Netzseitig	Teilnehmerseitig

Geräte und -eigenschaften

Technologie	LPN (LoRa)	NB-IoT	LTE- M (LTE Cat.M1)	LTE (Cat.1)	2G (M2M)
Geräteklassen	Klasse A/ Batteriespeisung Klasse B / Batteriespeisung Klasse C / Netzspeisung ²⁴⁾	NB IoT Cat.1 NB IoT Cat.2	LTE-M Cat. M1 LTE-M Cat. M2	LTE Cat. 0 LTE Cat. 1	GPRS only EDGE or GPRS EDGE and/or GPRS
Power Class	14dBm / 25 mW	23dBm / 200 mW 20dBm / 100 mW ²⁵⁾	23dBm / 200 mW 20dBm / 100 mW	23dBm / 200 mW	23dBm / 200 mW
max. Datenraten	n/a	NB IoT Cat.1 30/60 kBit/s NB IoT Cat.2 120/150 kBit/s	LTE-M Cat. M1 1MBit/s LTE-M Cat. M2 2.4 MBit/s	LTE Cat. 0 1 MBit/s LTE Cat. 1 10 – 5 MBit/s	HSDCD 115 kBit/s GPRS 172 kBit/s EDGE 473 kBit/s
Empfangsantennen	Rx Diversity	Kein MIMO, keine Rx Diversity	Kein MIMO, keine Rx Diversity	Kein MIMO aber Rx Diversity	Kein MIMO, keine Rx Diversity
Firmware upgrade OTA (over the air)	In Evaluation	Ja	Ja	Ja	Ja

21) Hersteller können ihre Devices optional als HSM (Hardware Security Module) produzieren, um eine effiziente und sichere Ausführung kryptographischer Operationen oder Applikationen sicherzustellen. (eine Frage des Preises).

22) NB-IoT und LTE-M sind im Vergleich zu 2G extrem sicher.

- USIM Karte bietet mehr Sicherheit, erweiterten Möglichkeiten für Useranwendungen sowie mehr Speicherplatz als die alte 2G SIM Karte. Zudem ist sie nicht klonbar.

- Im 4G Netz findet eine gegenseitige Überprüfung der Authentizität zwischen LTE Netzwerk und Funkmodul statt. In 2G wird nur das Funkmodul authentifiziert

- Im 4G Netz werden Signalisierungs- und Nutzdaten zwischen Netz und Funkmodul mit einem 128Bit Algorithmus verschlüsselt und auf Integrität überprüft. In 2G wird nur mit einem 64Bit Algorithmus verschlüsselt

23) Zum Schutz der Teilnehmeridentität (IMSI) wird während der unverschlüsselten Phase im Verbindungsaufbau - ausser beim ersten Verbindungsaufbau in einem Netz - immer eine temporäre IMSI verwendet. Die Geräteidentität (IMEI) nur verschlüsselt übertragen

24) Kurzbeschreibung der LPN Endgeräte-Klassen

- Bei Klasse A Endgeräte folgen jeder Uplink Übertragung zwei kurze Downlink-Empfangsfenster

- Bei Klasse B Geräten öffnen sich zusätzlich zu den zufälligen Empfangsfenstern der Klasse A zu festgelegten Zeiten zusätzliche Empfangsfenster

- Klasse C Geräte haben fast ununterbrochen ein geöffnetes Fenster. Diese werden nur bei Übertragung geschlossen

25) Bei NB-IoT werden ab Release 14 auch Geräteklassen mit nur 14dBm / 25 mW zur Verfügung stehen