



GSM-, UMTS- und LTE-Funkmodule für industrielle Applikationen:

## Die Qual der Wahl

Anwendungsfelder wie das Internet der Dinge, IoT, Smart Home und Industrie 4.0 sollen den Unternehmen im industriellen Umfeld künftig signifikante Umsatzsteigerungen beschern. Doch welche Langstrecken-Funkmodule passen überhaupt zu der vom Systementwickler geplanten Applikation?

Vor einem ersten Schritt gilt es, verschiedene Aspekte richtig zu bewerten: Sei es die geplante Datenrate, die Langlebigkeit der Steuerung, das zur Verfügung stehende Power Management oder der Formfaktor des Moduls. Ebenso gilt es zu beurteilen, ob dabei die gelötete Variante oder die MiniPCIe Card bzw. die M.2 Card sinnvoller ist.

Die lötfähigen Module verfügen wegen des LGA-Layout über eine höhere mechanische Festigkeit auf der Platine als die Einschubkarten. Als Folge sind solche in Oberflächenmontage-Technik produzierten Derivate in industriellen und Automotive-Applikationen zu bevorzugen. MiniPCIe-Karten haben ihren Namen nach dem gewählten Formfaktor, denn sie werden vom Host

über die USB-Schnittstelle angesprochen. Ähnliches gilt für die M.2-Karten, deren Formfaktor von Intel definiert wurde.

Die erwähnten Kartenformate werden gerne eingesetzt, um eine flexible Bestückungsvariante der Applikation zu ermöglichen. Dabei hängt die Wahl von der Entscheidung des Endkunden ab, der klären muss, ob er diese Kommunikationsmodule mit dem jeweiligen Mehrpreis in der Applikation benötigt oder nicht.

Die Wahl des Kartenformats bietet jedoch keine Gewährleistung, dass ein Modul, welches vom Hersteller abgekündigt wird, auch mit dem eventuellen Nachfolger oder einem Derivat einer anderen Technologie austauschbar wäre. Sobald solche Grenzfälle eintreten

und andere Module als die in der Gerätezertifizierung der Applikation angegebenen zum Einsatz kommen, ist in der Regel eine neue Abnahme des Endgerätes erforderlich. Zudem sollten eventuell nötig werdende Software-Anpassungen sowie Änderungen im Power Management bedacht werden.

Da die verschiedenen Derivate über unterschiedliche Länder- und Providert Zertifizierungen verfügen, gilt es, sich im Vorfeld im Klaren darüber zu werden, in welchen Regionen die Applikation eingesetzt werden soll. Außerdem sind die jeweiligen Regularien, die festlegen, ob eine Vollzertifizierung der Applikation oder nur das Delta vom zertifizierten Modul zur Applikation vonnöten ist, zu beachten.

Die folgenden Anhaltspunkte jedenfalls können zur Entscheidungsfindung der richtigen Technologie in der jeweiligen Applikation beitragen.

### Bewertung der zur Verfügung stehenden Standards

GSM (Global System for Mobile Communications, siehe Tabelle) ist mit einer Datenrate von maximal 86 kbit/s im

Downlink und 43 kbit/s im Uplink der etablierte Standard für industrielle Applikationen. Wegen der geringen Datenraten und der Befürchtung, dass die Technologie nicht zukunftsträchtig sein könnte, ist diese für neue Generationen nicht mehr unbedingt geeignet.

Da es noch zu viele Security- und Automotive-Applikationen im Feld gibt, werden die GSM-Zellen zwar nicht abgeschaltet – aber auch keine neuen Zellen mehr eingerichtet. Dies ist ein ganz klares Statement der Betreiber, sich verstärkt neuen Standards zu widmen.

Die Abschaltung der Zellen ist in ca. zehn Jahren, also bis 2026, geplant. Ob diese dann auch tatsächlich durchgeführt wird oder nicht, hängt unter anderem damit zusammen, welche Applikationen sich zu diesem Zeitpunkt noch im Feld befinden.

Beim Standard EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) indes handelt es sich um eine Erhöhung der Datenrate, welche durch die Einführung eines neuen Modulationsverfahrens realisiert wurde. Mit EDGE ist ein Durchsatz von 476 kbit/s möglich. Letztendlich basiert dieser Standard jedoch auf dem GSM/GPRS-Funknetz und ist damit ebenfalls von der möglichen Abschaltung betroffen.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) schließlich ist als Zwischenschritt zu LTE zu sehen. Diese Technologie wäre aufgrund ihrer Bandbreite und der mittlerweile sehr günstigen Modulpreise und nicht zuletzt wegen der Rückwärtskompatibilität zu GSM/GPRS die richtige Wahl. Es kursiert allerdings auch hier das Gerücht, dass diese Technologie dem LTE (Long Term Evolution) weichen wird.

LTE-Zellen werden derzeit im Gegensatz zu UMTS-Zellen gerade in Ballungsgebieten immer mehr eingesetzt. Die Vergabe der Lizenzrechte, die für jeweils zehn Jahre gelten (seit 2015), liefern einen gewissen Anhaltspunkt dafür, wie lange manche Standards mindestens noch zur Verfügung stehen werden.

In der engeren Wahl sind also die Alternativen GSM/GPRS für Applikationen, die in den nächsten zwei Jahren auf den Markt kommen, oder aber konsequenterweise LTE-Module. Die erste Alternati-

ve ist sehr günstig, in der Industrie schon akzeptiert – aber wie bereits beschrieben nicht zukunftsträchtig für einen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren.

Die LTE-Technologie hingegen scheint die zukunftsträchtigste Lösung zu sein. Jedoch ist sie ohne Fallback nicht kompatibel mit GSM/GPRS oder UMTS. Die Verbreitung in ländlichen Regionen ist zudem noch sehr gering, und die Modul-Preise liegen derzeit noch bis Faktor 8 über denen von GSM-Modulen.

Verfügbare Derivate mit einer Datenrate bis 21 Mbit/s im Download und 4,7 Mbit/s im Upload reichen heute oftmals aus. Der Nutzer muss lediglich entscheiden, ob der Schwerpunkt auf die Download- oder die Upload-Geschwindigkeit gelegt werden soll. Bei sicherheitstechnischen Applikationen, bei Messeinrichtungen oder Industriesteuerungen ist der Upload die elementare Größe.

In der Vergangenheit wurden nur einige Bit – zum Beispiel bei der Übertragung von Temperatur oder faktischen Zuständen – übertragen und so reichte ein Upload bis 42,8 kbit/s vollkommen aus. In der Zukunft hingegen sind deutlich höhere Datenraten vonnöten, die bei LTE mit 300 Mbit/s im Download und 50 Mbit/s im Upload ausreichend zur Verfügung stehen.

Da gerade bei IoT-Anwendungen eine rege Kommunikation zwischen der Cloud und der Industriesteuerung stattfinden muss und somit der Datendurchsatz ein Vielfaches betragen wird, geht der Weg zukünftig wohl in die Richtung von LTE, auch weil Firmware Updates z.B. immer komplexer werden und bei den vielseitigen Möglichkeiten der Steuerungen im industriellen Umfeld immer breitbandigere Technologien gefragt sind.

Diese Ansicht vertreten viele Kunden während des diesjährigen Wireless Congress in Barcelona, bei dem ein Unternehmen bereits Messgeräte für die 5. Generation vorstellte.

### Abwärts-Kompatibilität ist weiterhin gefragt

Die Anforderungen, die an geeignete Übertragungsmodule gestellt werden, sind zum einen die Kommunikation mit Geräten der älteren Generation via GPRS und zum anderen die Verfügbarkeit freier Ressourcen bei der Funkübertragung. Außerdem muss sichergestellt sein, dass die technische Lösung Software-seitig ausgebaut werden kann und zwar, ohne dass das komplexe Hardware Design verändert werden muss. Ein weiteres Argument für das Fallback zu GSM/GPRS, EDGE und UMTS ist vor allem die Erreichbarkeit der Steuerung im Feld.

In Anbetracht der Tatsache, dass gerade in den ländlichen Gebieten der Ausbau der LTE-Topologie zum jetzigen Zeitpunkt teilweise noch nicht flächendeckend realisiert ist, empfiehlt es sich, LTE-Module mit diesem Fallback einzusetzen.

Nur so ist gewährleistet, dass die Industriesteuerung überall – heute und in den nächsten fünf Jahren – verfügbar sein wird; jedenfalls solange, bis die LTE-Infrastruktur die erwähnten Landstriche erreicht haben wird.

Die Module der Serie L8XX des Herstellers Fibocom (Bild 1) verfügen über die Rückwärtskompatibilität bis hin zu GSM/GPRS und verfügen mit einer Download-Datenrate bis 300 Mbit/s über ausreichend Potenzial, um auch den zukünftigen Anforderungen einer Applikation gerecht zu werden.



Bild 1.  
Module der Fibocom-Serie L8XX gewährleisten Rückwärtskompatibilität bis hin zu GSM/GPRS.

(alle Bilder: Endrich Bauelemente Vertrieb)

den – ohne das Hardware-Design anpassen zu müssen.

### Sicherheitsaspekt Endgeräte-Erreichbarkeit

Als letzter Aspekt stellt sich die Frage, ob Endgeräte-Erreichbarkeit auch bei Ausfällen der Netzwerktopologie gewährleistet werden kann. Dies war zum Beispiel Anfang März 2016 ein Problem, als das Vodafone-Netz in großen Gebieten Deutschlands ausgefallen war. Damit man bei solchen Fällen entsprechend gerüstet ist, bietet es sich an, dass man in den Applikationen eine Redundanz der Netzwerke vorsieht.

Veranschaulichen lässt sich das anhand zweier Fallballspiele, bei denen die Redundanz bereits im Layout berücksichtigt wurde: Im ersten Fall befindet sich die Steuerung in einem Gebäude und hat Zugang zu einem Ethernet-Anschluss; Priorität 1 fällt hier der

Ethernet-Karte zu. Sollte der Kommunikations-Host der Steuerung hier nun kein Feedback erhalten, so wird eine LTE-Karte hoch-gefahren. Sobald das Ethernet wieder zur Verfügung steht, fährt die LTE-Karte herunter und das System kommuniziert wieder über Ethernet.

Im zweiten Fall befindet sich die Steuerung im freien Feld, wo kein Ethernet-Zugang zur Verfügung steht. Hier wird ein Multiplexing des SIM-Karteneingangs des Moduls mit zwei SIM-Karten vorgenommen, welche von verschiedenen Providern stammen. Dies kann wie in Bild 2 gezeigt realisiert werden.

Um wirkliche Redundanz sicherstellen zu können, empfiehlt es sich heute, zwei Module der verschiedenen Technologien – zum Beispiel UMTS und LTE mit je einer SIM-Karte von unterschiedlichen Providern – einzusetzen. Mit dieser Lösung kann sichergestellt wer-

den, dass Unterbrechungen, die durch den Ausfall von Frequenzbändern oder beim Ausfall einer kompletten Zelle entstehen, umgangen werden. Dies ist allerdings die kostenintensivste Lösung. Erfahrungsgemäß wird daher das Multiplexing der SIM-Karten bevorzugt implementiert.

### Schrittweise Implementierung der Module

Hinsichtlich der Hardware-Anbindung verhalten sich LTE-Module anders als eventuell bereits implementierte GSM/GPRS-Derivate. Während bei letzteren die Kontaktierung zum Host-Mikrocontroller via UART realisiert wird, empfiehlt es sich bei LTE-Modulen, die USB-Schnittstelle des Applikations-Host zu nutzen. Vor allem lässt sich so vermeiden, dass ein Flaschenhals bei der Datenübertragung vom Applikations-Mikrocontroller zum LTE-Modul entsteht. Die Grundlagen der 50-Ω-Stegleitung zur Antenne sowie die Tatsache, dass die Datenleitung vom LTE-Modul zum SIM-Halter maximal 100 mm betragen darf, gilt für beide Derivate im selben Maße.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Dimensionierung des Power Management. Hier empfiehlt es sich, an den Vorgaben der Modulhersteller festzuhalten, die hierzu in entsprechenden Applikationsschriften verbindliche Festlegungen definiert haben.

Wird das Power Management des Moduls knapp – also entsprechend den unteren Anforderungen der Hersteller – dimensioniert, so kann das Modul während der Zellakquise mit einem Strombedarf bis zu 1,8 A den Akku des Gerätes leeren. Diese Gefahr besteht vor allem in Regionen, die über eine schlechte Netzabdeckung verfügen. Hier dauert die Zellakquise erfahrungsgemäß deutlich länger.

Im hochfrequenten Teil des Hardware Layout ist darauf zu achten, dass alle Ground Pads mit der Leiterbahn verbunden werden. Es ist empfehlenswert, eine Vier-Schichten-Platine zu verwenden und darauf zu achten, dass schnelle DC/DC-Umsetzer, Schaltregler und eventuell weitere Funktechnologien wie Bluetooth- oder WLAN-Module möglichst weit entfernt vom LTE-Modul platziert werden.

Beim Schreiben der Software unterscheiden sich für die LTE-, GPRS- und

Generation	Übertragungstechnik	Übertragungsverfahren	Bandbreite bei Downloads
1G	AMPS	analog, leitungsvermittelt	...
2G	GSM	digital, leitungsvermittelt	9,6 kbit/s
2.5G	HSCSD	digital, leitungsvermittelt	57,6 kbit/s
2.5G	GPRS	digital, paketvermittelt	115 kbit/s
2.75G	EDGE	digital, paketvermittelt	236 kbit/s
3G	UMTS	digital, paketvermittelt	384 kbit/s
3.5G	HSPA	digital, paketvermittelt	14,4 Mbit/s
4G	LTE	digital, paketvermittelt	150 Mbit/s
4G	LTE Advanced (LTE-A)	digital, paketvermittelt	300 bis 600 Mbit/s
4.5G	LTE Advanced Pro (LTE-AP)	digital, paketvermittelt	1 Gbit/s

Übersicht der aktuell verwendeten Kommunikationsstandards

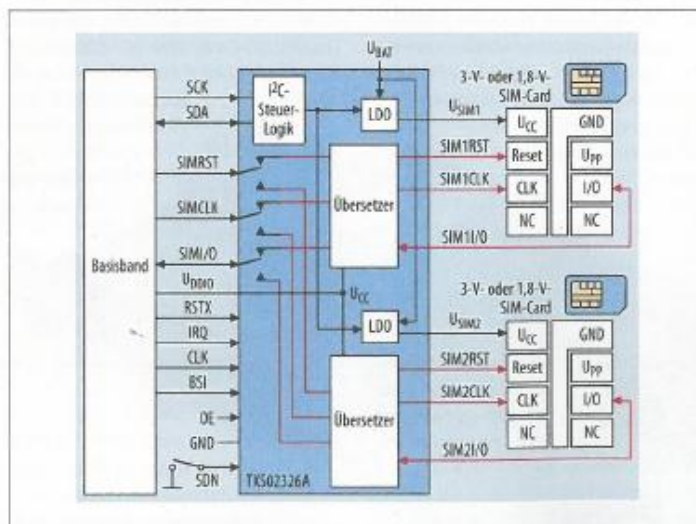


Bild 2. Ein Designbeispiel dafür, wie man eine Redundanz der Netzwerke sicherstellen kann.

UMTS-Standards die applikationsbezogenen A-Kommandos – während die Standard-Kommandos – beispielsweise Netzwerkparameter (AT+MCELL), Signalstärke (AT+CSQ) oder die Provider-Information (AT+COPS) – in der Regel identisch sind.

Prinzipiell ist es empfehlenswert, sich vor dem Beginn der Software-Entwicklung über die am besten geeignete Entwicklungsumgebung Gedanken zu machen. Dieser Aufwand im Vorfeld erweist sich in der Relation zu der Zeiteinsparung, die der Entwickler hiermit erreichen kann, als sehr lohnend.

Im ersten Schritt wird die Verbindung zwischen PC und der Entwicklungsumgebung (dem Motherboard) mittels RS-232-Schnittstelle, also einem Sub-D9-Stecker, aufgebaut. Auf diese Art werden Fehler durch eventuelle Inkompatibilität von USB-Treibern vermieden. Manche LTE-Module sind bei der Kontaktierung via UART per Default so eingestellt, dass sie in den Sleep-Modus gehen; zumindest dann, wenn nicht innerhalb der Zeitspanne von ca. 5 s ein Befehl vom UART gesendet wird. Diese Voreinstellung lässt sich mit einem AT-Kommando, das die Einstellungen im E<sup>2</sup>PROM des Moduls festlegt, abändern. Aktiv wird die Änderung allerdings erst mit dem nächsten Restart des Moduls.

Als Software Tool empfehlen sich Terminalprogramme – beispielsweise Hyperterminal oder TeraTerm. Vor allem Hyperterminal ermöglicht eine sehr gute Überwachung des Datenflusses von und zur Entwicklungsumgebung über die „Send and Enter“-Funktion.

TeraTerm wiederum ist vom Handling her einfacher. Wenn man die richtige Baudrate (bei LTE-Modulen 115.200 Baud) und den korrekten seriellen ComPort gewählt hat, steht den ersten Versuchen nichts mehr im Wege. Ein kleiner Nachteil des TeraTerm besteht darin, dass das Programm den numerischen 10er-Block der Tastatur nicht erkennt.

Nachdem die ersten Schritte erfolgreich absolviert wurden, empfiehlt sich die Installation der jeweiligen USB-Treiber des Moduls, um applikationsnah die Software entwickeln zu können. Anschließend wird die SIM-Karte vom Motherboard der Entwicklungsumgebung in deren Tochterkarte mit dem Modul gesteckt. Wichtig ist, dass das externe Steckernetzteil, welches wäh-

rend der ersten Schritte die Entwicklungsumgebung mit Spannung versorgt hat, getrennt wird. Nun wird das Daughterboard via Micro-USB-2.0- oder USB-3.0-Stecker kontaktiert. Über die USB-Schnittstelle erfolgt auch die Spannungsversorgung des Board.

Erst jetzt kann das Modul – entsprechend den Vorgaben des AT-Guide – wieder mit einem Terminalprogramm angesprochen werden. Im nächsten Schritt geht es darum, das Tochterboard von der Mutterplatine zu trennen und direkt – via vorhandene Jumper-Steckplätze – mit der Applikation zu verbinden. Auf diese Weise lässt sich bei eventuell auftretenden Fehlfunktionen sicherstellen, dass der Hardware-Design-Schritt keinen Fehler in sich birgt und die Applikations-Software überarbeitet werden muss. Eine weitere Lösung zum Test der Applikations-Software besteht darin, den Versuchsaufbau mit der Hyperterminal-Software oder mit Programmen wie Microsoft Visual Studio zu testen.

Im letzten Schritt wird das Hardware Layout mit dem Modul für den Prototyp des Gerätes erstellt. Dieses kann – falls gewünscht – an den Distributor Endrich gesendet werden. Hier wird es vorab vom zuständigen Applikationsingenieur überprüft und anschließend an die Firma Fibocom weitergeleitet. Deren Supportteam wird das Layout bei Bedarf optimieren. Selbstverständlich kann vor dieser Maßnahme mit Endrich ein NDA vereinbart werden, damit die Qualitäts- und Sicherheitsregeln des Kunden gewahrt bleiben. *go*



**Stefan Koltes**

Ist bei Endrich seit 2013 Produktmanager/FAE für Antennen und intelligente Funkmodule zuständig. Davor war er bei verschiedenen Distributoren unter anderem als Vertriebsspezialist für Funktechnologien tätig. Mit letzteren hat er bereits seit 2002 reichlich Erfahrungen gesammelt. [s.koltes@endrich.com](mailto:s.koltes@endrich.com)