

# RF-Mesh-Kommunikation made by iCiti

## FCMS – Full Duplex Communication Mesh System

Die Idee, Vollduplex-Sender/Empfänger und Protokollstrukturierung zu kombinieren, bedeutet, dass eine viel höhere Anzahl von Repeatern/Verstärkern in der Sende-/Empfangskette verwendet werden kann, da nur die Latenz beeinflusst wird, die Bandbreite aber stabil bleibt. Eine Entfernung von typischerweise 100 m und eine Reduktion auf bis zu 30 m ist kein Problem, solange die Latenz/Zeitverzögerung in der Anlage unter einer Sekunde bleibt. Wenn absolute Synchronität erforderlich ist, kann dies über die GPS-Zeit erreicht werden, und die Daten könnten durch Hinzufügen eines Ausführungszeitstempels verbessert werden.

## Produktportfolio RF-Mesh

- Intelligente Leuchtencontroller iZHAGA, iNEMA, iLC-RS, iPC-RS
- Intelligente Edge-Controller iDC-SOC
- Infrastrukturzubehör

## Typische Anwendungen

Management von Beleuchtung und Smart City-Applikationen für

- Straßen und Parkplätze
- Haltestellen und Bahnhöfe
- Firmengelände und Lagerhallen
- Sportanlagen



Edge-Controller iDC



iARM - RF-Mesh



iZHAGA - RF-Mesh



iNEMA - RF-Mesh



iLC/iPC-RS - RF-Mesh



## Ein bisschen Philosophie zur Einführung

Kabel sind dafür bekannt, dass sie hohe Datenrate und eine robuste Kommunikation mit elektrischer oder optischer Datenübertragung ermöglichen. Sie müssen jedoch von Anfang an geplant und installiert werden, da eine nachträgliche Installation in der Regel mit enormen Kosten verbunden ist. Die drahtlose Datenübertragung hingegen bietet ein Höchstmaß an Flexibilität, hat aber eine begrenzte Verfügbarkeit, da ein Frequenzbereich nicht doppelt genutzt werden kann, sowie eine geringere Robustheit und Sicherheit mit sich bringt. Außerhalb der Welt der professionell verwalteten Frequenzbereiche ist die Kommunikation in den sogenannten lizenzfreien ISM-Frequenzbändern nur durch ein strenges Regelwerk möglich. Sendeleistung und Dauer definieren die mögliche Datenübertragung.

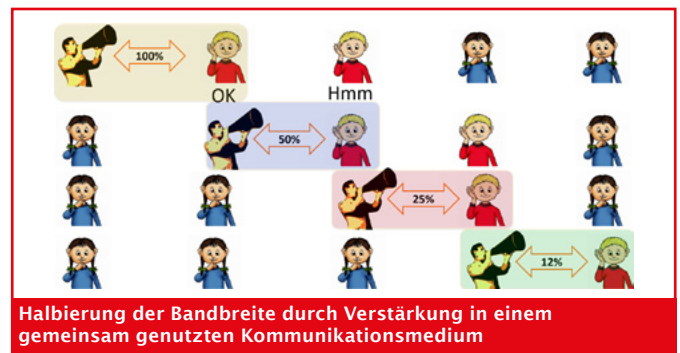
In Europa sind die zulässigen Sendeleistungen in den ISM-Bändern viel niedriger angesetzt als in den USA oder in Fernost. Dies ist nicht immer ein Nachteil, da die Reichweite geringer ist und damit die Verfügbarkeit des Übertragungskanal an benachbarten Standorten wahrscheinlicher ist. Die Folge ist jedoch, dass man je nach Anwendung sehr unterschiedliche Konzepte für eine adäquate Datenübertragung benötigt. Sogenannte Low Power Wide Area Networks (LPWANs wie z. B. LoRa®) ermöglichen die drahtlose Kommunikation über große Distanzen, allerdings nur mit geringen Bandbreiten/Datenraten. Für komplexere Anwendungen reichen diese Datenraten nicht aus, und eine stabile Kommunikation kann nur durch eine großzügige Überlappung der Versorgungsgebiete erreicht werden.

Entscheidungsträger müssen zu Beginn einer Entwicklung eine genaue Liste der Anforderungen für eine Technologieauswahl erstellen, um eine Fehlinvestition in Zeit und Geld zu vermeiden. LPWANs mit einer Datenbandbreite von wenigen kBit/s sind für Messaufgaben immer ausreichend, da diese selten zeitkritisch sind. Werden die Aufgaben jedoch komplexer oder ist schwer absehbar, was die zukünftigen Anwendungen an Datendurchsatz benötigen, sollte die Planung mehr Flexibilität für langfristige Investitionen zulassen. Die anfänglichen Produktkosten sind in der Regel nur einen kleiner Teil der Projektlebenszeitkosten. Die Kosten für Installation, Wartung/Lizenzierung, Ersatz oder Second Source sowie die Integration weiterer Applikationen sollten als Kriterien in der Entscheidungsfindung eine Rolle spielen.



## Vollduplex-Kommunikation zur Lösung des Problems der Bandbreitenverringering

Wenn die Anforderungen an die Datenraten steigen, werden die erreichbaren Übertragungsdistanzen aufgrund der geringeren Empfindlichkeit der Empfänger kleiner. Diesem Umstand wird in der Regel dadurch begegnet, dass mehrere Verstärker in der Signalkette installiert werden, um die erforderliche Kommunikation über die Entfernung zu erreichen. Da das drahtlose Spektrum ein gemeinsam genutztes Medium ist, kann immer nur ein Sender aktiv sein, was bedeutet, dass jeder Verstärker in der Kette der Übertragungsstrecken die verfügbare Bandbreite halbiert. Wenn der erste Sender sendet, müssen alle anderen zuhören. Wenn das Datenpaket zum ersten Mal verstärkt wird, muss logischerweise auch der ursprüngliche Sender seine Kommunikation einstellen, weil der Kanal durch die Verstärkung belegt ist. Dies bedeutet, dass die Bandbreite zum ersten Mal halbiert wird. Eine weitere Halbierung der Bandbreite erfolgt bei jeder weiteren Verstärkung. In dem folgenden Beispiel mit 3 Verstärkern sind nur noch 12,5 % der ursprünglichen Bandbreite verfügbar.



Bekannte MESH-Systeme wie ZigBee und Thread werden für Steuerungsanwendungen eingesetzt und haben mit dieser Schwierigkeit zu kämpfen. Um dieses Kommunikationsproblem zu lösen, brauchen wir eine Lösung, bei der sich die Verstärker nicht gegenseitig stören. Bei einer herkömmlichen Hardware-Installation könnte man ein Kabel hinzufügen, um zusätzliche Informationen parallel zu übertragen. Bei der drahtlosen Kommunikation besteht das Äquivalent darin, zusätzliche Daten über eine andere Frequenz zu übertragen. Typische Geräte für die drahtlose Kommunikation sind nur mit einem Sender-Empfänger ausgestattet und teilen sich den Übertragungskanal, da sie nur empfangen oder senden können. Wenn jedoch ein zusätzlicher Transceiver hinzugefügt wird, kann er Daten auf einem Kanal empfangen und gleichzeitig auf einem anderen Kanal senden. Dies wird als **Voll-Duplex-Kommunikation** bezeichnet.

## Verwaltung der Netzwerkkommunikation

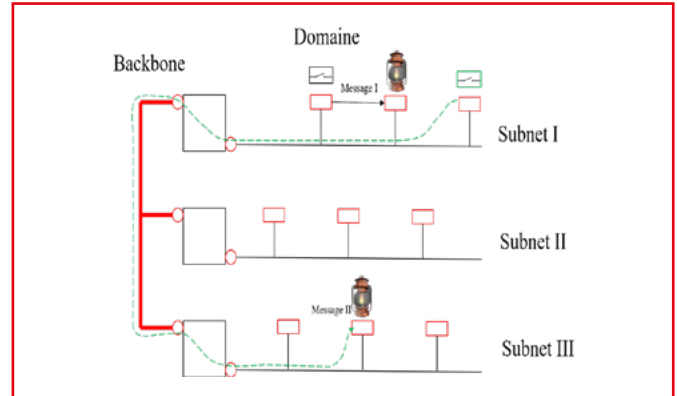
Unterschiedlichste Anforderungen haben zur Entwicklung von verschiedenen Kommunikationsprotokollen geführt. Schlanke Protokolle haben kaum Overhead, sind schnell und effizient, aber nur auf einen begrenzten Anwendungsbereich zugeschnitten. Andere, wie zum Beispiel das IP-Protokoll, sind so universell ausgelegt, dass es praktisch keine Einschränkungen gibt, aber einen hohen Overhead mit sich bringen. Das in den 1990er Jahren entwickelte LON-Protokoll bietet eine geeignete Kombination aus Effizienz (wenig Overhead), universeller Einsetzbarkeit, Routingfähigkeit und verschiedenen Diensten. Alles, was notwendig ist, ist vorhanden und wird auch durch eine EN / ANSI-Norm abgedeckt, so dass es offen und für jedermann zugänglich ist. Beim Vergleich der IP- und LON-Protokolle gibt es viele begrüßenswerte Gemeinsamkeiten, aber bestimmte nicht lebenswichtige Merkmale wurden aus Gründen der Effizienz weggelassen.

Das LON®-Protokoll verfügt über die folgenden wichtigen Funktionen:

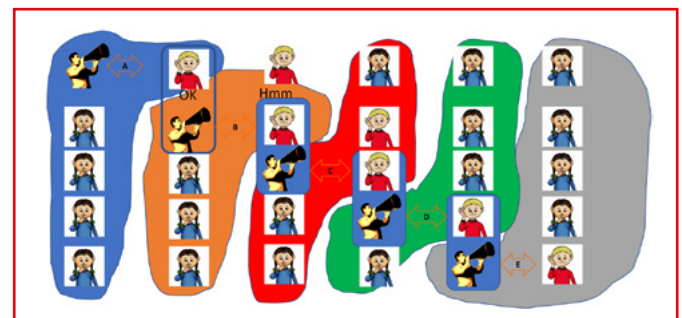
- Unterteilung in Domäne, Subnetz, Node-ID
- Dienste: Unicast, Groupcast, Broadcast
- Unbestätigt- / Bestätigt-Rückmeldung
- Weiterleitbarkeit
- Unterschiedliche Übertragungsgeschwindigkeiten und Übertragungsmedien
- Nutzlast: 1 .... 31 Byte
- Interoperabel durch optionale standardisierte Definitionen der Nutzdaten und Geräteprofile
- Genormt nach ANSI CTA 709.1 (709.n) und EN 14908-1 (14908-n)
- Eine allgemeine Toolbasis für die Inbetriebnahme

Das LON-Protokoll ermöglicht den Aufbau von Strukturen, die Daten sehr effizient übertragen und filtern/umleiten können, so dass nur die Netzwerksegmente belastet werden, in denen eine Kommunikation stattfindet. In der folgenden Abbildung finden wir zwei Nachrichten: die Nachricht (I), die nur in demselben Segment existiert, weil sie vom Router herausgefiltert wird, sowie die Nachricht (II), die aus dem ersten Subnetz über den Router (I) in das Backbone und dann über den Router (III) in das Subnetz 3 übertragen wird, um ihr Ziel zu erreichen.

Die Straßenbeleuchtungsinfrastruktur, Masten und Kabel, ist ein allgegenwärtiges Gut, das sich in der Regel im Besitz von Kommunen oder anderer öffentlicher Eigentümer befindet. Die Erweiterung der Funktionalität vom einfachen Ein- und Ausschalten oder Dimmen einer Straßenleuchte zu einem allgegenwärtigen Netzwerk, unter öffentlicher Kontrolle und in öffentlichem Besitz, gibt den Kommunen die Möglichkeit, die Sicherheit, Attraktivität und Lebensqualität der Stadt zu verbessern.



Bringt man nun beide Ideen der Vollduplex-Datenübertragung und ein geeignetes Protokoll, das eine Strukturierung erlaubt, zusammen, so ergibt sich eine neue technische Lösung, die weit über das hinausgeht, was heute im Bereich der drahtlosen Kommunikation verfügbar ist. Betrachtet man die LON-Spezifikation und ihre Einschränkungen, so ist es theoretisch möglich, Netzwerke in einer Domäne mit 255 Subnetzen und 127 Controllern pro Subnetz aufzubauen.



**Strukturierung der Datenübertragung durch Router-Frequenzbereiche**

Wenn man Reserven für die Kommunikationsverfügbarkeit einkalkuliert, sind bis zu 100 Subnetze in einer Reihe mit 15 bis 30 Controllern pro Subnetz problemlos machbar. Diese Annahme würde zu zusammenhängenden Netzzinseln von 1500 bis 3000 Controllern führen. Erste bestätigte Messungen in Feldtests haben gezeigt, dass über 80 Hops/ Repeater eine stabile Kommunikation mit netto 100 kBit/s erreicht werden kann und die Latenzzeit zwischen Senden der Information und Erreichen des Ziels über 80 Router nur ca. 300 ms beträgt.

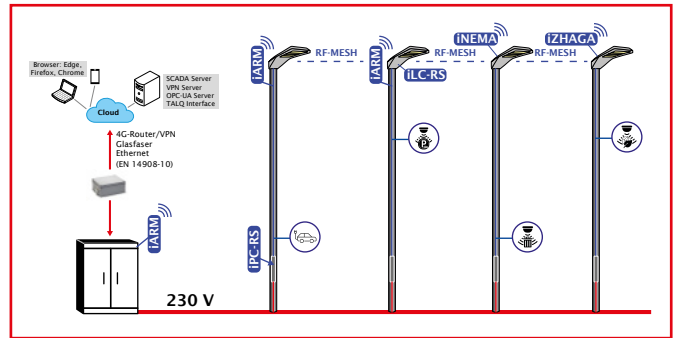


Die gemessene Latenz der Datenübertragungslänge hängt u. a. von der Kanalbelegung ab und muss in späteren Feldtests mit unterschiedlichen Nutzlastlängen und je nach Wifi-Aktivität ermittelt werden, um eine Grundlage für Reserven zu erhalten, die bei der Dimensionierung der Netze berücksichtigt werden müssen.

Insgesamt stellen diese Ergebnisse eine deutliche Verbesserung gegenüber der Netzwerkgrößenbegrenzung von 70 bis 100 Controllern konkurrierender Technologien dar. Aus der Kombination der LON-typischen Multi-Master-Fähigkeit und dem ereignisgesteuerten Verhalten ergeben sich weitere Vorteile in Bezug auf die Organisation des Netzwerks.

CDMA (Collision Detection Multiple Access) sorgt mit dem von LON bevorzugt implementierten ereignisgesteuerten Verhalten für eine geringe Netzauslastung. So kann durch die Vollduplex-Fähigkeit in jedem Teilnetz eine aufwendige Synchronisation über TDMA (Time Division Multiple Access) sowie die Verschwendung von Zeitfenstern vermieden werden. Der Aufbau einer Kommunikationsinfrastruktur über den Backbone muss vollduplexfähig erfolgen, einfache Teilnehmer wie z. B. (Sensoren/Aktoren) ohne Vollduplex-Fähigkeit können aber jederzeit in das jeweilige Subnetz angeschlossen/eingebunden werden. Dadurch ist es weiterhin möglich, sehr energieeffiziente Geräte einzusetzen, die nur mit einem Transceiver ausgestattet sind und nur durch die Erweiterung des Protokollstacks aufgerüstet werden müssen.

Kehren wir zum Thema der einfachen Mesh-Systeme zurück, so wird nun verständlich, dass das Ziel darin besteht, möglichst wenige Verstärker im Übertragungskanal zu platzieren, damit die Bandbreite möglichst groß bleibt. Somit bestimmen die Sendeleistung und die Empfindlichkeit die Kommunikationsdistanz. In einem offenen Raum (Sichtverbindung) ist die Kommunikationsentfernung etwa fünfmal so groß wie in einer bebauten Umgebung. Erreicht man im freien Gelände 1 km, sind es in der Stadt etwa 200 m. Dafür sind viele Ursachen verantwortlich, wie z. B. Signaldämpfung, Interferenzen oder die Überlappung von Produkten mit höherer Sendeleistung, wie z. B. Wifi-basierte Kommunikationsnetze.



Die Idee, Vollduplex-Sender/Empfänger und Protokollstrukturierung zu kombinieren, bedeutet, dass eine viel höhere Anzahl von Verstärkern in der Sende-/Empfangskette verwendet werden kann, da nur die Latenz beeinflusst wird, die Bandbreite aber stabil bleibt. Eine Entfernung von typischerweise 100 m und eine Reduktion auf bis zu 30 m ist kein Problem, solange die Latenz/Zeitverzögerung in der Anlage unter einer Sekunde bleibt. Wenn absolute Synchronität erforderlich ist, kann dies über die GPS-Zeit erreicht werden, und die Daten könnten durch Hinzufügen eines Ausführungszeitstempels verbessert werden.

