

BlitzFunk ist eine neuartige drahtlose Technologie für hochzuverlässige Ethernet-Kommunikation mit konstant niedriger Latenz im Millisekundenbereich. Sie dient als Ersatz für bestehende Kabelinstallationen und ermöglicht Anwendungen mit hoher Mobilität durch zero-latency Roaming. Ethernet-basierte Protokolle, einschließlich PROFINET, PROFI-safe und OPC-UA, werden direkt unterstützt. Die Technologie basiert auf WLAN und arbeitet in unlizenzierter Frequenzbändern. Selbst bei geringer Interferenz durch Drittanbieter-WLAN-Netzwerke bleibt die Latenz durch die Nutzung von Diversität niedrig. Ein sorgfältig entwickeltes proprietäres Protokoll stellt sicher, dass gleichzeitige Datenströme innerhalb des Netzwerks einander nicht stören und dass alle Kommunikation durch authentifizierte Verschlüsselung mit schlüsselspezifischem Management gesichert ist.



Access Point AW22R

Client CW22R

Topologie

Ein BlitzFunk-Netzwerk besteht aus Access Points und Clients. Das Netzwerk bildet eine Stern-Topologie, in der alle Access Points als eine gemeinsame koordinierende Einheit agieren. Anwendergeräte (Steuerungen, Maschinen, Sensoren usw.) werden über Ethernet verbunden. Aus Sicht der Anwendung stellt das BlitzFunk-Netzwerk einen verteilten Ethernet-Switch dar. Point-to-Point-Verbindungen werden ebenfalls unterstützt (1 Access Point + 1 Client).

Skalierbarkeit

BlitzFunk verfügt über ein modulares Systemdesign, das deterministische Performance bietet und bei Bedarf skaliert. Es basiert auf Kanalpaaren, die zwei nicht-angrenzende 20 MHz WLAN-Kanäle umfassen. Jeder BlitzFunk Access Point operiert auf einem solchen Kanalpaar. Wenn BlitzFunk-Clients zu einem Kanalpaar hinzugefügt werden, werden sie zeitlich gemultiplext. Die systematische Latenz erhöht sich mit der Anzahl der Clients. Um

die Latenz zu reduzieren und den Datendurchsatz pro Client zu erhöhen, können mehrere Access Points am selben Ort platziert werden, um zusätzliche Kanalpaare anzubieten. Zwei Konfigurationsbeispiele werden am Ende des Whitepapers diskutiert.

Für eine höhere Abdeckung können zusätzliche Access Points so konfiguriert werden, dass sie dasselbe Kanalpaar nutzen. Sie werden anschließend so platziert, dass sich ihre individuellen Abdeckungsbereiche überlappen. Die Access Points synchronisieren sich durch ein Gigabit Ethernet-Backbone millisekundengenau, um für jede einzelne Übertragung den besten Access Point auszuwählen. Von dieser Optimierung erfährt der Client nichts, was zu völliger Unterbrechungsfreiheit während des Roamings führt (Zero-Latency Roaming).

Zeitliches Verhalten

BlitzFunk implementiert ein deterministisches Zeit-Frequenz-Gitter über Access Points mit garantierten Ressourcen pro Client. Die gewählten Kanalpaare werden in Zeitfenster eingeteilt, um Clients zu multiplexen und Duplex zu realisieren. Die Dauer eines Zeitfensters beträgt 2 ms und bestimmt die systematische Einweglatenz im System. Wenn mehr Clients demselben Kanalpaar zugeordnet werden, vervielfacht sich die Latenz mit der Anzahl der Clients. Zusätzlich zur systematischen Latenz ist mit etwas Jitter (bis zu 2 ms zusätzliche Latenz

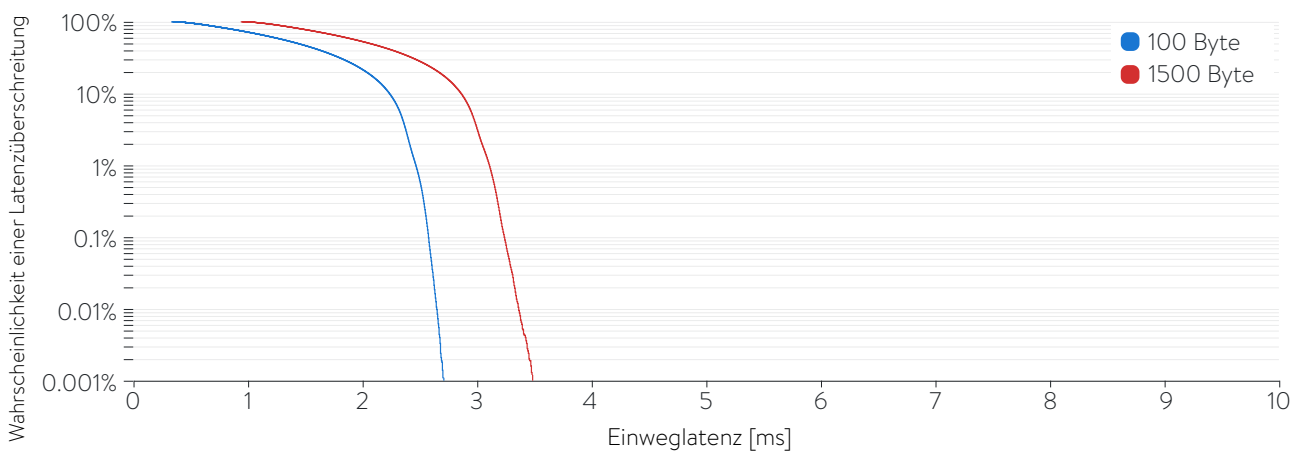


Abb. 1: Gemessene kumulative Latenzverteilung für einen einzelnen Client (Herbst 2024)

mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,9999 %) zu rechnen, wie in Abbildung 1 gezeigt. Die Summe aus systematischer Latenz und Jitter verdoppelt sich für einen Hin- und Rückweg zwischen Access Point und Client sowie für die Kommunikation zwischen Clients.

Spektrum

BlitzFunk baut auf WLAN-Technologie auf und operiert damit in unlicenzierten WLAN-Kanälen in den 2,4- und 5-GHz-Bändern, einschließlich der weniger frequentierten SRD-Kanäle um 5,8 GHz. Die Unterstützung für das 6 GHz Frequenzband wird in Q1 2025 per Softwareupdate freigeschaltet. BlitzFunk benötigt für den Betrieb mindestens ein Paar nicht-angrenzender 20 MHz Kanäle.

Koexistenz

BlitzFunk koexistiert mit anderen WLAN-Netzwerken durch die Einhaltung von CSMA/CA (Listen Before Talk). Allerdings kann Interferenz zu erhöhtem Jitter und somit zu einer höheren funktionalen Paketfehlerrate führen. Im Falle eines kleinen Drittanbieter-Netzwerks mit geringer Last (z.B. Zustandsüberwachung) wird der Einfluss auf BlitzFunk nicht bemerkbar sein, aber eine hohe Last (z.B. Videostreaming) wird die Performance verschlechtern. Auf der anderen Seite kann ein BlitzFunk-Netzwerk einen erheblichen Einfluss auf die Leistung von Drittanbieter-Netzwerken haben.

Plug & Play

BlitzFunk wurde mit Blick auf Leistungsfähigkeit und Benutzerfreundlichkeit entwickelt. Es soll für die überwältigende Mehrheit an Anwendungen mit Ethernet-basiertem Verkehr Plug & Play

sein. BlitzFunk ist auf der Ethernet-Ebene vollständig transparent und unterstützt die volle Standard-MTU von 1500 Bytes pro Frame, was maximale Kompatibilität mit bestehenden Anwendungen bedeutet. Für die Systemkonfiguration und Statusüberwachung bieten BlitzFunk Access Points eine benutzerfreundliche Web-Oberfläche, die ohne die Notwendigkeit einer zusätzlichen Softwareinstallation zugänglich ist. Konfigurationsänderungen und Firmware-Updates werden drahtlos an die Clients gesendet. Wenn mehrere Access Points über einen Switch verbunden sind, wird die Konfiguration automatisch zwischen den Access Points synchronisiert. Fortgeschrittene Benutzer können die HTTP-API nutzen, um BlitzFunk in bestehende unternehmensinterne Konfigurations- und Überwachungslösungen zu integrieren.

Security

Da BlitzFunk für kritische Anwendungen konzipiert ist, hat Sicherheit höchste Priorität. Jede Kommunikation im BlitzFunk-Netzwerk ist authentifiziert und verschlüsselt, mit Schutz vor Fälschung, Man-in-the-Middle- und Replay-Angriffen. Jedem Client wird ein individueller Schlüssel zugewiesen, der jederzeit über die Web-Oberfläche widerrufen werden kann, falls das Gerät verloren geht oder aus dem Netzwerk entfernt werden soll. Für maximale Sicherheit verfügen BlitzFunk-Geräte über einen sicheren Bootvorgang, um böswillige Manipulationen zu verhindern.

Physische Schnittstellen

Die physischen Schnittstellen bestehen aus einem 12V - 48V DC-Stromanschluss, einem M12 D-coded (Client) bzw. X-coded (Access

Point) Ethernet-Port und vier (Client) bzw. fünf (Access Point) koaxialen RF-Ports für externe Antennen.

Produktreife

BlitzFunk ist CE-zertifiziert und unterstützt Schutzart IP65. Es ist ausgiebig industriell erprobt. Zu den bereits durchgeführten Projekten zählen die Vernetzung von Schweißrobotern, Deckenkränen und AGVs, sowohl im Safety- als auch Non-Safety-Bereich.

Beispielkonfigurationen

Eine Beispielkonfiguration eines Access Points und sechs Clients wird in Abbildung 2 gezeigt. Da die Clients abwechselnd mit einer Slotdauer von 2 ms senden, erhält jeder Client alle $6 \times 2 \text{ ms} = 12 \text{ ms}$ eine Übertragungsmöglichkeit. Einschließlich 2 ms Jitter ergibt dies eine worst-case Einweg-Latenz von 14 ms. Mit bis zu 1500 Bytes pro

Übertragungsmöglichkeit wird jedem Client eine Netto-Bitrate von $1500 \text{ Bytes} \times 8 \text{ Bit/Byte} \div 12 \text{ ms} = 1 \text{ Mbit/s}$ gewährt.

Latenz und Durchsatz können verbessert werden, indem ein zweiter Access Point hinzugefügt wird, der auf einem separaten Kanalpaar operiert. Dies ermöglicht es, Clients bei Bedarf über Kanalpaare zu verteilen. Wenn beispielsweise einige Clients an Maschinen mit strengeren Latenzanforderungen angeschlossen sind, können diese Clients einem separaten Kanalpaar zugeordnet werden. Eine Beispielkonfiguration von vier Clients auf einem Kanalpaar und zwei Clients auf einem anderen wird in Abbildung 3 gezeigt. Auf dem ersten Kanalpaar beträgt die Einweglatenz inklusive Jitter $4 \times 2 \text{ ms} + 2 \text{ ms} = 10 \text{ ms}$ und die erreichbare Netto-Bitrate pro Client liegt bei 1,5 Mbit/s. Auf dem zweiten Kanalpaar beträgt die Latenz $2 \times 2 \text{ ms} + 2 \text{ ms} = 6 \text{ ms}$ und die Bitrate pro Client erhöht sich auf 3 Mbit/s.

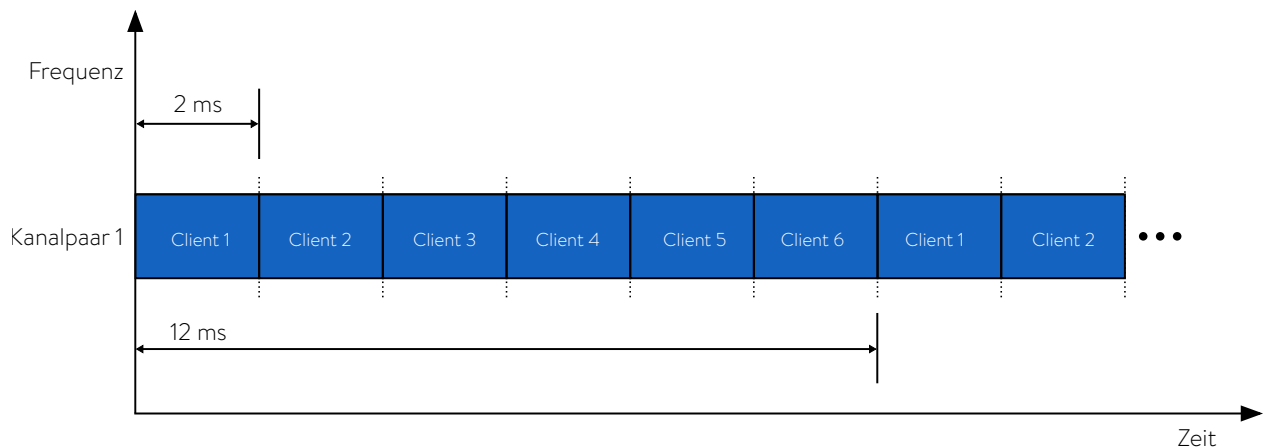


Abb. 2: Ressourcengitter mit sechs Clients in einem Kanalpaar

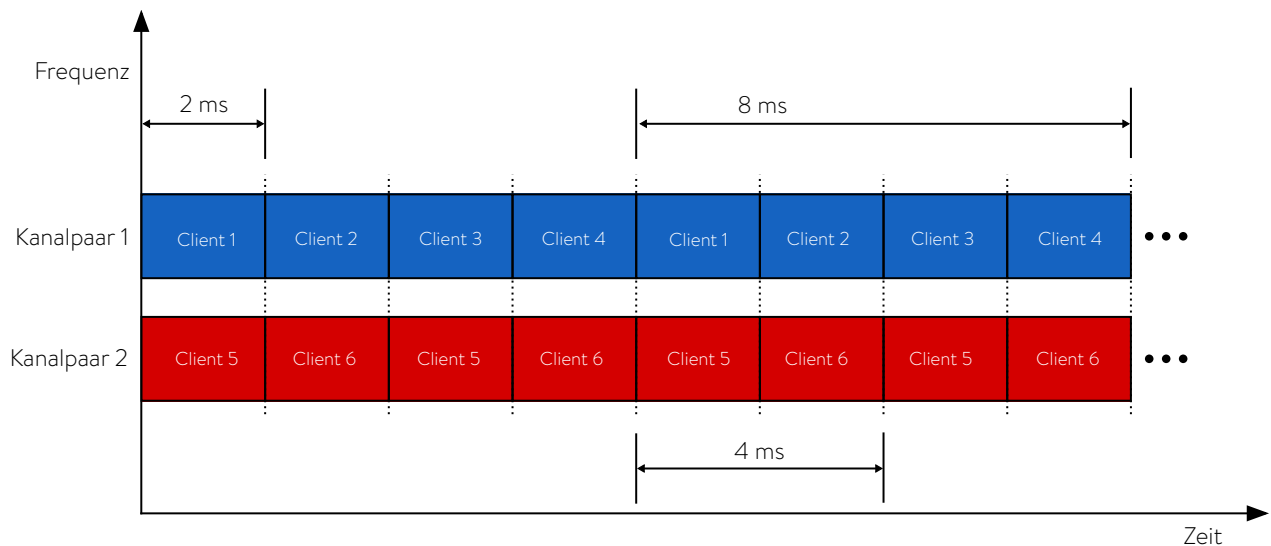


Abb. 3: Beispielhaftes Ressourcengitter mit asymmetrischer Verteilung von sechs Clients auf zwei Kanalpaaren

