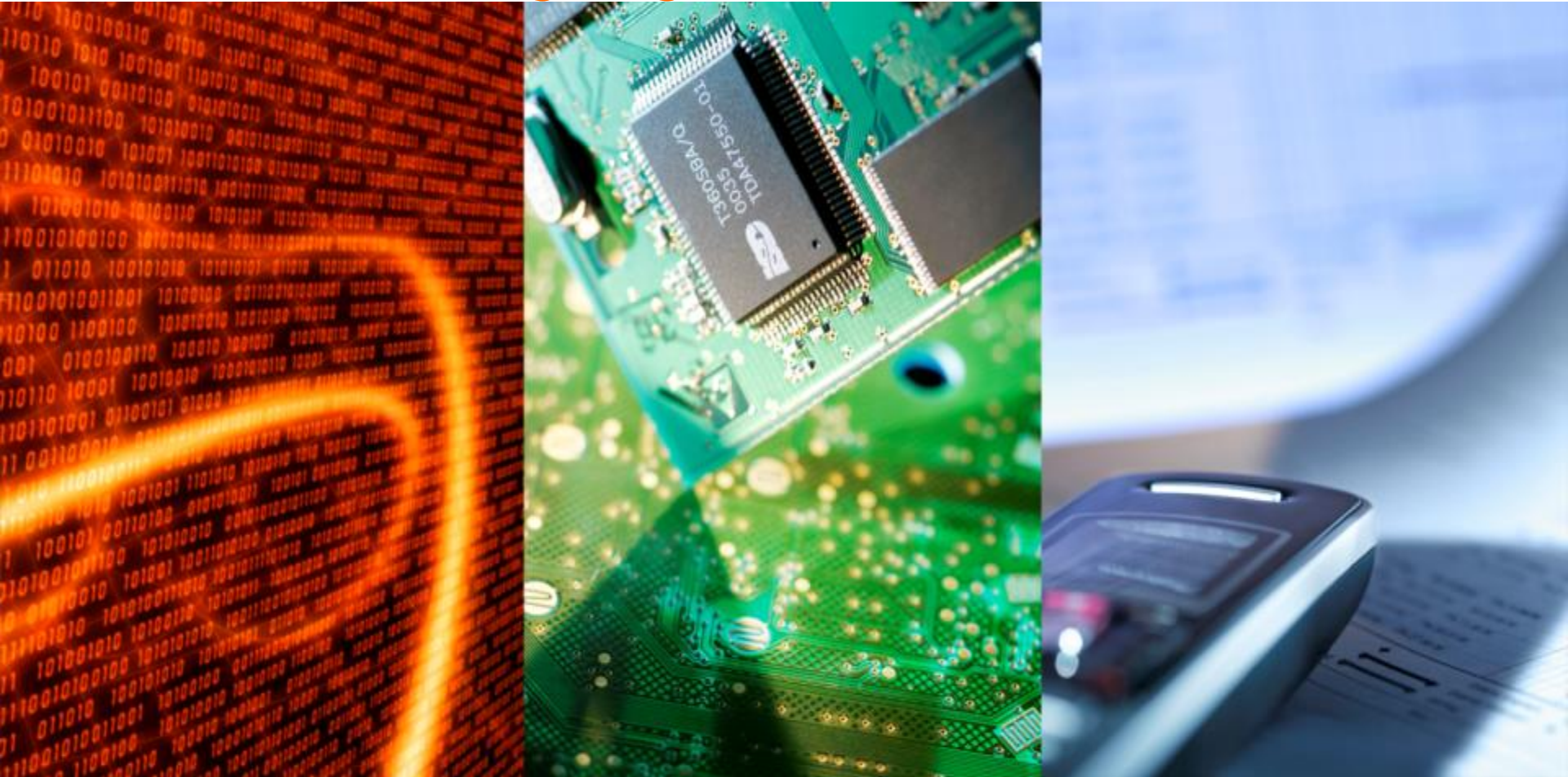


Bluetooth 5 - LongRange



Neu in Bluetooth 5

Key Features:

Up to 8x the broadcasting message capacity over Bluetooth 4.2, with support for larger data packets: 31-octet to 255-octet packages.

Ability to offload advertising data from the 3 advertising channels to up to 37 broadcasting channels.

Key Feature:

Detect and prevent interference at the edges of the 2.4 GHz ISM band and the neighboring LTE band.

Key Feature:

Up to 2x bandwidth of Bluetooth 4.2 with low energy.

Key Feature:

Up to 4x range of Bluetooth 4.2 with low energy.

Vergrössern der Reichweite

Die Reichweite kann durch verschiedene Massnahmen erhöht werden.

Höhere Sendeleistung

- Mehr Probleme bei Zulassung
- Stört andere Geräte
- Höhere Stromspitzen sind schlecht für Knopfzellen
- Externe PA erhöhen die BOM

Höhere Empfindlichkeit

- Externe LNA erhöhen die BOM

In Bluetooth 5 wird die Empfindlichkeit mittels Coded PHY und FEC erhöht.

Entwicklung des Physical Layer (PHY)

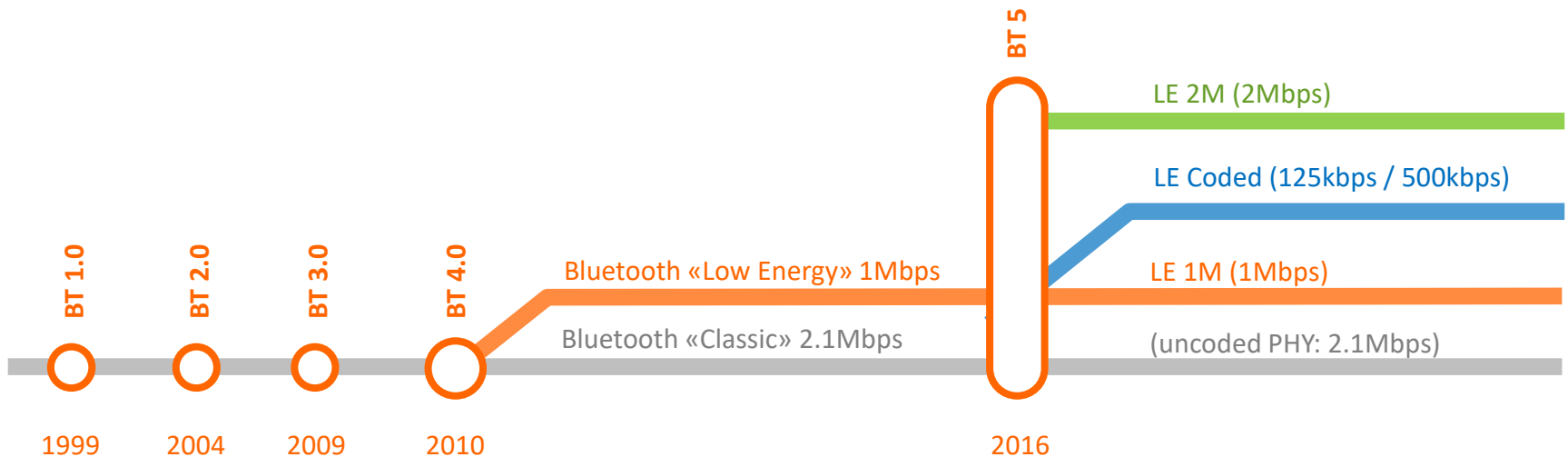
Bluetooth 4.0

Einführung von einfachem 1Mbps PHY für LE Profile

Bluetooth 5

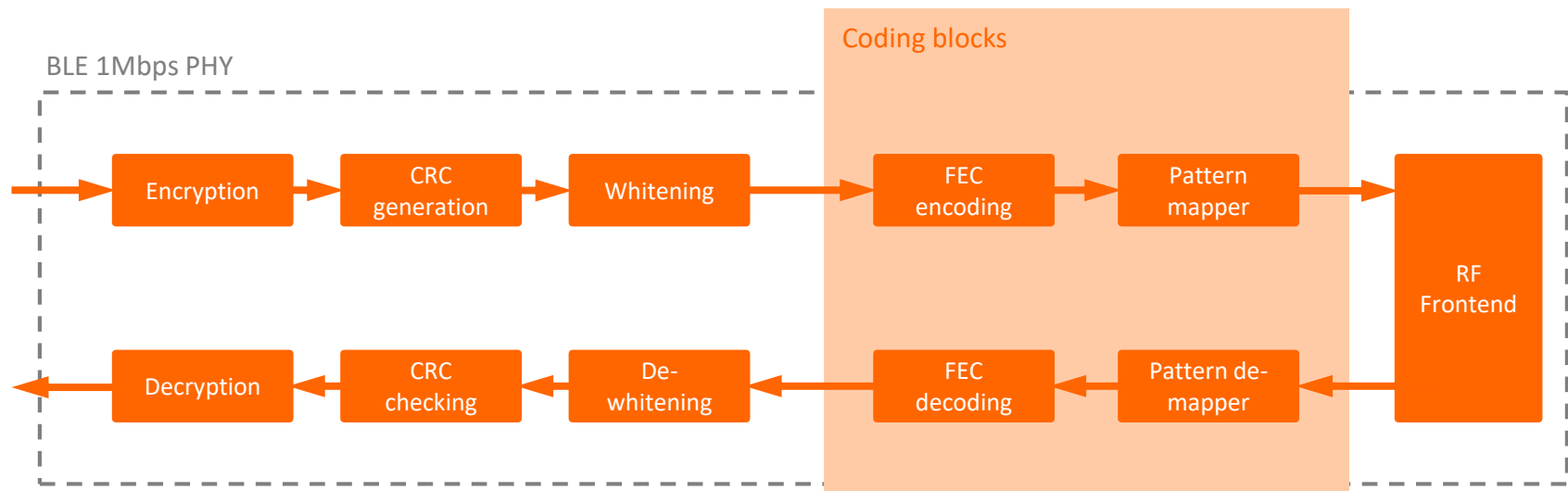
Einführung einer coded Variante des 1Mbps PHY für LE Profile

Einführung eines zusätzlichen 2Mbps PHY für LE Profile

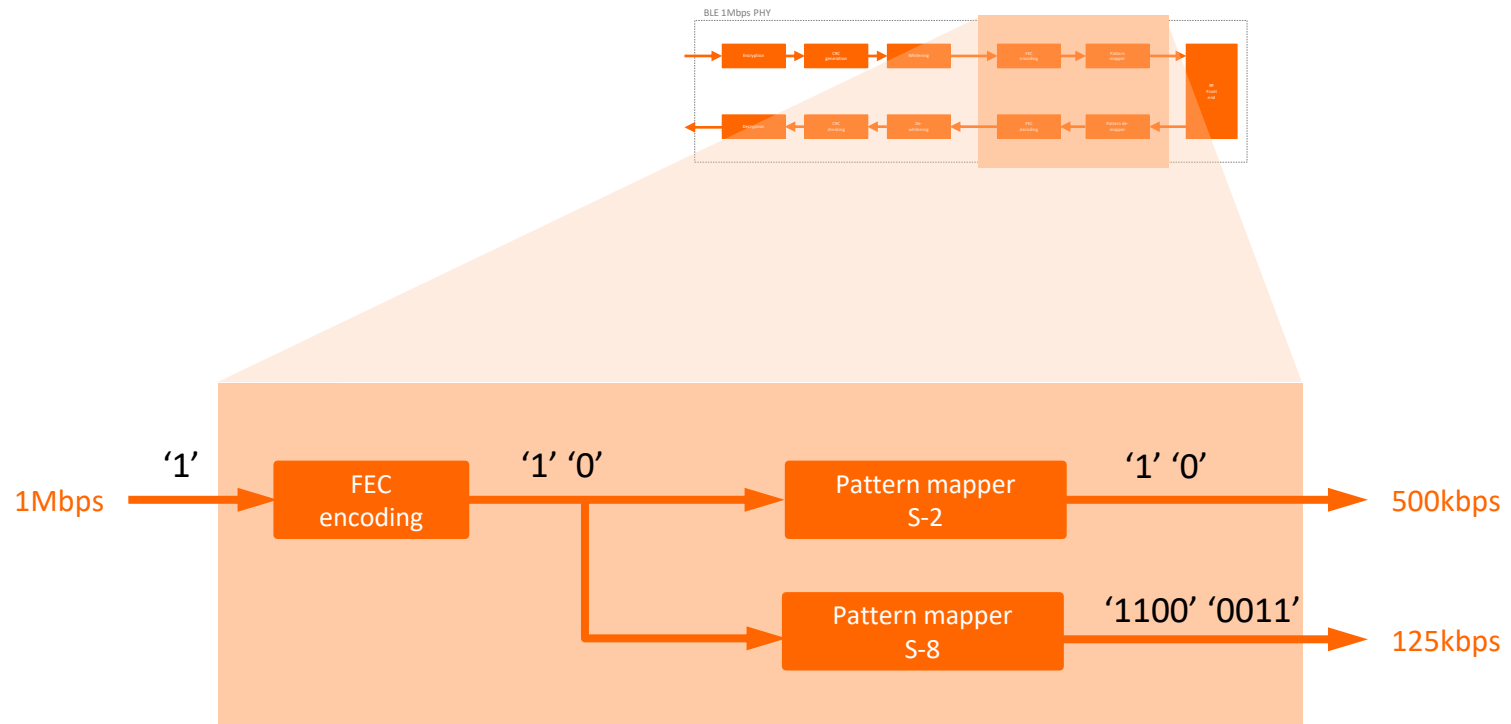


Coded PHY

- Erweiterung des 1Mbps PHY durch Pattern mapping und FEC
- Erhöht die Sensitivität des Empfängers (Pattern mapping)
- Erhöht die Zuverlässigkeit der Decodierung (FEC)
- Ist ein optionales Bluetooth 5 Feature



Coded PHY



S-2: 2 Symbole pro Datenbit → Gewinn: 6dB (3dB durch FEC + 3dB durch mapping)

S-8: 8 Symbole pro Datenbit → Gewinn: 12dB (3dB durch FEC + 9dB durch mapping)

Coded PHY

Es gibt Coded PHY in zwei Varianten:

S-2 (500kbps)

- Bitrate: 500kbps
- Reichweitengewinn: 2x (6dB)

S-8 (125kbps)

- Bitrate: 125kbps
- Reichweitengewinn: 4x (12dB)

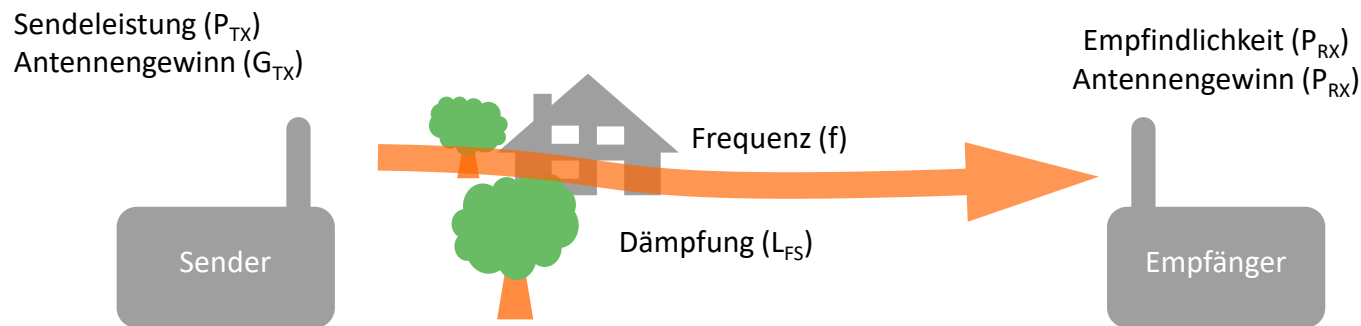
500kbps kann bei langen Datenpaketen interessant sein, ansonsten lohnt sich der Verlust der Reichweite nicht.

Wie weit komme ich?

- Keine generelle Antwort da Umgebungsfaktoren und Setup ein sehr grosser Einfluss haben
- Prinzipiell muss zwischen Indoor und Freifeld unterschieden werden
- Vergleich immer unter identischen Bedingungen (Freifeld, geschirmte Box)

Wie weit komme ich?

Entscheidend für die Reichweite ist das Linkbudget. Dieses ist abhängig von Sendeleistung, Antennengewinn, Übertragungsverluste und der Empfindlichkeit des Empfängers

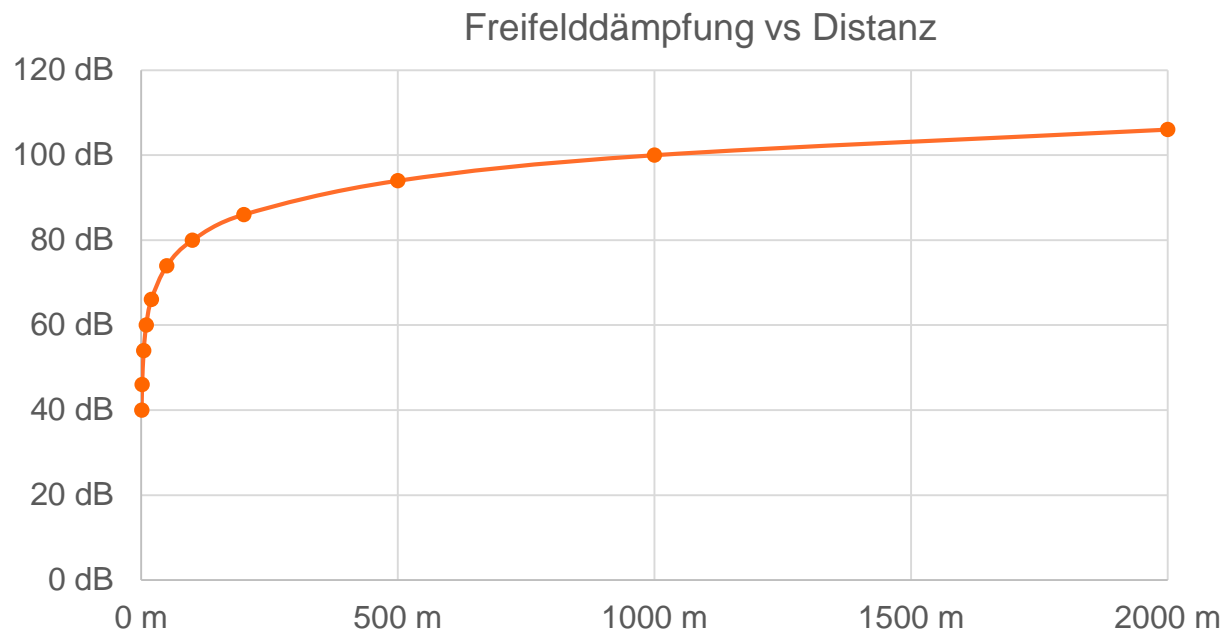


$$\text{Link Budget (dB)} = P_{TX} (\text{dBm}) + G_{TX} (\text{dB}) - L_{FS} (\text{dB}) + G_{RX} (\text{dB}) - P_{RX} (\text{dBm})$$

Freifelddämpfung

Die Freifelddämpfung ist abhängig von Distanz und Sendefrequenz und ist gültig bei freier Sicht ohne Hindernisse

$$L_{FS} (dB) = -147.6dB + 20 \log(d) + 20 \log(f)$$



Bei vierfacher Distanz erhöht sich die Freifelddämpfung um 12dB

Beispiel

- Freies Sichtfeld
- Sendeleistung P_{TX} : 0dBm
- Empfindlichkeit P_{RX} : -93dBm
- Antennengewinn G_{TX} , G_{RX} : 2.1dBi

Das Link Budget ohne Übertragungsverluste beträgt

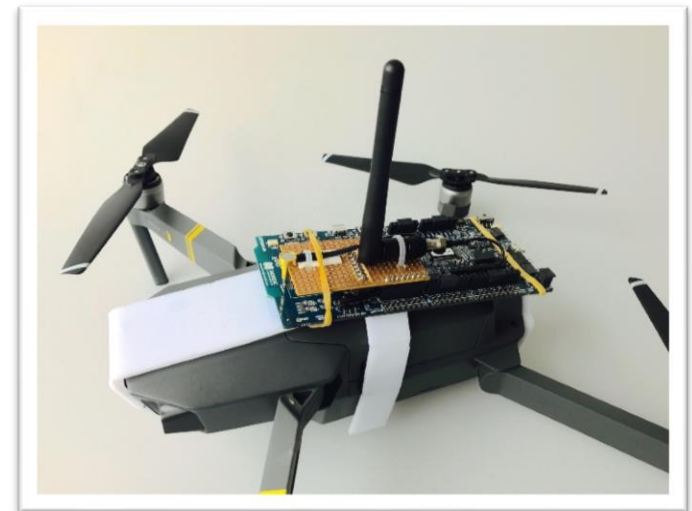
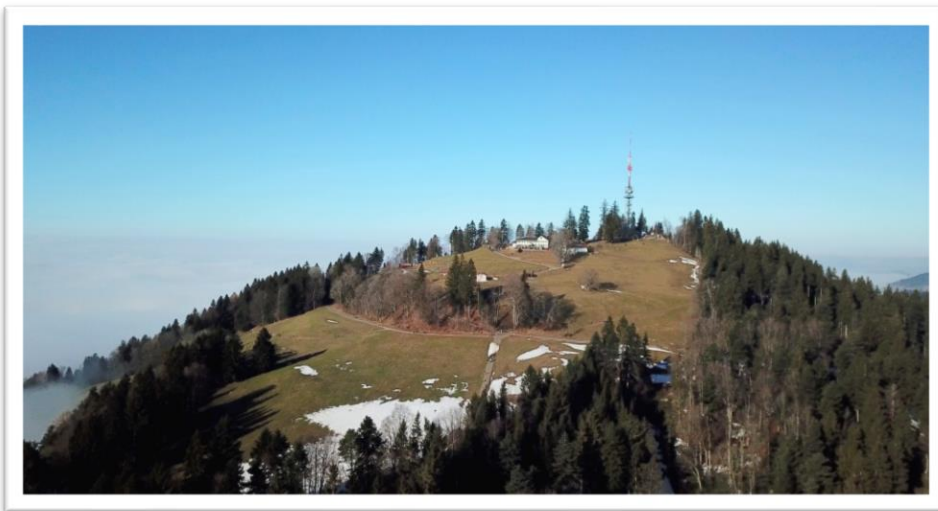
$$P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - P_{RX} = 97.2dB$$

Nach der Formel der Freiraumdämpfung entspricht dies einer möglichen Distanz von 724m

In der Praxis wird die mögliche Distanz aber deutlich darunter liegen.

Freifeld Messung

- Bachtel: 1115m.ü.M.
- Freies Sichtfeld, wenig Störer
- Distanzmessung mittels GPS
- nRF52840 EvalBoard mit Revision B Chip, S140 6.x.x alpha Softdevice
- Dipol Antenne, 2.0dBi Gain
- Advertising only



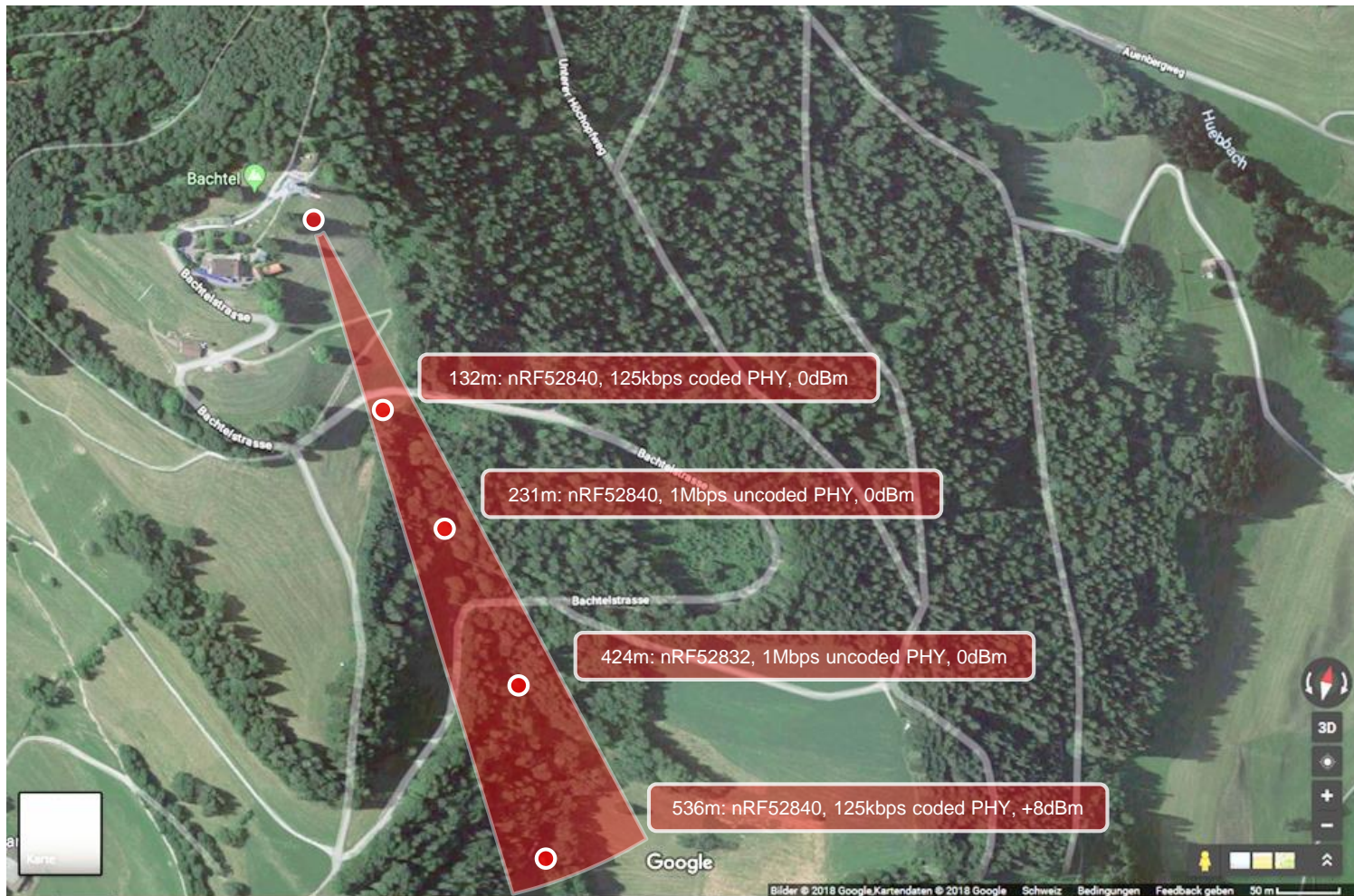
Freifeld Messung

4 Konfigurationen

- Nordic nRF52840 DVK*, coded PHY, 125kbps, 0dBm
- Nordic nRF52840 DVK*, coded PHY, 125kbps, 8dBm
- Nordic nRF52840 DVK*, uncoded PHY, 1Mbps, 0dBm
- Nordic nRF52832 DVK, uncoded PHY, 1Mbps, 0dBm
- ~~■ TI CC2640R2 DVK, coded PHY, 125kbps, 0dBm~~

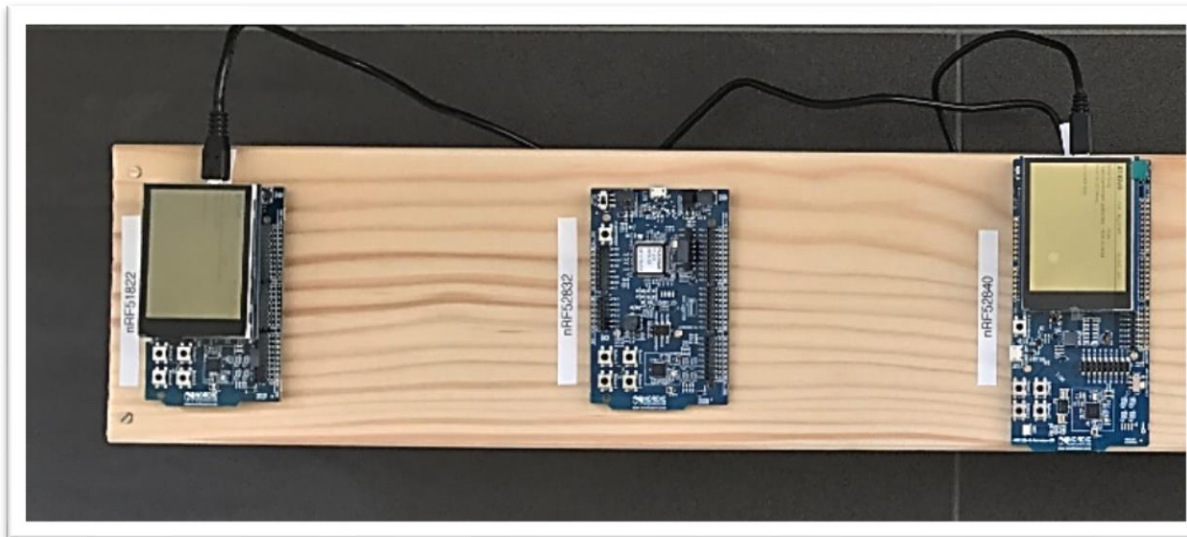
*Neustes DVK mit Revision B Chip und S140 6.x.x Alpha Softdevice

Freifeld Messung

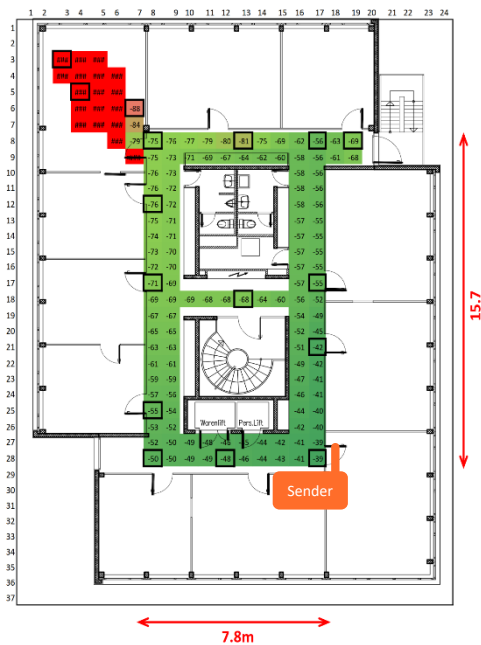


Indoor Messung

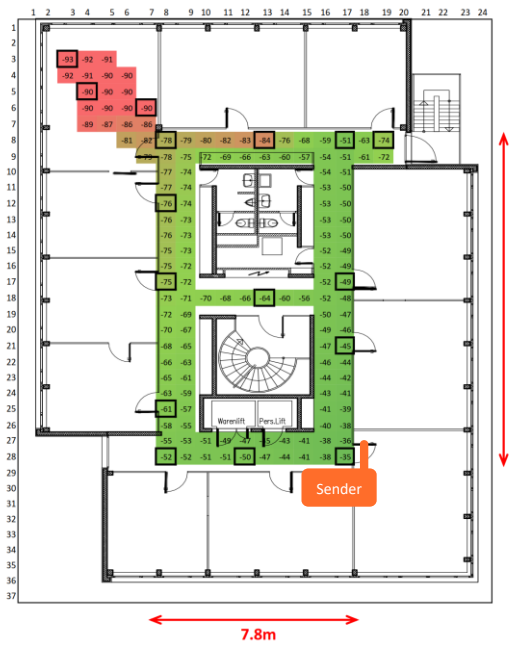
- Büro Umgebung
- Keine freie Sicht
- Display zur Anzeige des RSSI Werts
- nRF52840 EvalBoard mit Revision A Chip
- Messung im connected state



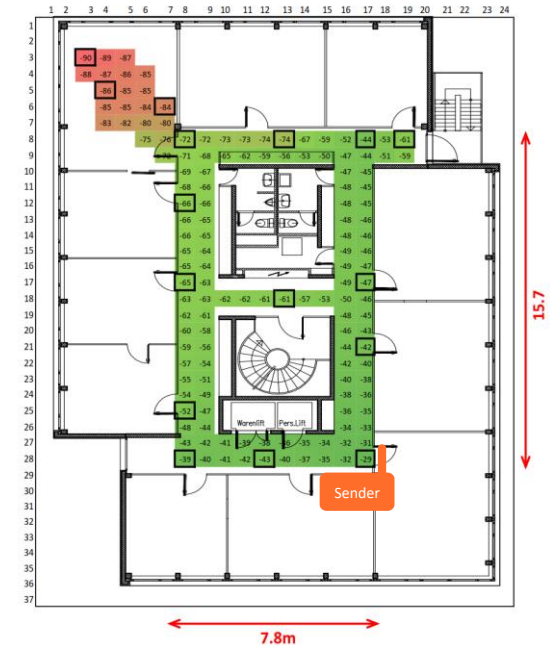
Indoor Messung



nRF52840, uncoded PHY, 0dBm



nRF52840, coded PHY,
125kbps, 0dBm

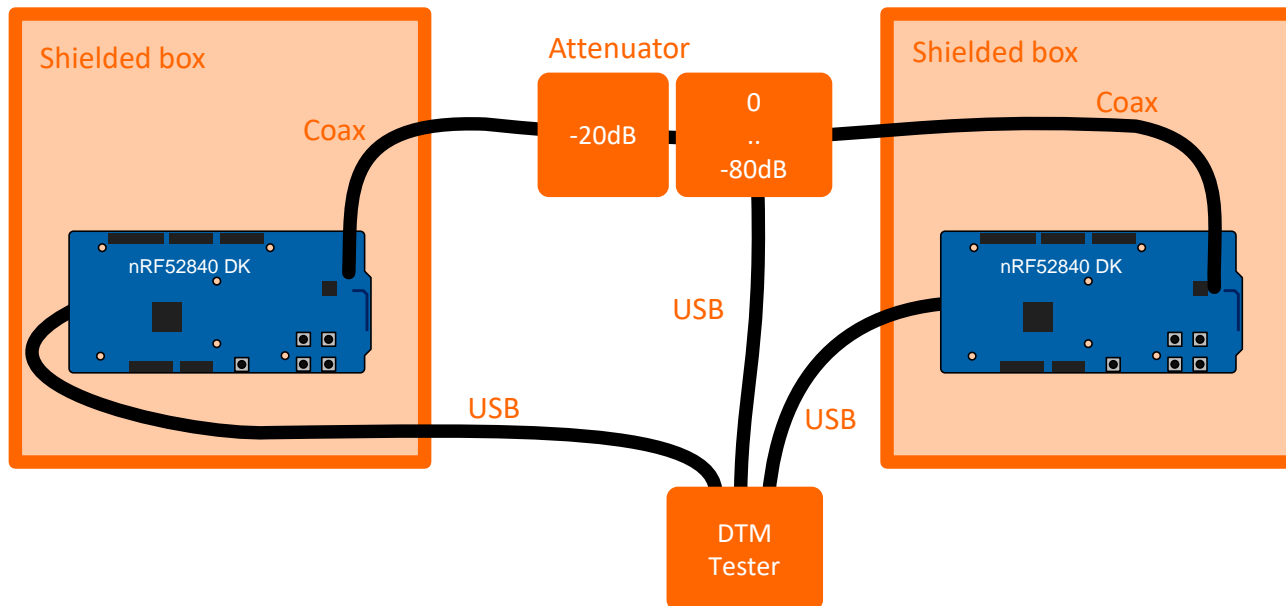


nRF52840, coded PHY,
125kbps, 4dBm

Der Gewinn durch coded PHY 125kbps beträgt zwischen 1 und 2 Meter was bei weitem nicht 400% entspricht.

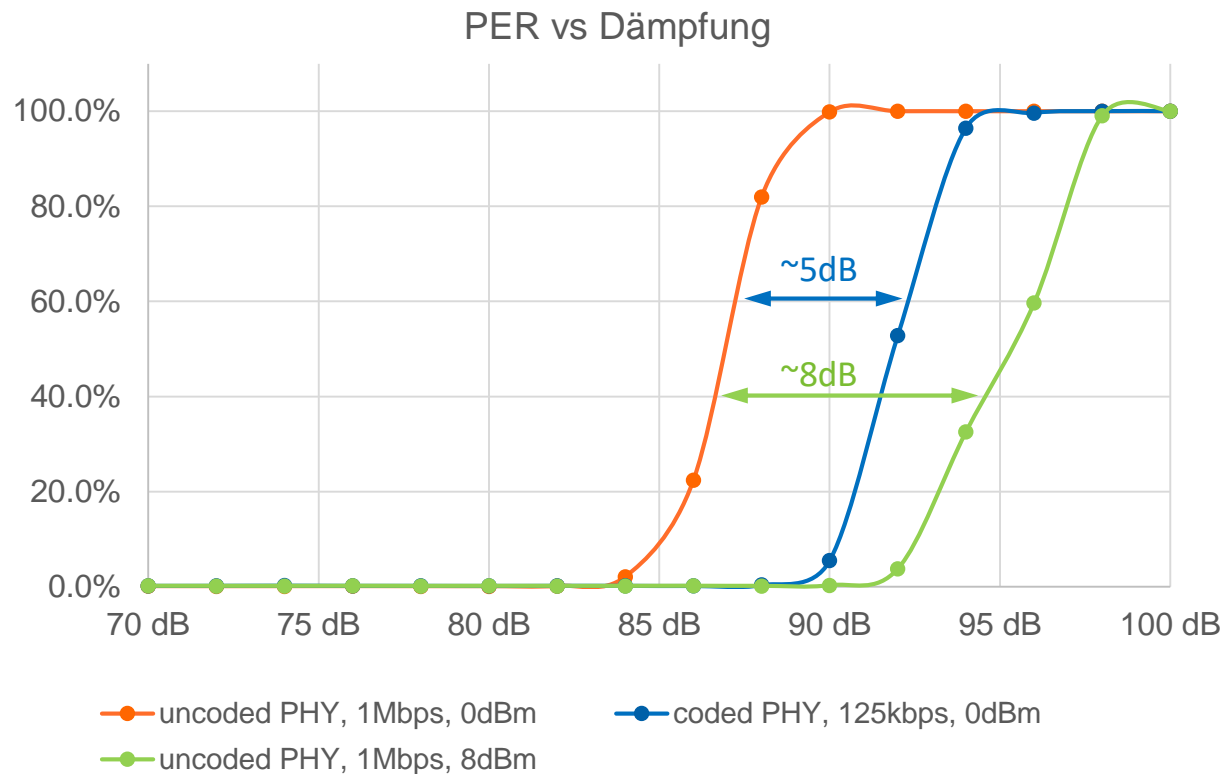
Messung in geschirmter Box

- Bit Error Rate Messung mittels DTM (Direct Test Mode)
- Kabel gebundene Messung (conducted)
- 20dB fixe Dämpfung
- 80dB variable Dämpfung



Messung in geschirmter Box

- Messung mittels DTM (Direct Test Mode)
- Ca. 5dB Gewinn durch coded PHY



Zusammenfassung

- Im Moment gibt es noch keine zufriedenstellende Lösung mit coded PHY
- Kleiner Gewinn in Bürroumgebung
- Kein Gewinn im Freifeld
- Die gemessenen Werte sind weit weg von den versprochenen 12dB

Es scheint, Long Range ist noch nicht richtig etabliert und braucht noch Zeit

Überlegungen

Nachteile von Coded PHY:

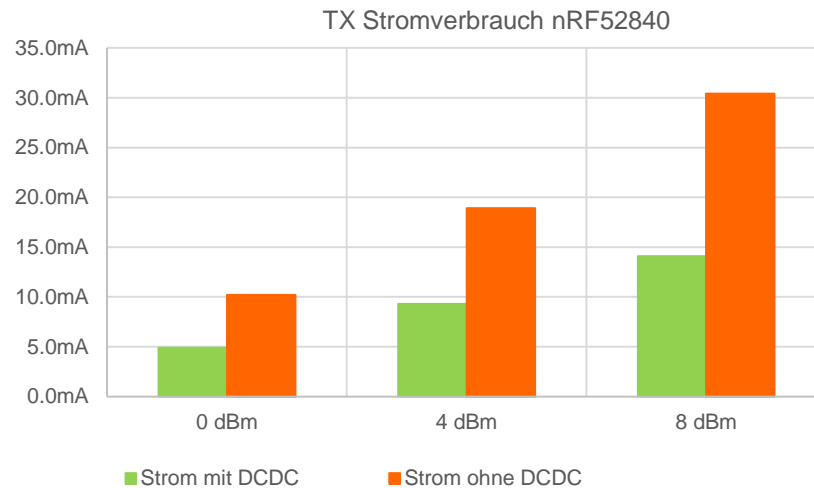
- Langsamere Kommunikation
- 2-8 mal höherer Stromverbrauch
- Risiko von Kollisionen mit anderen Funkgeräten steigt
- Andere Funkgeräte werden eher gestört
- Längere «Blindzeit» beim Central device

Lohnt es sich all diese Nachteile in Kauf zu nehmen, wenn dadurch die Reichweite nur ein bisschen steigt?

Interessant wäre zu untersuchen, wie gross die positiven und negativen Effekte von Coded PHY in verschiedenen Situationen sind.

Was tun?

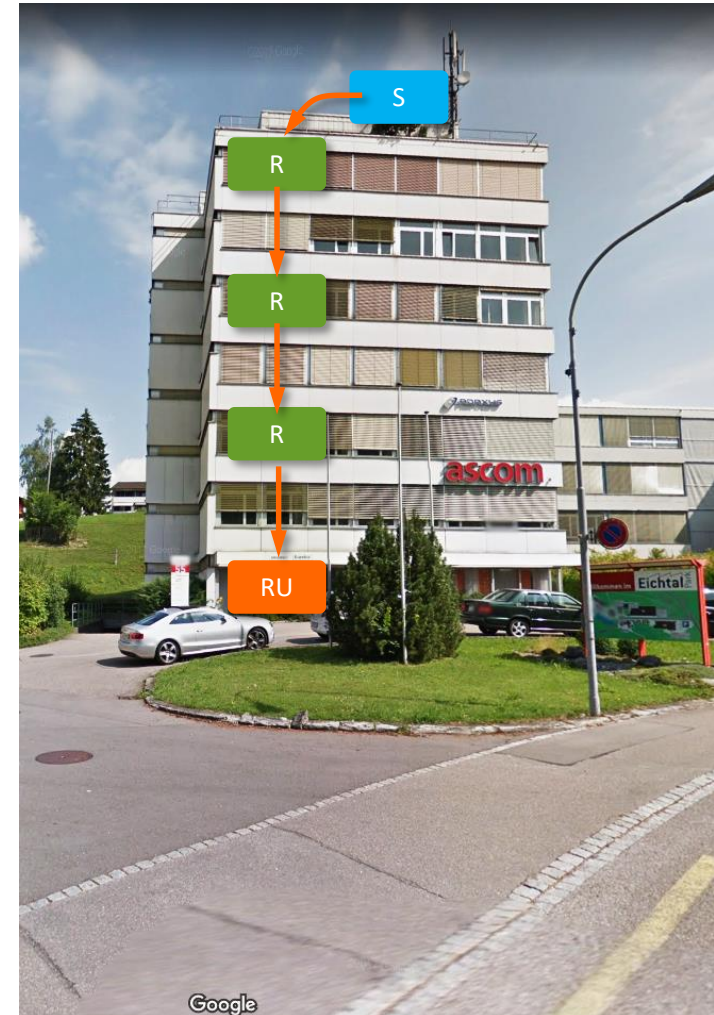
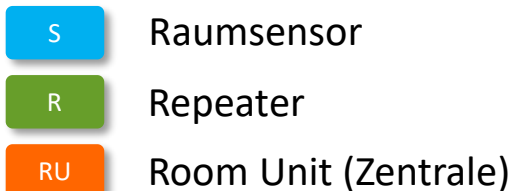
- Moderate Erhöhung der Ausgangsleistung. Die spezifizierten 20dBm sind z.B. nicht zulässig in der EU



- Abwarten
- Alternative Lösung suchen, z.B. mit Repeater

Unsere Lösung

- Netzwerk mit beliebig vielen Sensoren
- 10 Jahre Betriebsdauer mit CR2032 Knopfzelle
- Repeater wo nötig
- Einfaches Setup ohne Commissioning
- Visualisierung der Funkabdeckung



Unsere Lösung

Besuchen Sie uns am Stand, wir zeigen Ihnen gerne eine Demonstration des Systems.

Bluetooth SIG Strategie für Long Range

Die Bluetooth SIG hatte schon früh Anfragen von Mitglieder welche die Funkreichweite gerne erhöht hätten. Die SIG hat darauf reagiert und zwei unterschiedliche Strategien für die Erhöhung der Reichweite eingeführt:

- Einführung des CODED PHY und der FEC
- Aufheben der 10dBm Grenze für die Sendeleistung

Output Power Bluetooth LE 4.0, 4.1 und 4.2

Die Maximum Output Power von Bluetooth LE Devices war bis zur Version 4.2 auf 10mW (10dBm) begrenzt. Bluetooth Classic hingegen kannte schon von Anfang an drei Power Klassen:

- Class 1 → 100mW (+20dBm)
- Class 2 → 2.5mW (+4dBm)
- Class 3 → 1mW (0dBm)

Mit Bluetooth 5.0 hat die SIG diese Klassen auch für die Nutzung bei LE PHYs erlaubt und zusätzlich für die 10dBm Grenze die Class 1.5 hinzugefügt. Neu sind folgende Power Klassen definiert:

- Class 1 → 100mW (+20dBm)
- **Class 1.5 → 10mW (+10dBm)**
- Class 2 → 2.5mW (+4dBm)
- Class 3 → 1mW (0dBm)

Status Bluetooth 5.0 Qualifikation CODED PHY

Damit die geschützten Bluetooth Wort- und Bildmarken für die Vermarktung des eigenen Produktes benutzt werden dürfen, ist der Erwerb einer Nutzungslizenzen nötig. Dazu muss man SIG Mitglied sein und sein Produkt einem Listing (Declaration) unterziehen. Dies geht wiederum nur mit Bluetooth Qualifizierten Produkten. Die Qualifikation des PHY Layers kann bei Bluetooth nur bei einem BQTF (Bluetooth Qualified Test Facility) gemacht werden.

Voraussetzung dafür:

- Validierung des CODED PHY Test durch die SIG
- Einreichen von Testdurchgängen von mindestens 5 unterschiedlichen Geräten vom Markt

Status → die Labore dürfen noch nicht Qualifizieren da sie keine 5 Geräte zusammenbekommen

Status Funkzertifizierung für BLE Power Class 1

Die Wahl der 10dBm war damals ein Kompromisswert, da BLE Frequency Hopping ermöglicht, aber auch statisch Kanäle belegen kann (Advertising).

Um z.B. aus Zulassungstechnischer Sicht bei EN (für CE) als Hopping Technologie angesehen zu werden, darf nicht mit statischen Kanälen gearbeitet werden und es müssen mindestens 15 Hopping Kanäle vorhanden sein. BLE gehört zur «non hopping» Gruppe weil:

- BLE erlaubt bis auf 2 Hopping Kanäle zu reduzieren (von 37 möglichen)
- BLE arbeitet immer mit 3 statischen Kanälen, den sogenannten Advertising Kanälen

Resultat → in vielen Ländern ist es aus regulatorischen Gründen nicht möglich die Sendeleistung auf über +10dBm zu erhöhen, in anderen ist es jedoch kein Problem. (Bsp. EN nicht möglich, FCC möglich)

Referenzen

- Bluetooth 5 Core Spezifikation
<https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification>
- Long Range Demo von Nordic
<https://devzone.nordicsemi.com/blogs/1076/nrf52840-long-range-demo/>
- Long Range Demo von TI
https://e2e.ti.com/blogs_/b/connecting_wirelessly/archive/2017/01/30/how-does-bluetooth-5-increase-the-achievable-range-of-a-bluetooth-low-energy-connection

Wir sind Ihre Lösung.

Arendi AG
Eichtalstrasse 55
8634 Hombrechtikon
Schweiz

www.arendi.ch

r&d