



salzburg**research**

Matthias Herlich, Thomas Pfeiffenberger, Peter Dorfinger

Drahtlose Kommunikation für das IoT

Ein Technologie-Überblick

Viele Drahtlose Kommunikations-Technologien



Welche ist die beste?

Anforderungen

- Abdeckung
 - Privates Gelände
 - Stadt, Land
 - Kontinent
 - Weltweit
- Durchdringung
 - Nur Draußen
 - Auch Innenräume
 - Keller
- Datenmenge und -richtung
 - Nur Upload
 - Anpassung von Konfigurationswerten
 - Aktualisieren von Software
- Batterielaufzeit
- Bindung an einen Service-Anbieter



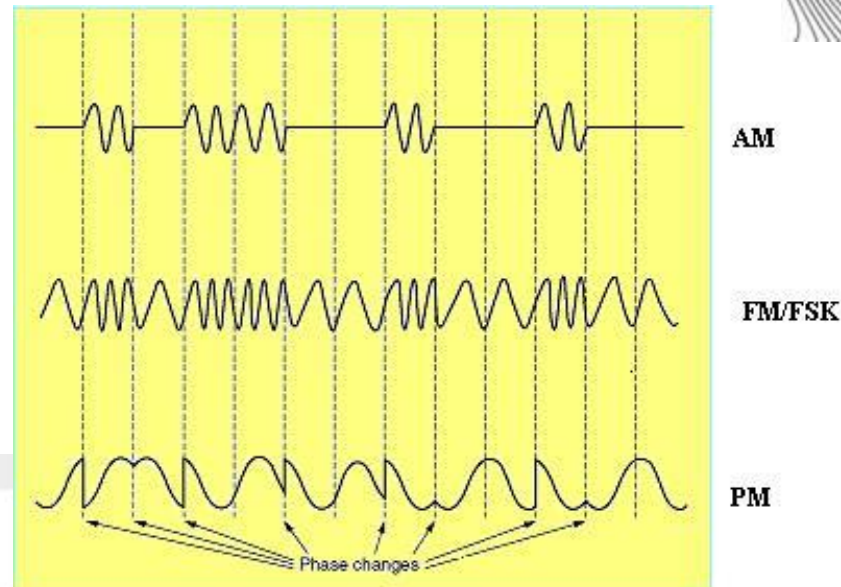
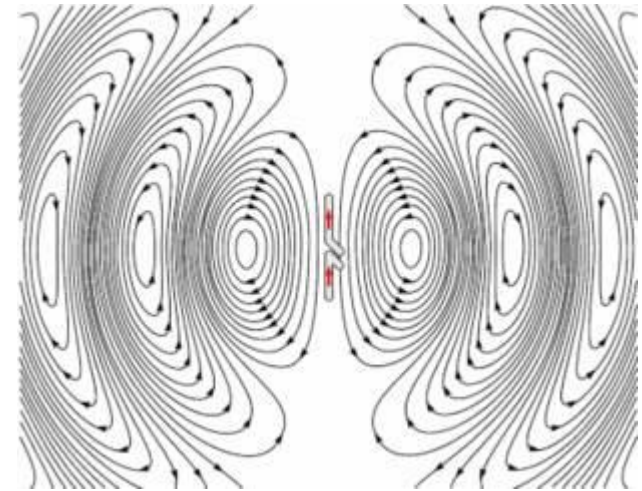
Physical Map of the World, April 2001



Radiowellen



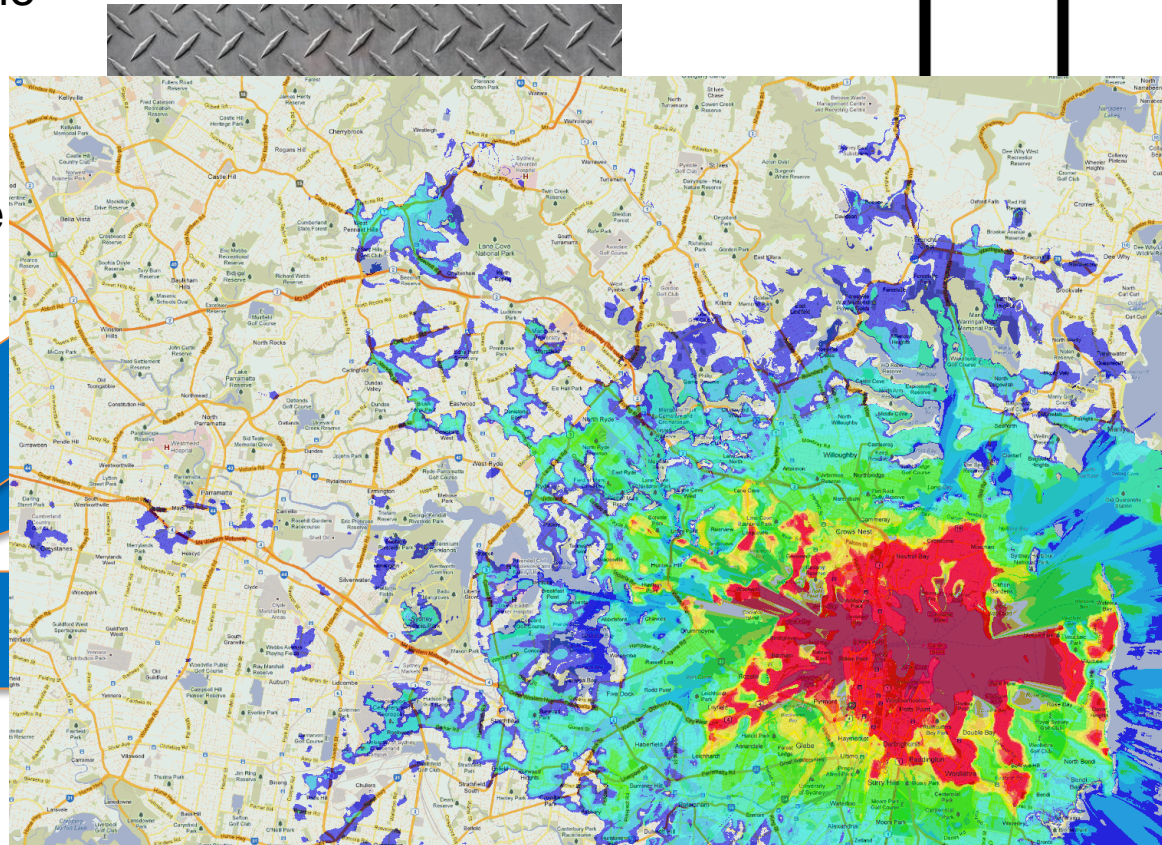
- Elektromagnetischen Welle
- Lichtgeschwindigkeit
- Wichtige Eigenschaft: Frequenz
 - Für den heutigen Vortrag relevant 400 MHz bis 6 GHz
- Datenübertragung durch Verändern von
 - Amplitude
 - Frequenz
 - Phase



Übertragungsqualität



- Distanz
- Sendeleistung
- Hindernisse auf Sichtlinie
- Frequenz
- Andere Sender
- Reflektoren in der Nähe
- Rauschen

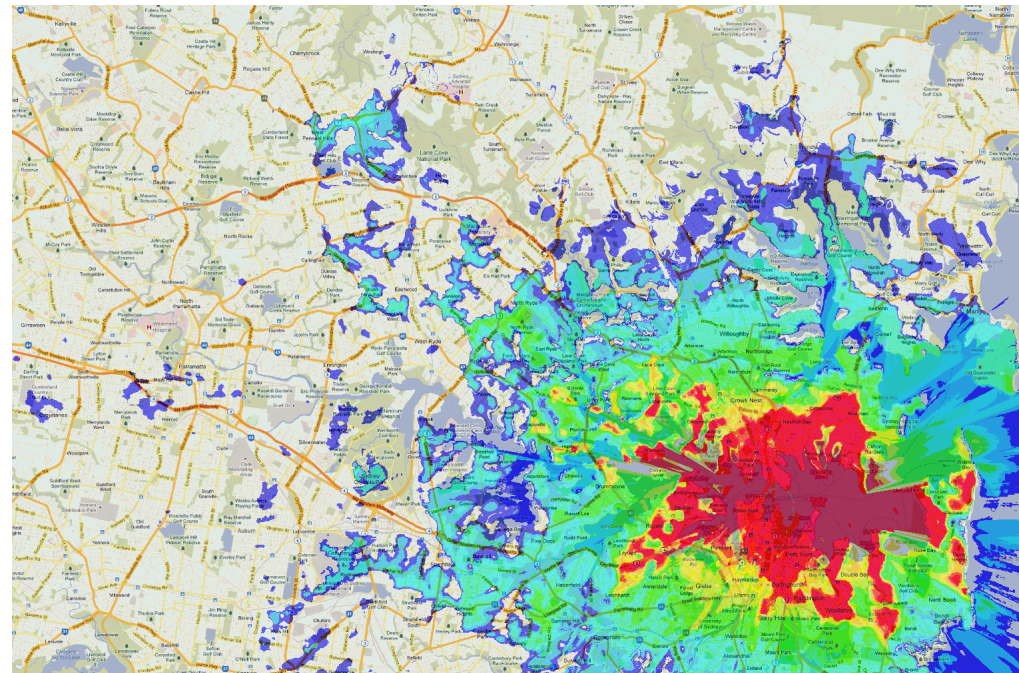
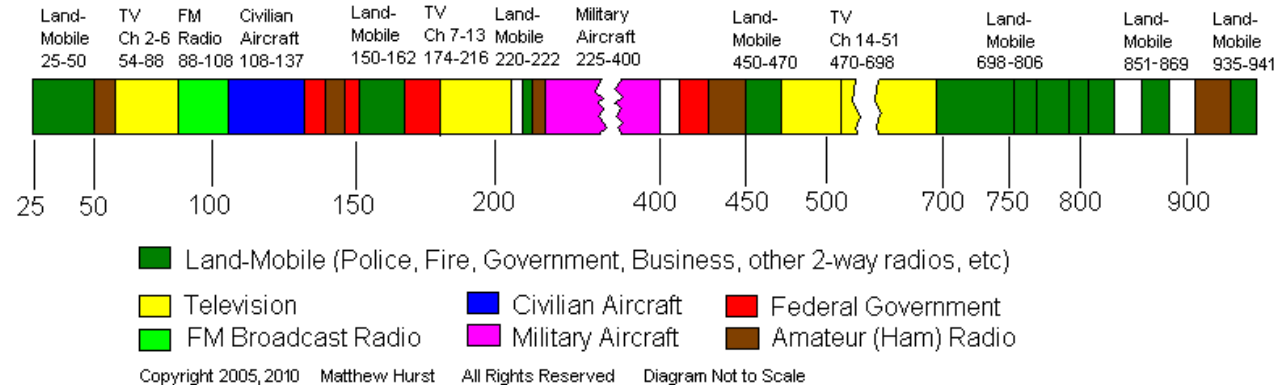


"Example radio coverage map" by Radiohead319, used under CC BY / cropped from original



Klassifikation nach Technischen Merkmalen

- Frequenz
- Spektrum
 - Lizenziert
 - Unlizenziert
- Reichweite
- Architektur
 - selbst betriebene Infrastruktur
 - ein Anbieter
 - viele Anbieter
- Datenrate (-richtung)
- Energieverbrauch
- Verfügbarkeit der Technik





Wireless LAN (WLAN)

- IEEE Standards (802.11a/b/g/n/ac)
- Private und öffentliche Access Points
- Zusammenschlüsse möglich (z.B. eduroam)

Problem: Stromverbrauch



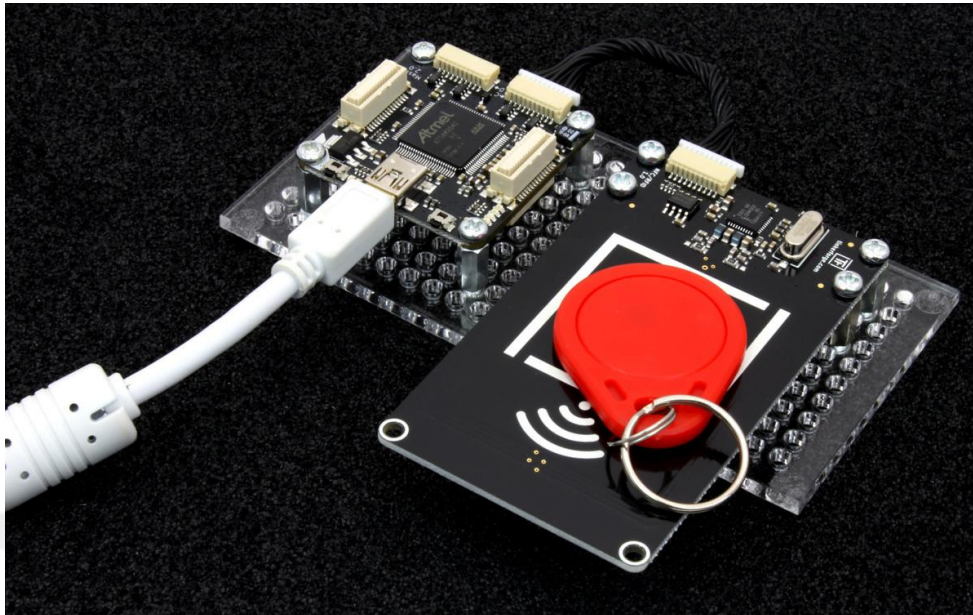
Frequenz	2,4 und 5,0 GHz
Spektrum	Unlizenziert
Reichweite	50 m
Architektur	Selbst betrieben
Datenrate/ -richtung	2 - 3500 Mbit/s Bidirektional
Energieverb.	Hoch
Verfügbarkeit	Sofort, Überall



Near-field communication (NFC)

- Geräte ohne Batterie
- Beispiele
 - Kontaktlose Bezahlungssysteme
 - Zugangssysteme

Problem: Reichweite



Frequenz	13,56 MHz
Spektrum	Unlizenziert
Reichweite	10 cm
Architektur	Selbst betrieben
Datenrate/ -richtung	424 kbit/s Üblicherweise Up
Energieverb.	Null
Verfügbarkeit	Sofort

SigFox



- Proprietäre Architektur, Endgeräte offen
- Ein Anbieter pro Land
 - Österreich hat noch keinen
- Industrial, scientific and medical (ISM) radio bands
 - 868 MHz in Europa
 - 915 MHz in den USA

Problem: „Vendor lock“

Frequenz	868 MHz
Spektrum	Unlizenziert
Reichweite	35 km
Architektur	Ein Anbieter
Datenrate/ -richtung	1680 byte/Tag Üblicherweise Up
Energieverb.	Niedrig
Verfügbarkeit	Verschieden

LoRa



- Proprietäre Technologie
- Verwendung mit LoRaWAN
 - Medienzugriff, Authentifizierung, ...
- Architektur ähnlich WLAN
 - Private APs und Zusammenschlüsse
 - Aktuell kein öffentlicher Betrieb möglich
- ISM Frequenz

Problem: Eigener Aufbau

Frequenz	868 MHz
Spektrum	Unlizenziert
Reichweite	35 km
Architektur	Selbst betrieben
Datenrate/ -richtung	0,3 bis 50 kbit/s Üblicherweise Up
Energieverb.	Niedrig
Verfügbarkeit	Sofort (Auswahl?)

GSM



- European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
- Seit 1995 mit Daten/SMS
- Bis wann?
- Verfügbarkeit annähernd weltweit (üblicherweise 3-4 Anbieter)

Problem: Unbekannte Restlaufzeit

Frequenz	0,9 und 1,8 GHz
Spektrum	Lizenziert
Reichweite	35 km
Architektur	Mehrere Anbieter
Datenrate/ -richtung	236,8 kbit/s Bidirektional
Energieverb.	Hoch
Verfügbarkeit	Sofort, Bis Wann?

NB-IoT



- Upgrade für LTE Basisstationen
- Architektur bekannt aus Mobilfunk
 - Mehrere potentielle Anbieter
 - Abdeckung wie LTE (wenn fertig ausgerollt)
- empfohlen unter 2 GHz

Problem: Datenrate

Frequenz	0,45 - 3,5 GHz
Spektrum	Lizenziert
Reichweite	35 km
Architektur	Mehrere Anbieter
Datenrate/ -richtung	50 kbit/s Bidirektional
Energieverb.	Niedrig
Verfügbarkeit	„Bald“

5G



- Nachfolger von LTE
- Zellulares Netz mit 3-4 Anbietern pro Land
- Neue Technologien
 - Millimeter Wellen
 - Massive MIMO
- Will viele Einsatzzwecke abdecken:
 - Hohe Datenrate
 - Viele Geräte
 - Sparsam
 - Zuverlässigkeit

Frequenz	0,4 - 60 GHz
Spektrum	Lizenziert
Reichweite	Weit
Architektur	Mehrere Anbieter
Datenrate/ -richtung	Hoch Bidirektional
Energieverb.	Niedrig
Verfügbarkeit	Ab 2020

Problem: In Entwicklung

→ WLAN verfügbar



Ausgelassen

- LPWAN
 - Dash7
 - RPMA
 - Weightless
- Zellular
 - eMTC (LTE Cat M1)
 - EC-GSM-IoT
 - LTE (Advanced, Advanced Pro)
- Automotive
 - IEEE 802.11p
 - ITS-G5
 - LTE-V
- Industriell
 - MiWi
 - WirelessHART
- Multi Purpose
 - IEEE 802.15.4
 - Bluetooth (low energy)
 - WiMax
 - Zigbee
 - Z-Wave
- Konzepte
 - 6LoWPAN
 - Visible Light Communication
 - mmWave
- Unzählige weitere Protokolle die auf irgendwas anderes aufbauen

<https://en.wikipedia.org/wiki/LPWAN>
<https://www.link-labs.com/blog/complete-list-iot-network-protocols>

Ende



Zusammenfassung:

Anforderungen → Benötigte Merkmale → Technologie

Ergebnis:

Es gibt nicht *die beste* drahtlose Kommunikations-Technologie

Salzburg Research hat Erfahrung mit vielen Technologien

- Technologievergleich im Narrowband-M2M Testbed
- Bewerten von Zuverlässigkeit im 5G Messlabor
- Kommunikation für Einsatzkräfte in IDIRA

Wir sind immer auf der Suche nach Partnern (z.B. für Forschungsprojekte)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

salzburgresearch

Matthias Herlich

Forscher

Salzburg Research Forschungsgesellschaft mbH

Jakob Haringer Straße 5/3 | 5020 Salzburg, Austria

T +43.662.2288-0 | F -222

matthias.herlich@salzburgresearch.at