



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
Tuscia

Digitalizzazione dei processi: la piattaforma IoT

Industria 4.0: le opportunità per le imprese

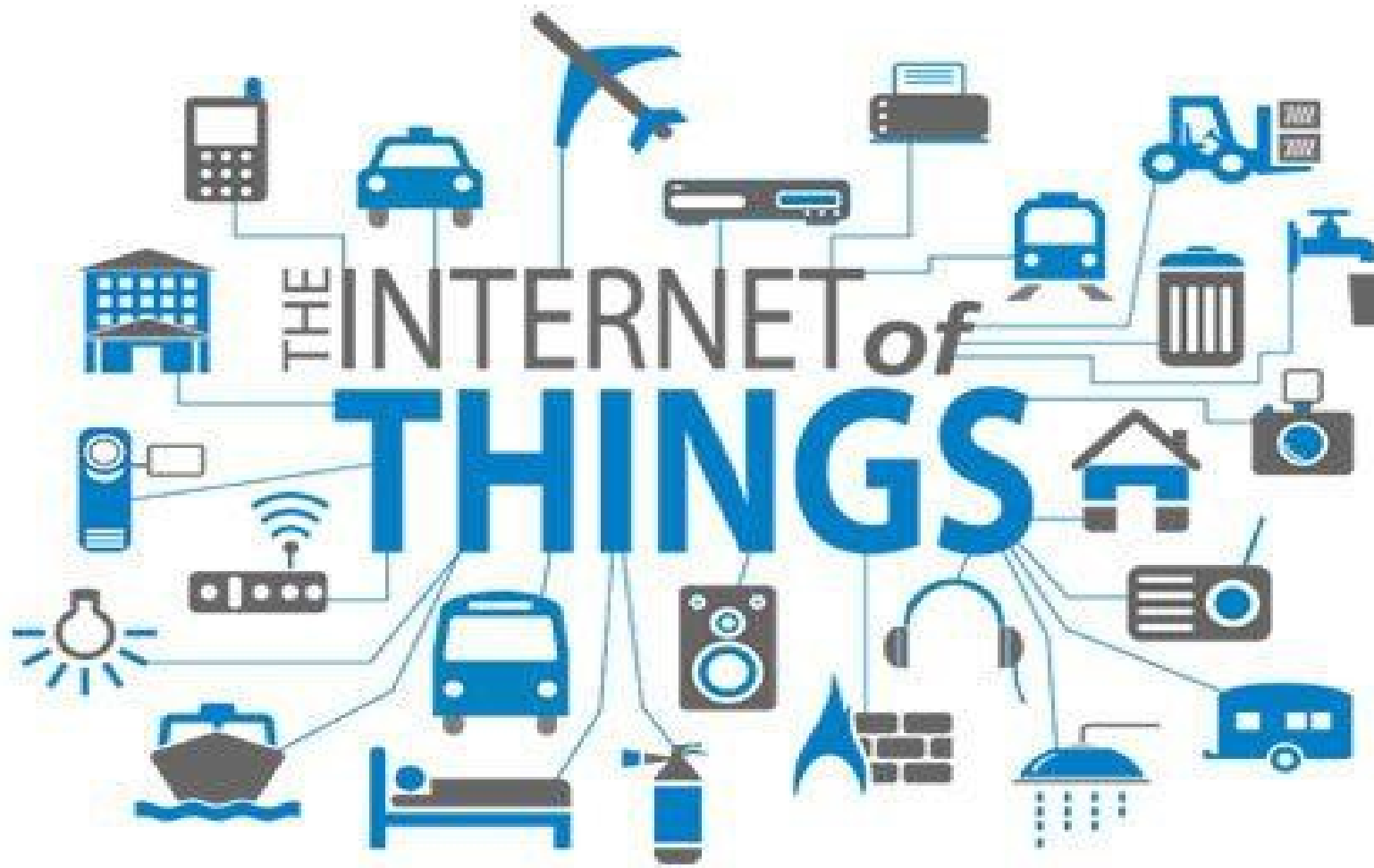
Università degli Studi della Tuscia, Viterbo 19.10.2018



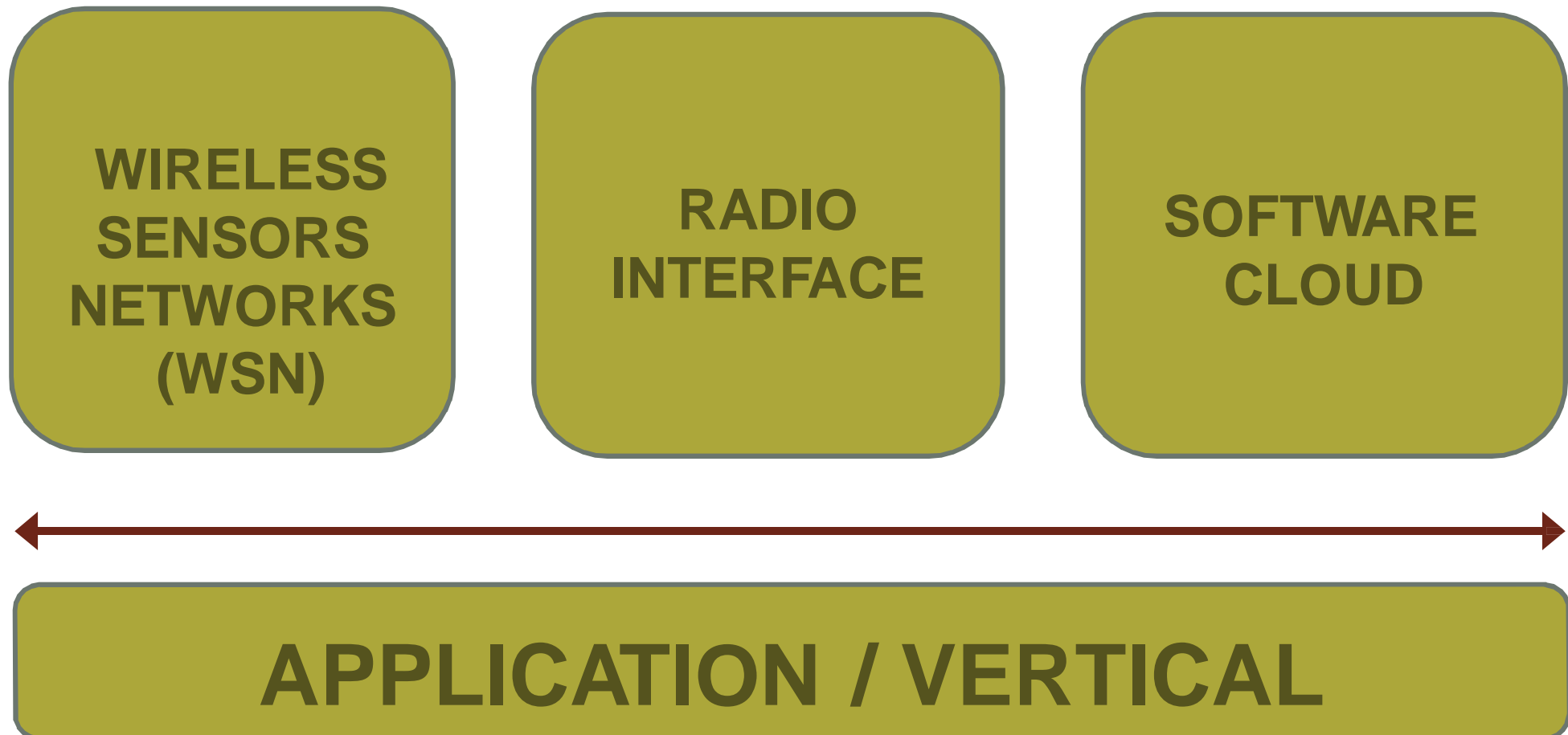
Giuseppe Calabrò
giuseppe.calabro@unitus.it

Arcangelo Lo Iacono
a.loiacono@unitus.it

...things: *gli oggetti*

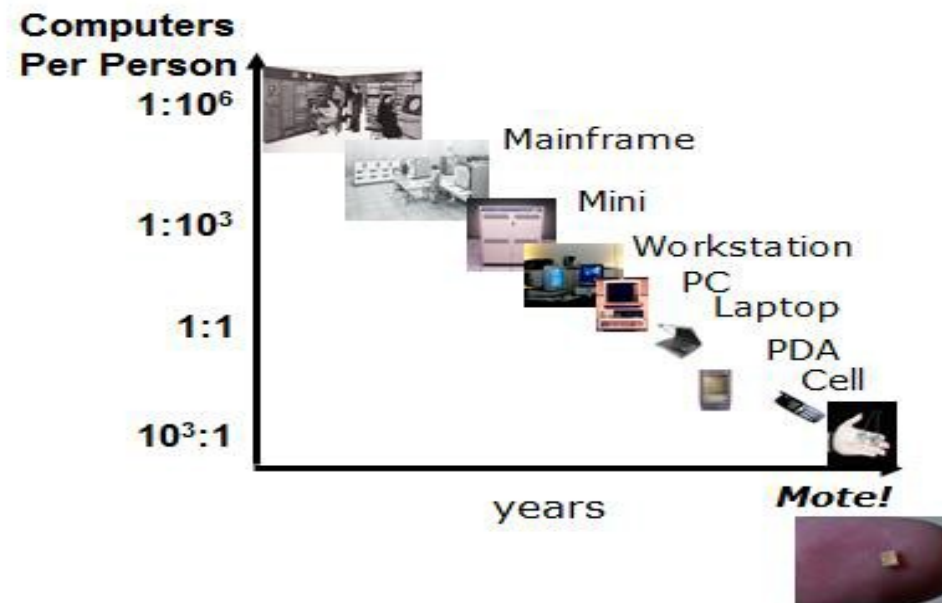
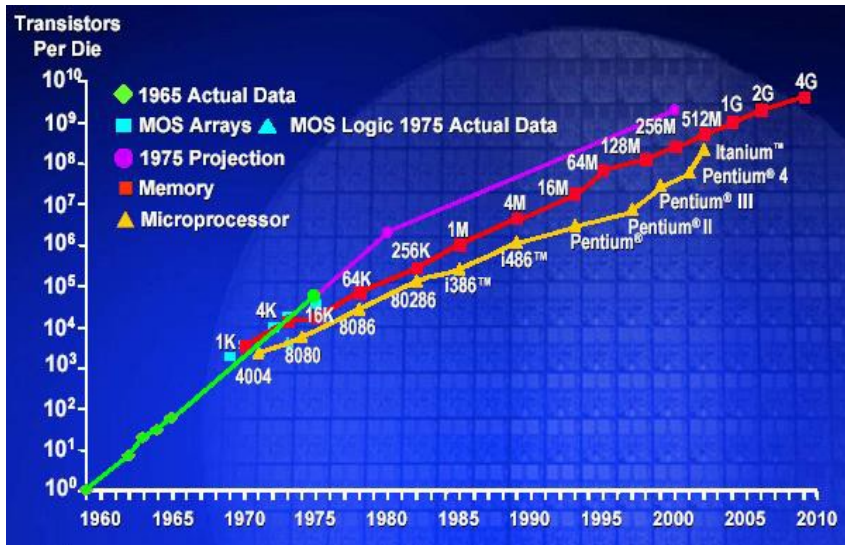


Internet of Things (IoT) Platform



- **Wireless sensors network**
 - Sensori *Smart* in grado di trasmettere le misure su interfaccia radio
- **Radio Interface**
 - Nuovi protocolli *customizzati* per Machine-to-Machine (M2M), BigData e IoT
- **Software Cloud**
 - La piattaforma SW per l'elaborazione dei dati raccolti

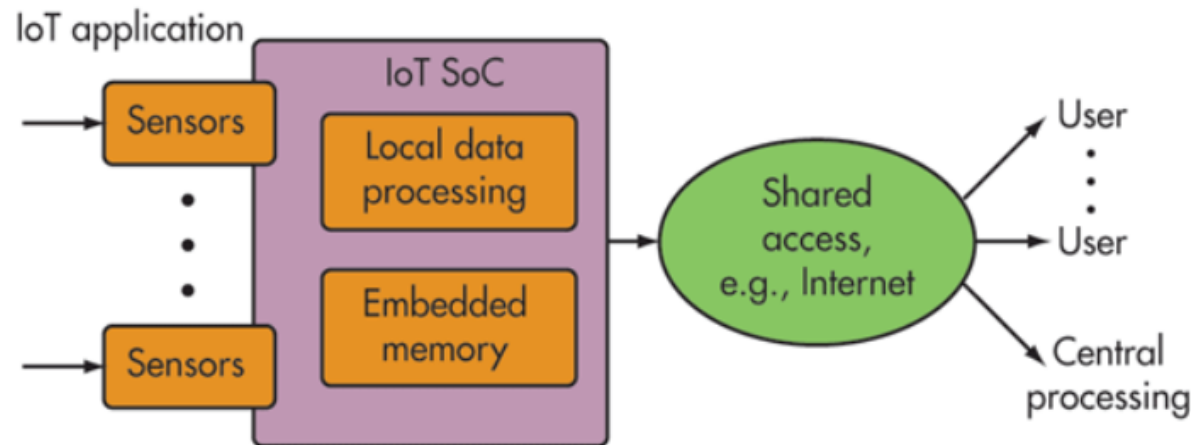
- La tecnologia abilitante: miniaturizzazione CMOS



Legge di Moore: numero di transistor su chip raddoppia ogni 18 mesi

Legge di Bell: una nuova generazione di calcolatori nasce ogni 10 anni

Source: Lecture slides of "Wireless Embedded Internetworking", Prof. D. Culler, University of Berkeley
<http://inst.eecs.berkeley.edu/~cs194-5/sp08/>



Data flow in an IoT application moves from sensors to the cloud.

I **micro-sensori** (**System-on-Chip**) sono dei veri e propri micro-calcolatori.

In un'unica piccola board si riesce ad avere:

- **la capacità sensoristica** → misurare i fenomeni esterni (temperatura, pressione, vibrazione, accelerazione, umidità,...)
- **la capacità di memorizzare l'informazione** → la memoria
- **la capacità di processare l'informazione** → il processore
- **la capacità di trasmettere l'informazione** → i transceiver

- Low Power: basso consumo di energia
 - ✓ Ordine dei milliWatt (batterie da 10 mW/giorno su cm³)
 - ✓ Problema dell' *Idle listening* (mW in modalità attiva, μW in modalità passiva)
- Low Cost: miliardi di oggetti connessi nei prossimi anni
- Low size: 1 milione di transistor su uno spazio di 1 mm²
- Low rate: bit rate molto basso

→ Tecnologia: CMOS RF/DSP

Source: Lecture slides of "Wireless Embedded Internetworking", Prof. D. Culler, University of Berkeley
<http://inst.eecs.berkeley.edu/~cs194-5/sp08>

- Le informazioni raccolte dai WSN devono essere condivise in rete
- E' sufficiente l'attuale tecnologia di accesso a Internet?
- Perché c'è bisogno di una nuova tecnologia?

IoT rappresenta una nuova sfida con

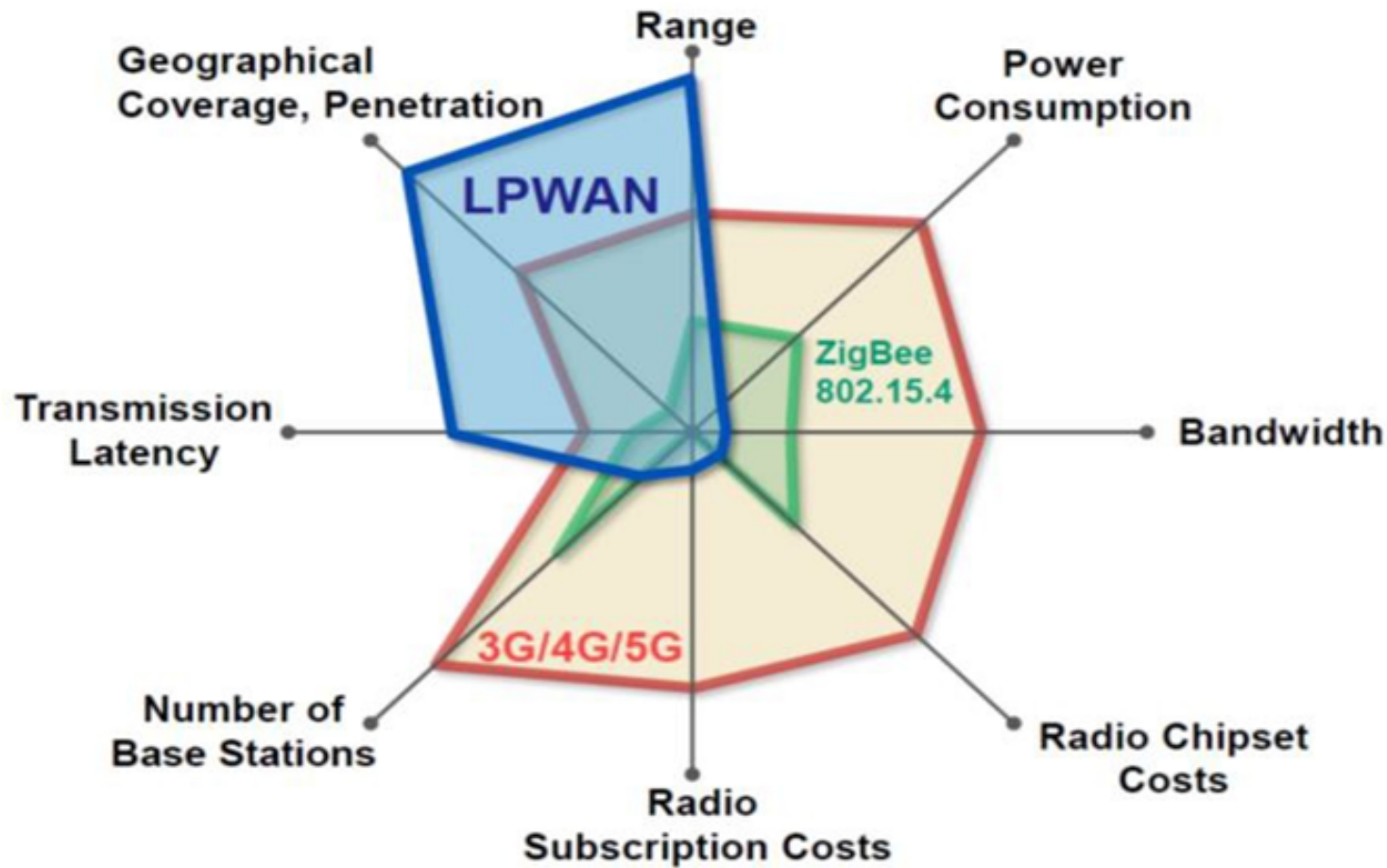
- risorse limitate
- elevatissima numerosità
- basso *throughput*
- ampia penetrazione in zone rurali (Smart farming, etc...)

Image source: <http://www.ictpower.it/tecnologia/lorawan.htm>

- **Low Power Personal Area Networks**
 - LowPAN e 6LowPAN
- **Low Power Wide Area Network – LPWAN**
 - Tecnologie Long Range
 - LoRa Alliance™, SigFox
- **Cellular IoT : NB-IoT**
 - 3GPP (Standardization body for mobile networks) Release 13

- **Tecnologie radio abilitanti IoT con**
 - Long Battery Life
 - Low Cost chipsets and networks elements
 - Basso Throughput
 - Ampio Link Budget (> 10 km range in open field)
 - Connettività su ampie aree
- Complementa le esistenti reti cellulari

LPWAN Vs altre tecnologie



"LPWAN LOW POWER WIDE AREA NETWORK OVERVIEW OF EMERGING TECHNOLOGIES FOR LOW POWER WIDE AREA NETWORKS IN INTERNET OF THINGS AND M2M SCENARIOS " Peter Egli, 2015 - http://www.indigoo.com/dox/itdp/12_MobileWireless/LPWAN.pdf

LPWAN: Long Range WAN Vs Cell. IoT



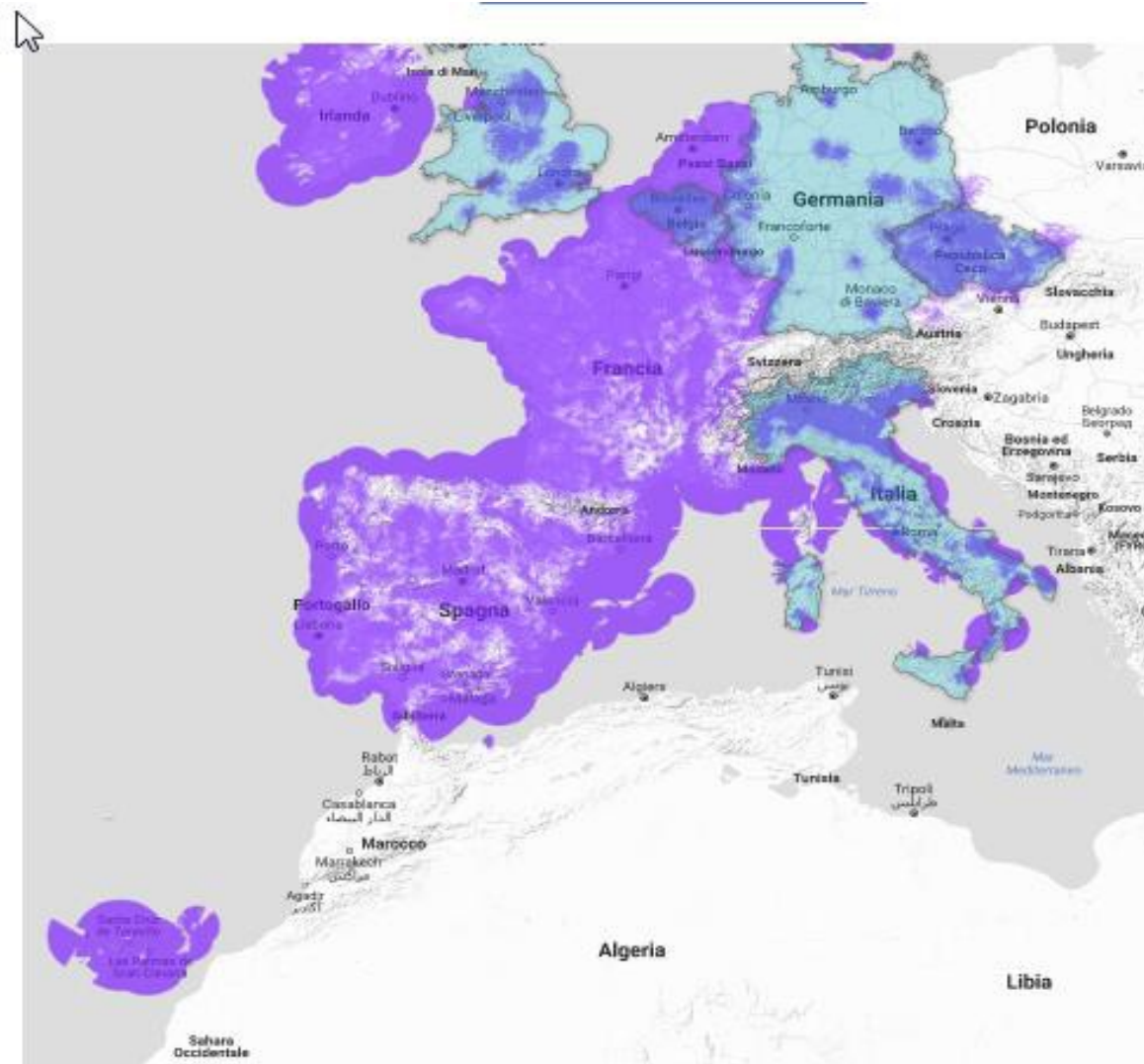
Due standard concorrenti: Long Range WAN vs Cellular IoT

| | SIGFOX | LoRa | clean slate cloT | NB LTE-M Rel. 13 | LTE-M Rel. 12/13 | EC-GSM Rel. 13 | 5G (targets) |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|---|--|--|--------------------------------|
| Range (outdoor) MCL | <13km 160 dB | <11km 157 dB | <15km 164 dB | <15km 164 dB | <11km 156 dB | <15km 164 dB | <15km 164 dB |
| Spectrum Bandwidth | Unlicensed 900MHz 100Hz | Unlicensed 900MHz <500kHz | Licensed 7-900MHz 200kHz or dedicated | Licensed 7-900MHz 200kHz or shared | Licensed 7-900MHz 1.4 MHz or shared | Licensed 8-900MHz 2.4 MHz or shared | Licensed 7-900MHz shared |
| Data rate | <100bps | <10 kbps | <50kbps | <50kbps | <1 Mbps | 10kbps | <1 Mbps |
| Battery life | >10 years | >10 years | >10 years | >10 years | >10 years | >10 years | >10 years |
| Availability | Today | Today | 2016 | 2016 | 2016 | 2016 | beyond 2020 |

Extract from White Paper Nokia "LTE-M – Optimizing LTE for the Internet of Things" del 2015

- **Fondata nel 2009 in Francia, *Toulouse IoT valley***
- **Il primo global IoT service provider**
- **Tecnologia:**
 - Modulazione Ultra NarrowBand
 - Utilizza le bande 868 MHz (EU) e 902 MHz (USA) 920 MHz (Australia, SudAmerica)
- **Copertura:**
 - Presente in 23 nazioni tramite i suoi network operators
 - Francia, Germania, Spagna
 - Italia, Stati Uniti attualmente in fase di costruzione rete
 - Roll out della rete in Italia tramite Nettrotter (Gruppo EITowers)

Sigfox coverage: Europe



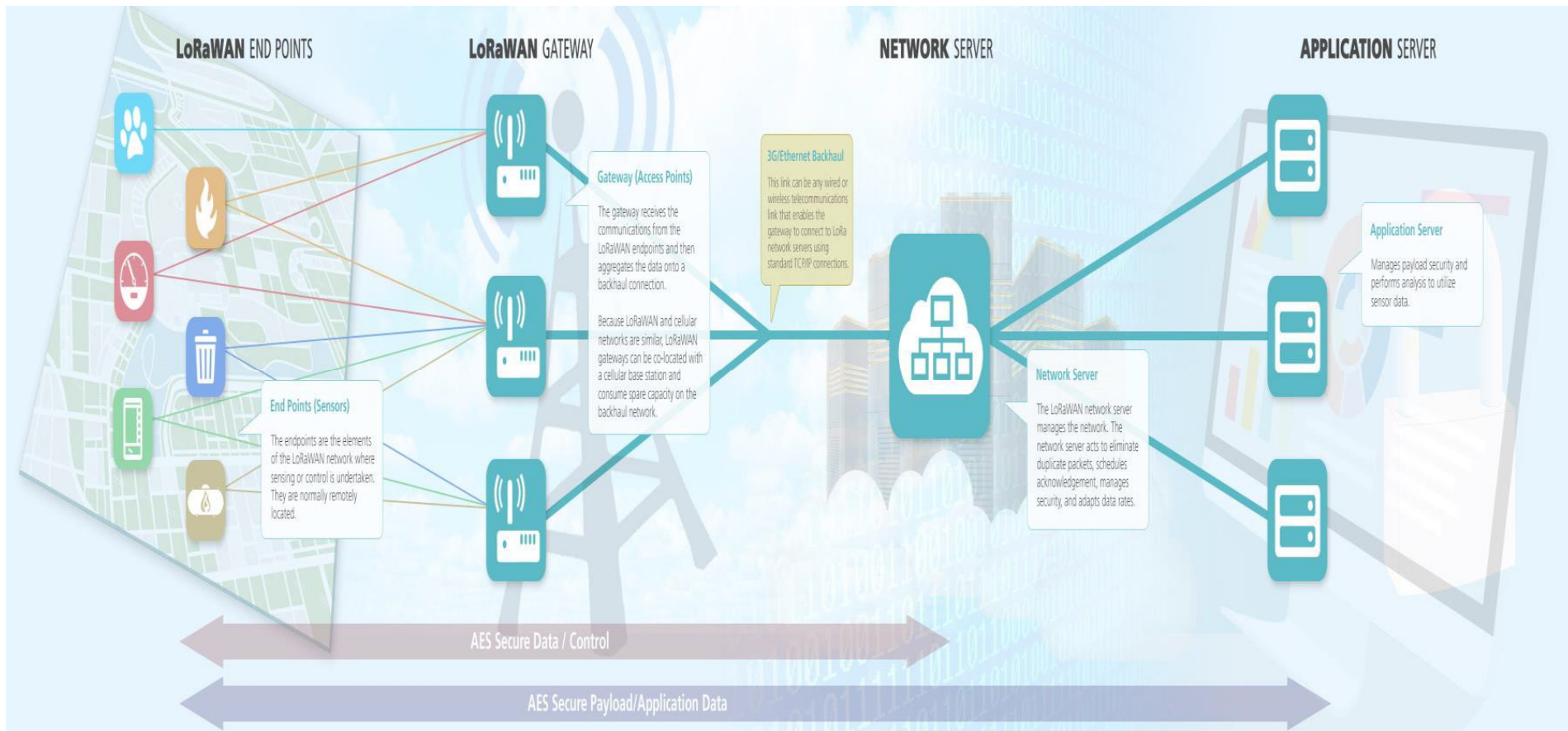
Source: <http://www.sigfox.com/en/coverage>

- **Tecnologia radio sviluppata da SEMTECH:**
 - Costituzione della LoRa Alliance™ (IBM, Cisco....)
 - Non è IoT service provider: è una piattaforma per i service provider
- **Tecnologia:**
 - LoRa è una modulazione Chirp Spread Spectrum– Layer 1
 - LoRa WAN è un protocollo di layer 2 – Medium Access Control
- **Copertura:**
 - Senet in USA : 100 città coperte a Giugno¹
 - A2A Smart City + Semtech: Lombardia occidentale
 - Roll-out in Lazio: Unidata

1: <http://www.rcrwireless.com/20160615/internet-of-things/100-u-s-cities-covered-senet-lora-network-iot-tag17>

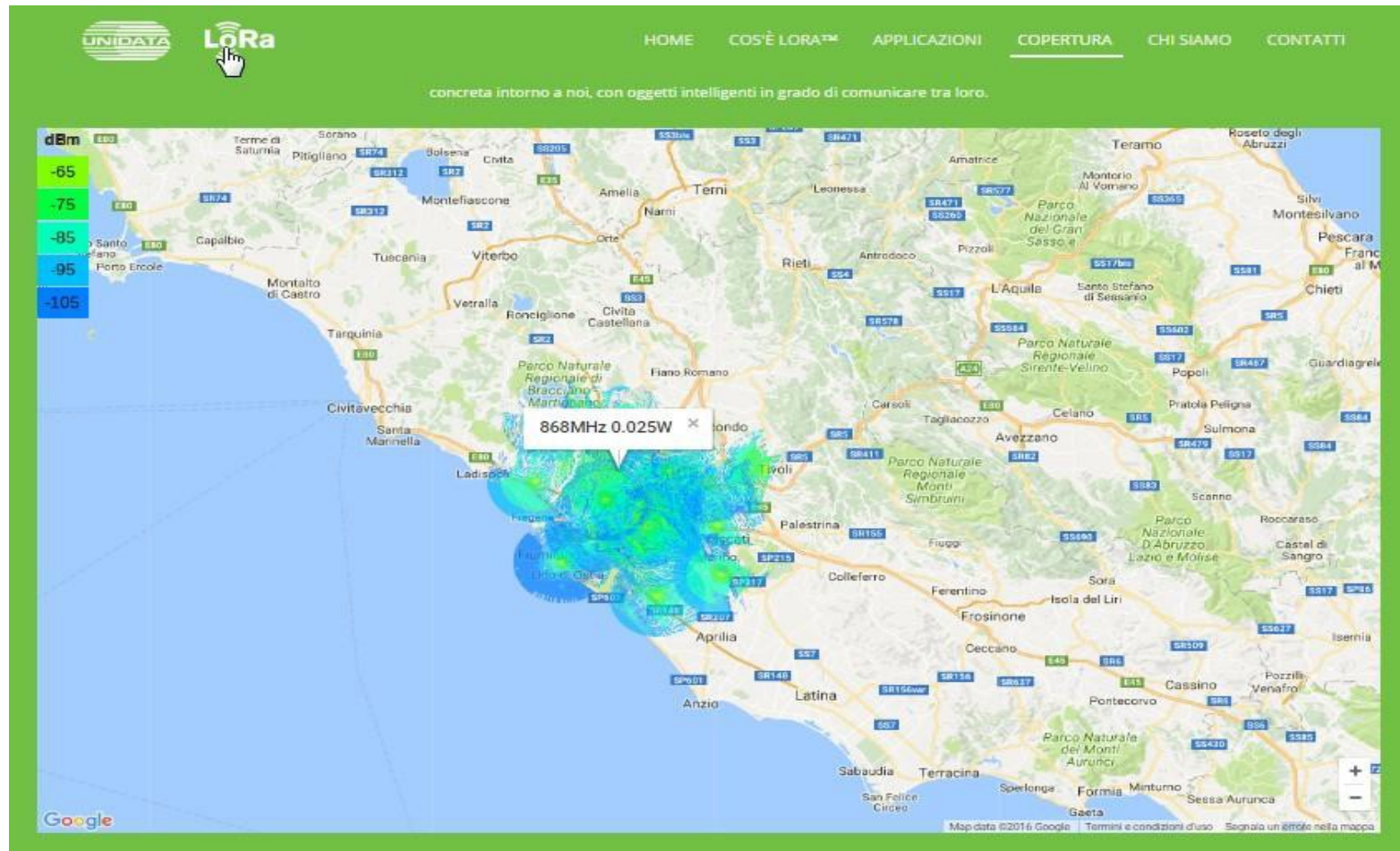
LoRa Network Architecture

- **Start of stars topology**



LoRa network architecture. Source: Semtech

Copertura LoRa Lazio



Source: <https://loraitaly.it/#copertura>

Cellular Techs: LTE-M & NB-IoT

| | Release 8 | Release 8 | Release 13 | Release 13 |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|------------------------------|
| Modem/device chip category | Category 4 | Category 1 | Category M1 (eMTC) | Category NB1 (NB-IoT) |
| Downlink peak rate | 150Mbps | 10Mbps | 1Mbps | 170kbps |
| Uplink peak rate | 50Mbps | 5Mbps | 1Mbps | 250kbps |
| Number of antennas | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Duplex mode | Full duplex | Full duplex | Full/Half duplex | Half duplex |
| UE receive bandwidth | 1.08-18MHz | 1.08-18MHz | 1.08MHz | 180kHz |
| UE transmit power | 23dBm | 23dBm | 20/23dBm | 20/23dBm |
| Multiplexed within LTE | Yes | Yes | Yes | Yes/No |
| Modem complexity | 100% | 80% | 20% | 15% |

Figure 7: Complexity/cost reductions for LTE-M and NB-IoT evolution

- 3GPP Release 12
 - Introduce LTE-M
 - UE (User Equipment) Category 0
 - Significativa riduzione dei data rate
- 3GPP Release 13
 - Ottimizzazione di LTE-M
 - Introduce NB-IoT
 - Riduzione banda a 180 kHz sia Downlink che Uplink
 - Atteso lancio commerciale delle reti – seconda metà 2017
 - Ottimizzazioni IoT nella Core Network
- Spettro proprietario, in concessione agli operatori

Extract from White Paper Nokia “LTE-M – Optimizing LTE for the Internet of Things” del 2015

LoRa Vs NB-IoT



| | LoRa | NB-IoT |
|---------------|------------|--------------|
| Spettro | Unlicensed | Licensed |
| Synch | Wake-up | Regular |
| Troughpput | basso | alto |
| Battery drain | Basso | alto |
| Timeline | Ready | 2° half 2017 |
| Cost | Basso | alto |



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
Tuscia

Digitalizzazione dei processi: la piattaforma IoT

Grazie per la cortese attenzione



Giuseppe Calabrò
giuseppe.calabro@unitus.it

Arcangelo Lo Iacono
a.loiacono@unitus.it

Back-up slides

IoT Hardware: stato dell'arte

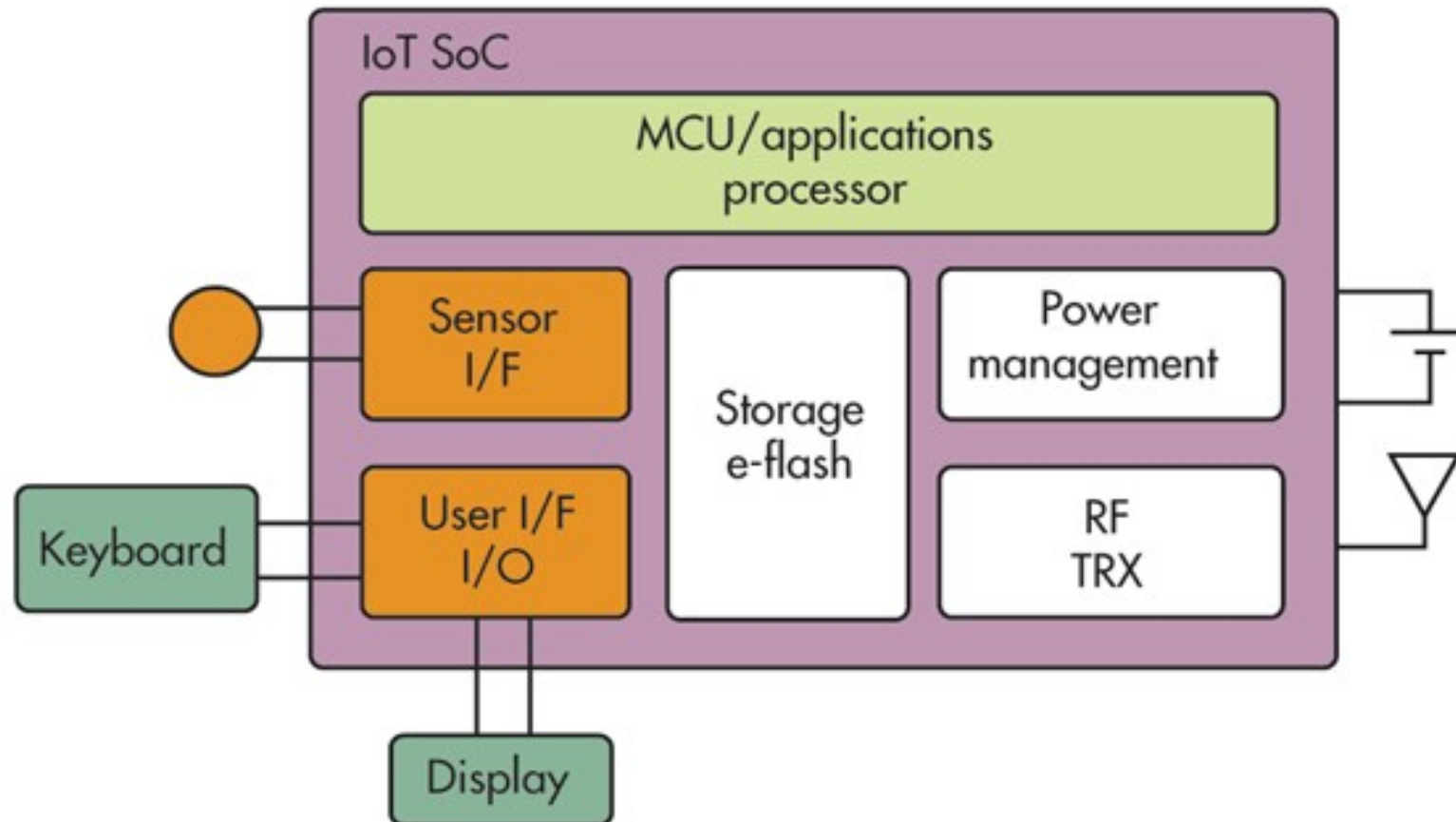


Image source: <http://electronicdesign.com/analog/define-analog-sensor-interfaces-iot-socs>