



Firenze 30 Ottobre 2017



ACCADEMIA DEI GEORGOFILI

Sottomisura 16.1 PSR Regione Toscana 2014-2020 (Fondi FEASR)



# ULTRAREP

Sistemi innovativi di difesa ULTRASound Animal REPeller per prevenire i danni alle colture causati dagli ungulati selvatici

## *La repulsione di fauna selvatica mediante ultrasuoni: aspetti tecnologici ed esperienze nell'ambito del progetto ULTRAREP*

*Stefano Giordano*

*Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione*

*Università di Pisa – Via Caruso n.16 Pisa*

*e*

*CNIT: Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni*

cnit



Regione Toscana





# 31° Anniversario del primo collegamento ad Arpanet

<https://www.youtube.com/watch?v=cjVGB197ocQ>

Internet Day 2017



AGI presenta #INTERNETDAY:  
Uomini, robot e tasse: il dilemma digitale

Elio Catania – Presidente di Confindustria Digitale

*"Perché la leadership del paese non ha capito che cosa Internet e le tecnologie di rete stavano portando all'economia, pensavano fosse "un altro computer" e in realtà era un ridisegno completo del modo di essere, di vivere e di competere. Questo ritardo l'abbiamo pagato in termini di crescita e di occupazione."*

## 1° Rivoluzione industriale



Utilizzo di macchine azionate da energia meccanica

Introduzione di potenza vapore per il funzionamento degli stabilimenti produttivi

Fine 18° secolo

## 2° Rivoluzione industriale



Produzione di massa e catena di montaggio

Introduzione dell'elettricità, dei prodotti chimici e del petrolio

Inizio 20° secolo

## 3° Rivoluzione industriale



Robot industriali e computer

Utilizzo dell'elettronica e dell'IT per automatizzare ulteriormente la produzione

Primi anni '70

## 4° Rivoluzione industriale

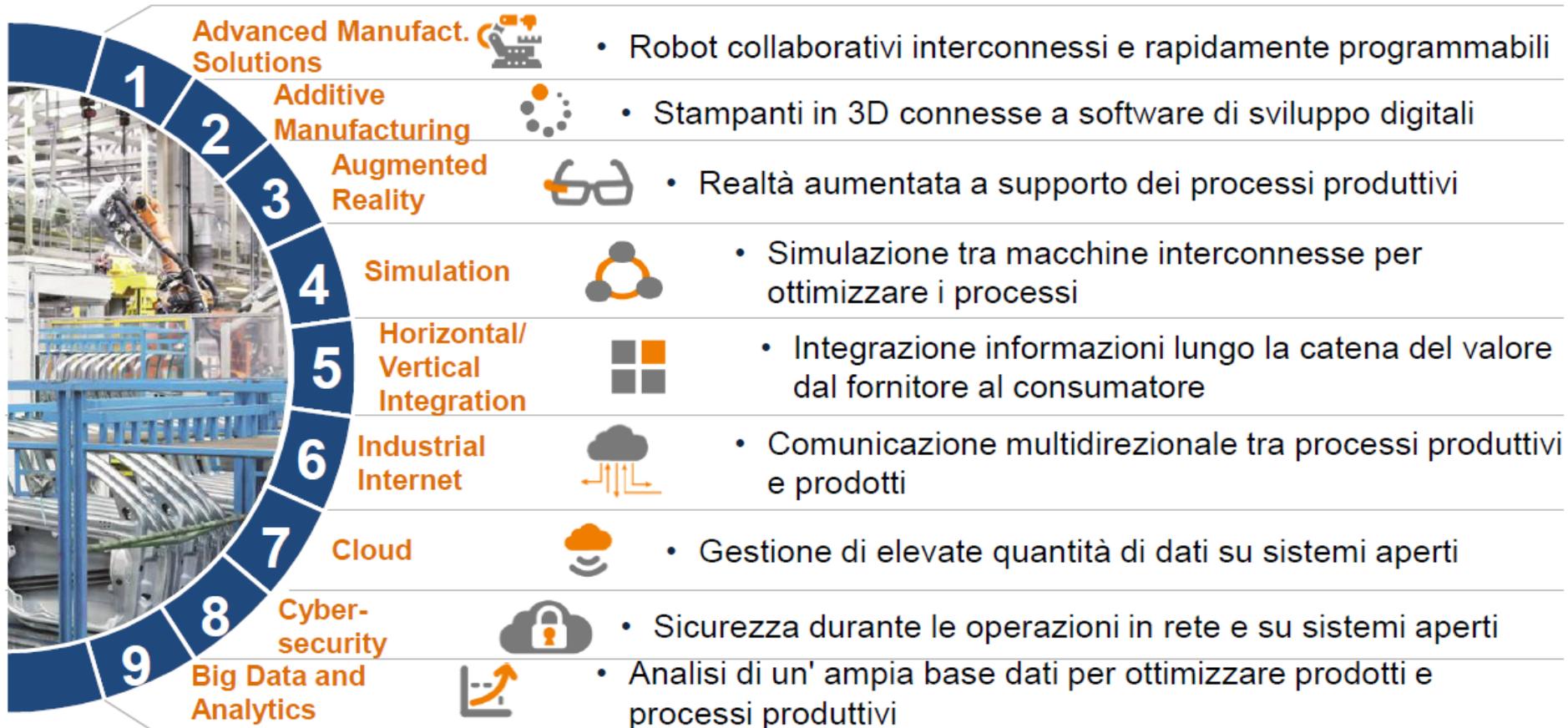


Connessione tra sistemi fisici e digitali, analisi complesse attraverso Big Data e adattamenti real-time

Utilizzo di macchine intelligenti, interconnesse e collegate ad internet

Oggi - prossimo futuro

# Industria 4.0: le tecnologie abilitanti





# Apocalittici e Integrati



- **Le nuove tecnologie FRATTURANO in VINCITORI E VINTI**
- Dati OCSE: nel 2014 l'Italia investe in Ricerca una cifra pari all'**1.29%** del PIL in ricerca la media Europea è al **2.38**
- L'investimento in Ricerca decresce dell' **-1,8 %** anno su anno contro il **+2,3%** di investimento nelle valutazioni OCSE
- **Germania 3% del PIL e crescita 4% anno su anno**
- 70 miliardi di interessi di debito pubblico da pagare!!!
- *Nel 2010 si contavano 3000 sole aziende in Italia con più di 200 dipendenti*
- 160 Meuro tutto l'investimento in Start-up
- 300 Meuro in una sola azienda in Francia
- **150 Miliardi di Euro di macchinari esportati dall'Italia**
- **5° Paese del mondo in termini di export**



# “The Internet of things”

- ubiquitous
- pervasive
- wireless
- mobile
- wearable
- distributed
- embedded
- dynamic
- energy aware

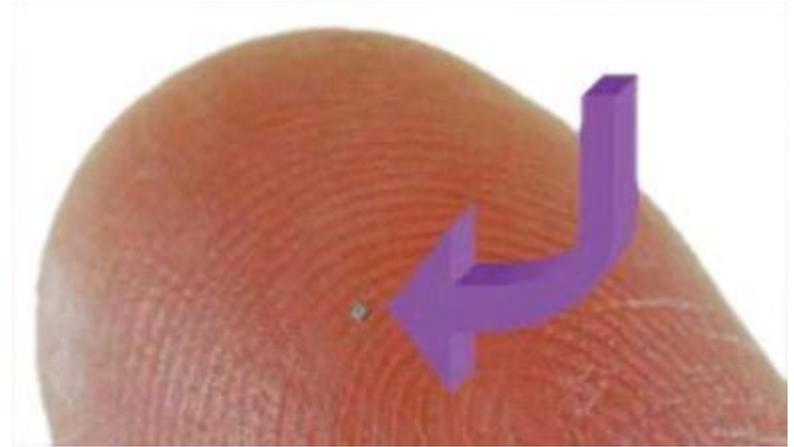
“Smart Dust” 2001

Kristofer Pister UC Berkeley





# Smart Dust (UC Berkeley 2001)



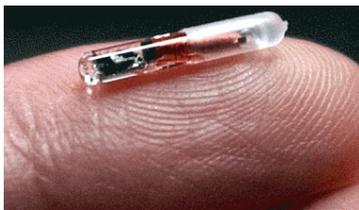
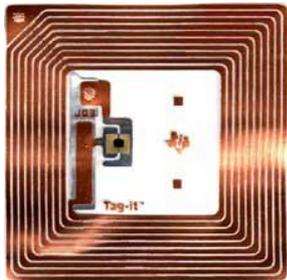
- ◆ Can be scattered around battlefields to track troop movements.
- ◆ Can be embedded in roads to collect traffic data.
- ◆ Used for detecting climatic conditions.
- ◆ Monitoring energy use in buildings (offices, supermarkets etc.)
- ◆ Environmental and habitat monitoring (air quality, soil moisture, animal tracking etc.)
- ◆ Industrial monitoring.



# Il primo passo verso l'IoT: gli RFID

A tag can be passive (not using a battery), semi-active (using a battery for sensing/processing, but not for communication), or active (battery-powered tag with very low power consumption).

Passive  
RFID



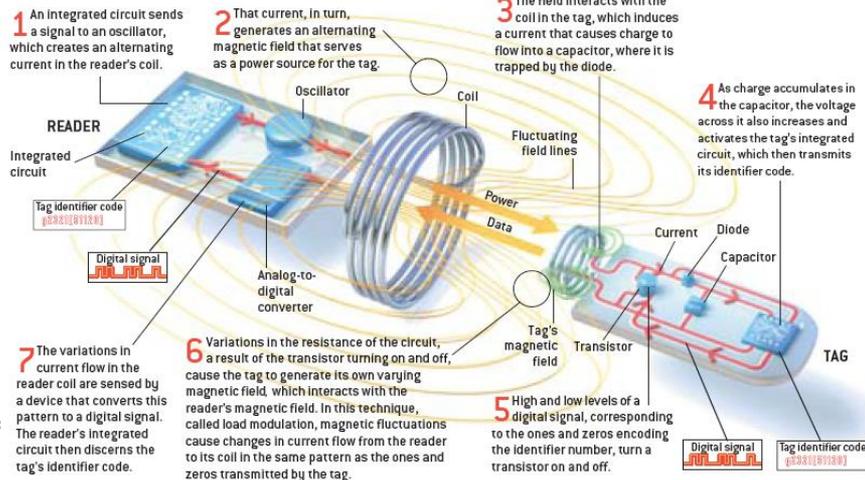
Active  
RFID



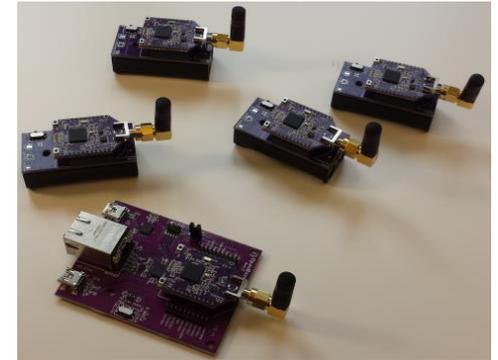
RFID  
Semi-passive



## LOW-FREQUENCY SYSTEM

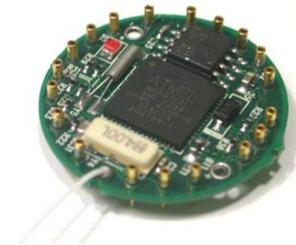


# La seconda fase: Wireless Sensor Networks



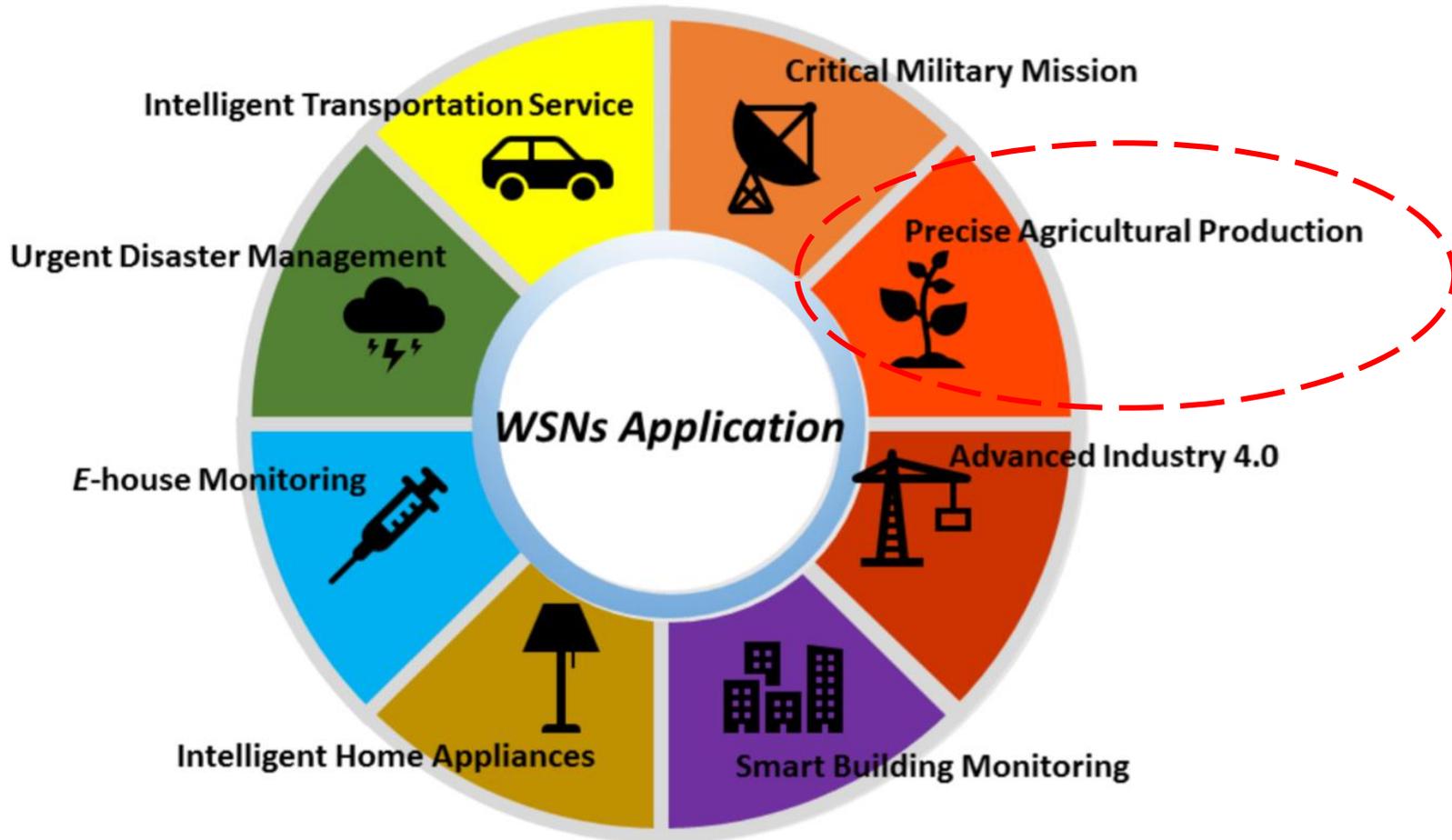
## Building blocks of Wireless Sensor Networks (WSN)

- ▶ A very low cost low power computer
- ▶ Interfaced to one or more sensors
- ▶ A Radio Link to the outside world





# Applicazioni dell'Internet of Things





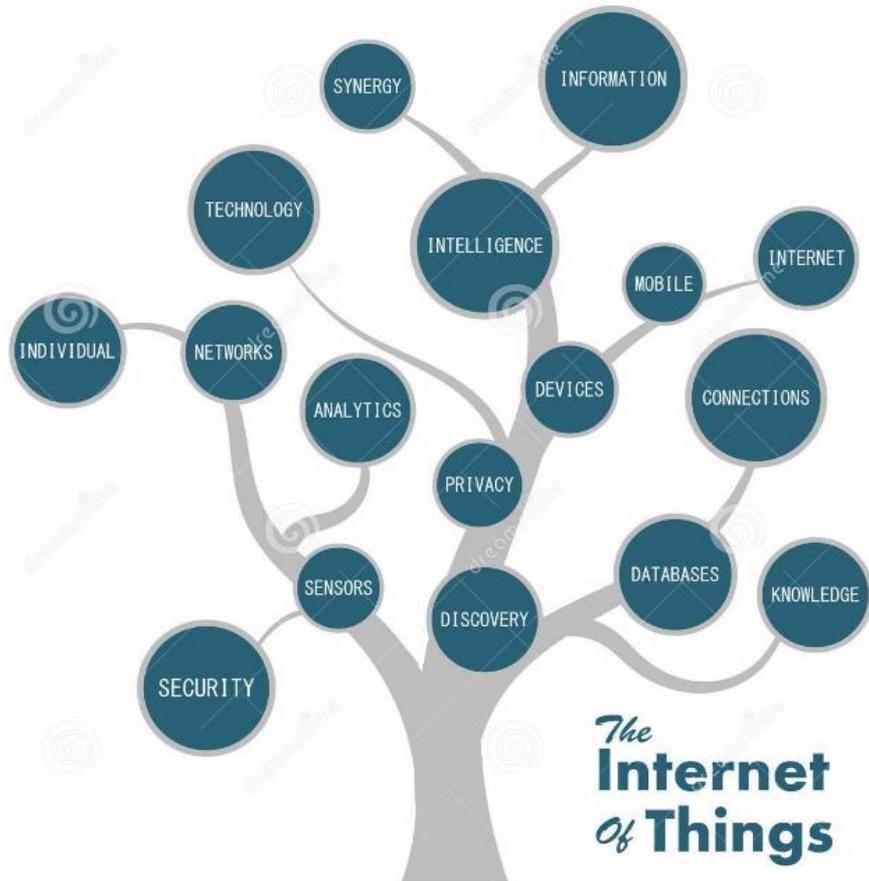
# Sistemi "embedded" che scoprono le telecomunicazioni..



# ...Solo tanti nuovi telecomandi



# IoT: un abilitatore di nuovi servizi

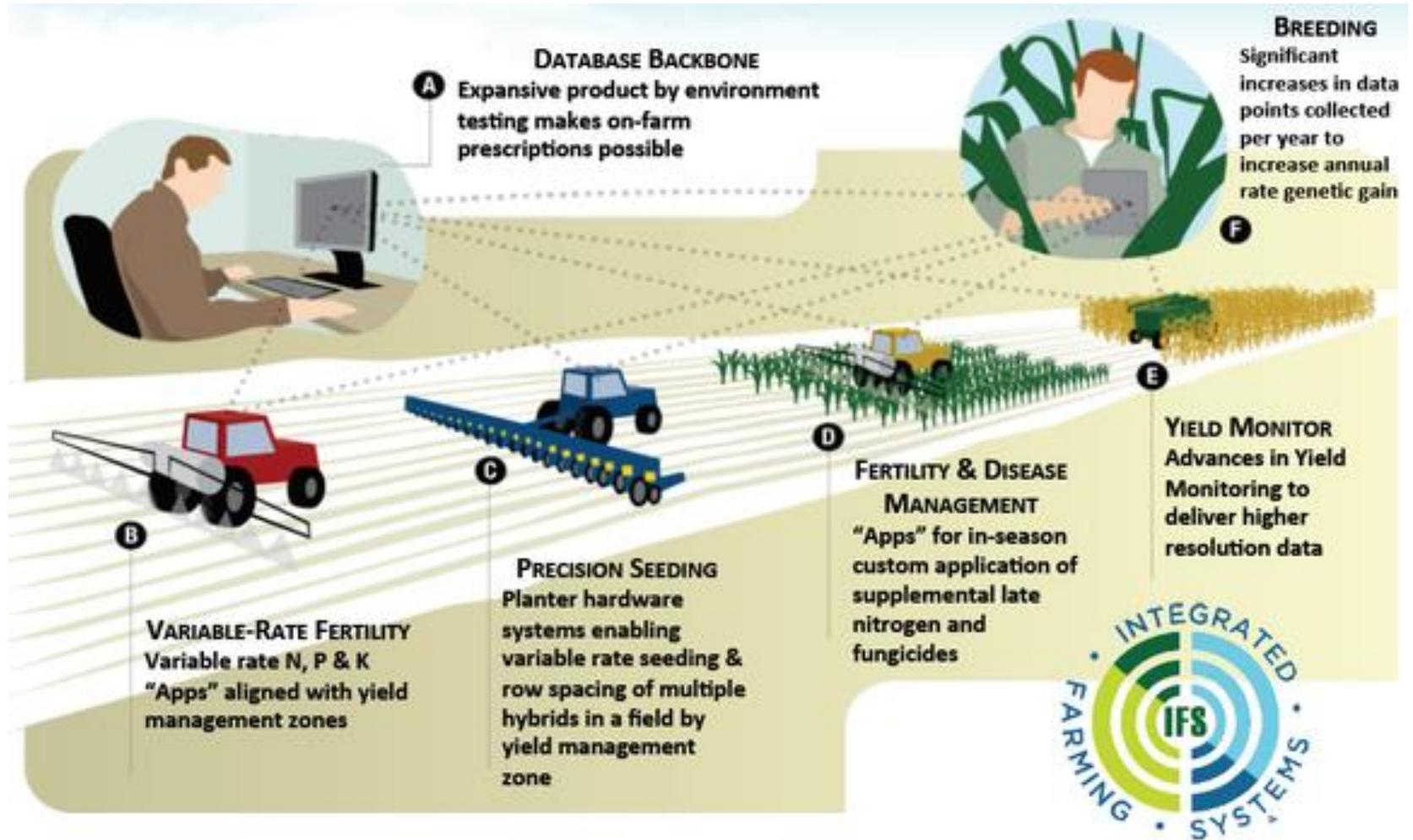


Rec. ITU-T Y.2060 (06/2012)

"Internet of things (IoT): A global infrastructure for the information society, **enabling advanced services** by interconnecting (physical and virtual) things based on existing and evolving **interoperable *information* and *communication* technologies**"



# Smart farming



## FUTURE FARMS small and smart

### SURVEY DRONES

Aerial drones survey the fields, mapping weeds, yield and soil variation. This enables precise application of inputs, mapping spread of pernicious weed blackgrass could increase wheat yields by 2-5%.

### FLEET OF AGRIBOTS

A herd of specialised agribots tend to crops, weeding, fertilising and harvesting. Robots capable of microdot application of fertiliser reduce fertiliser cost by 99.9%.



### FARMING DATA

The farm generates vast quantities of rich and varied data. This is stored in the cloud. Data can be used as digital evidence reducing time spent completing grant applications or carrying out farm inspections saving on average £5,500 per farm per year.

### TEXTING COWS

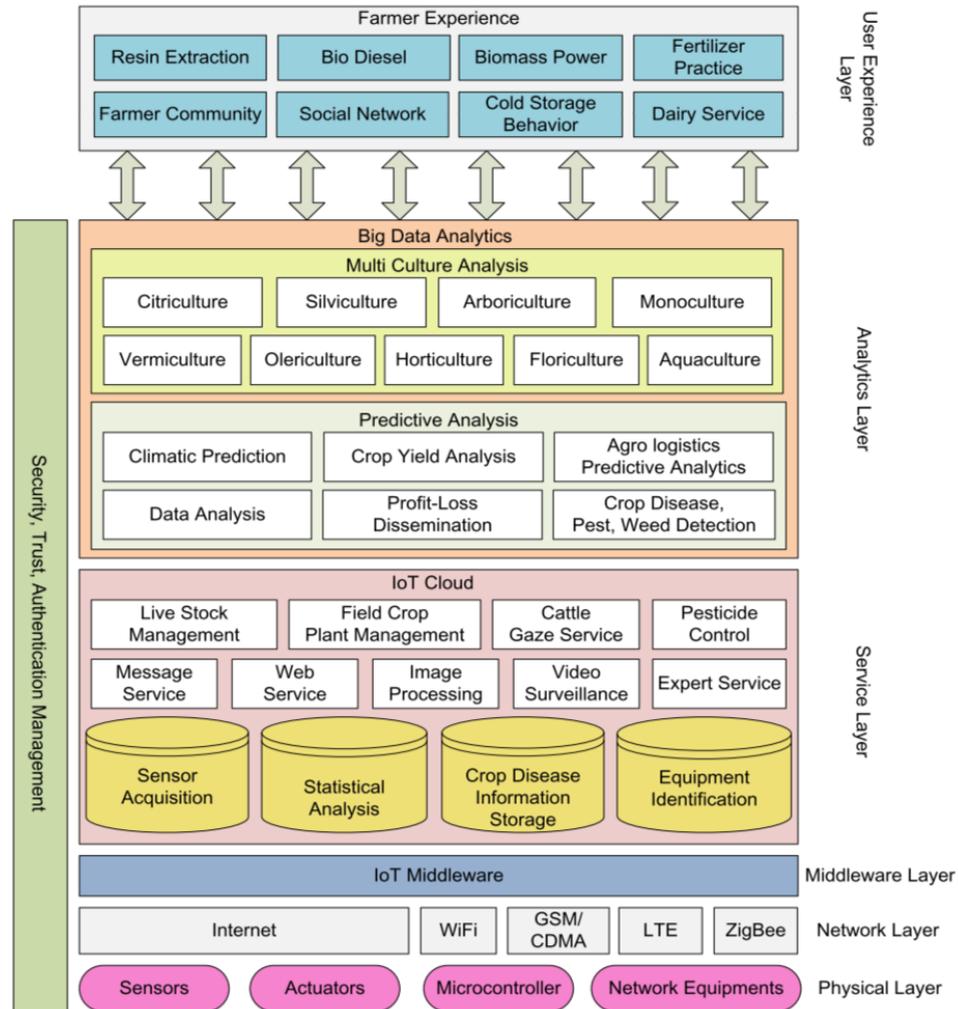
Sensors attached to livestock allowing monitoring of animal health and wellbeing. They can send texts to alert farmers when a cow goes into labour or develops infection increasing herd survival and increasing milk yields by 10%.

### SMART TRACTORS

GPS controlled steering and optimised route planning reduces soil erosion, saving fuel costs by 10%.



# IoT in Agriculture





# IoT in Agriculture

## AG TECH: 100+ TECHNOLOGY COMPANIES CHANGING THE FARM



CBINSIGHTS

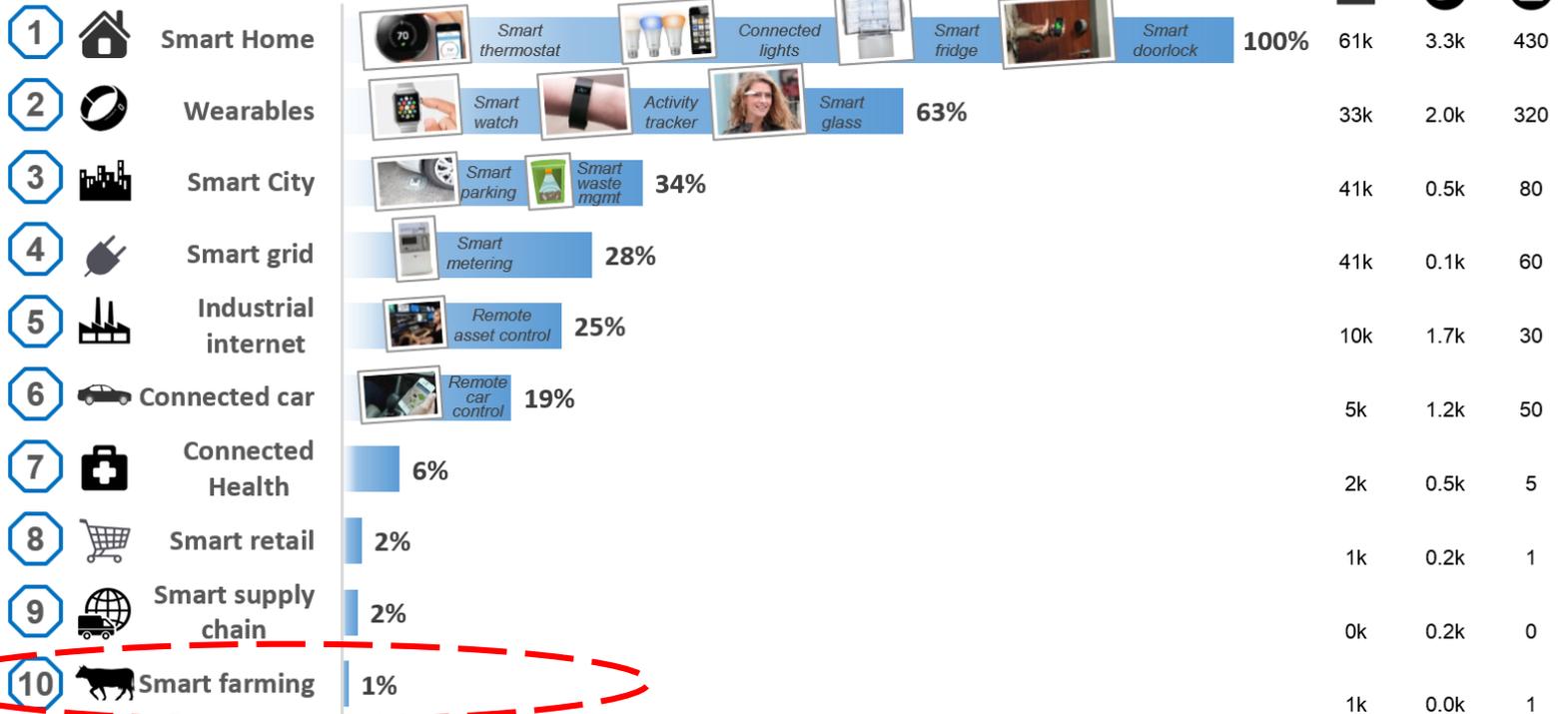


## IoT Analytics – Quantifying the connected world

### Applications

### Overall popularity (and selected examples)

### Scores



1. Monthly worldwide Google searches for the application 2. Monthly Tweets containing the application name and #IOT 3. Monthly LinkedIn Posts that include the application name. All metrics valid for Q4/2014.  
Sources: Google, Twitter, LinkedIn, IoT Analytics



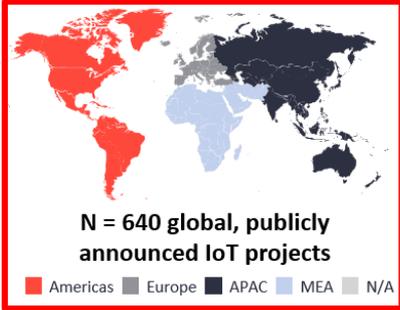
# 2016

IOT ANALYTICS

Q3/2016

Insights that empower you to understand IoT markets

IoT Segment	Global share of IoT projects <sup>1</sup>	Details			
		Americas	Europe	APAC	Trend <sup>2</sup>
1  Connected Industry		43%	30%	20%	
2  Smart City		31%	47%	15%	
3  Smart Energy		49%	24%	25%	
4  Connected Car		43%	33%	17%	
5  Other		46%	33%	13%	
6  Smart Agriculture		48%	31%	17%	
7  Connected Building <sup>3</sup>		48%	33%	12%	
8  Connected Health		61%	30%	6%	
9  Smart Retail		52%	30%	13%	
10  Smart Supply Chain		57%	35%	4%	



1. Based on 640+ publicly known enterprise IoT projects. (Not including consumer IoT projects e.g., Wearables, Smart Home) 2. Trend based on IoT Analytics's Q2/2016 IoT Employment Statistics Tracker 3. Not including Consumer Smart Home Solutions Source: IoT Analytics 2016 Global overview of 640 enterprise IoT use cases (August 2016)





# Mission critical applications

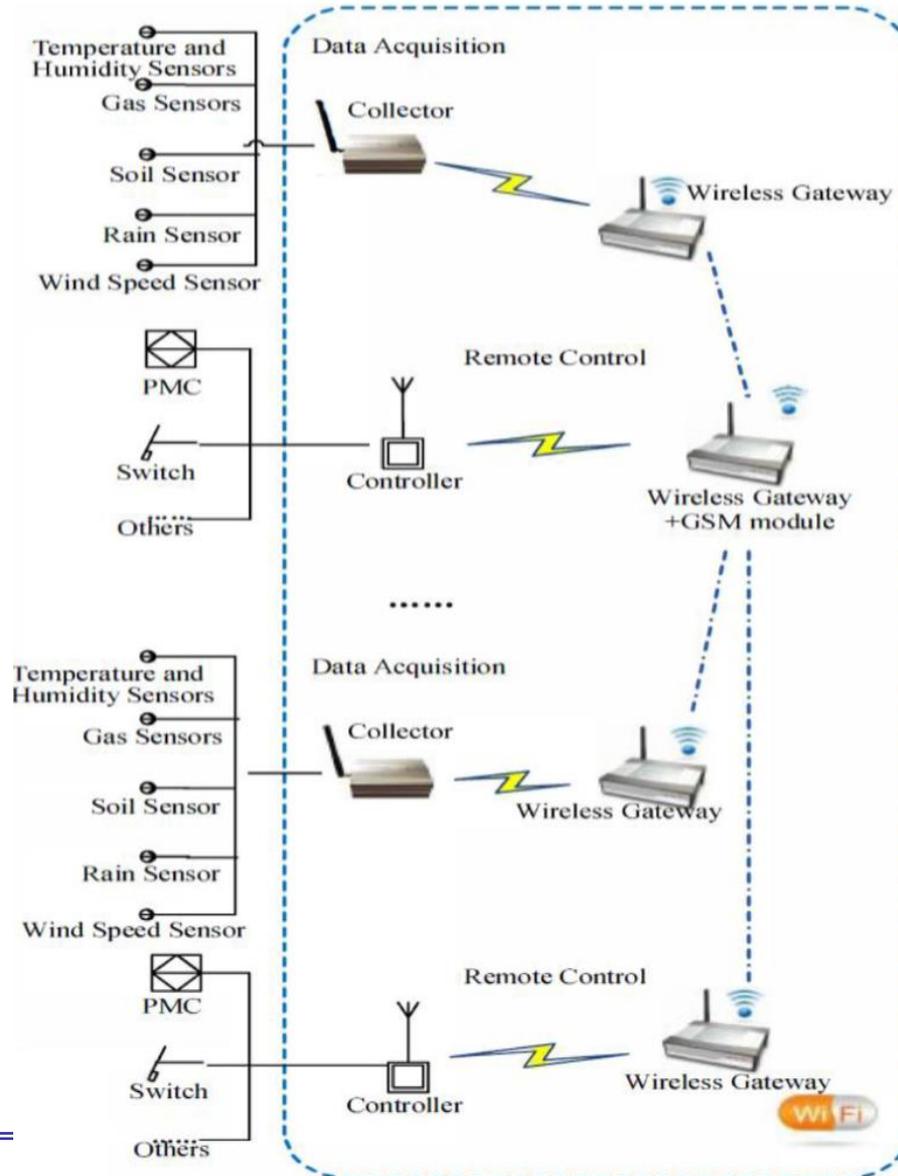


## Smart Agriculture

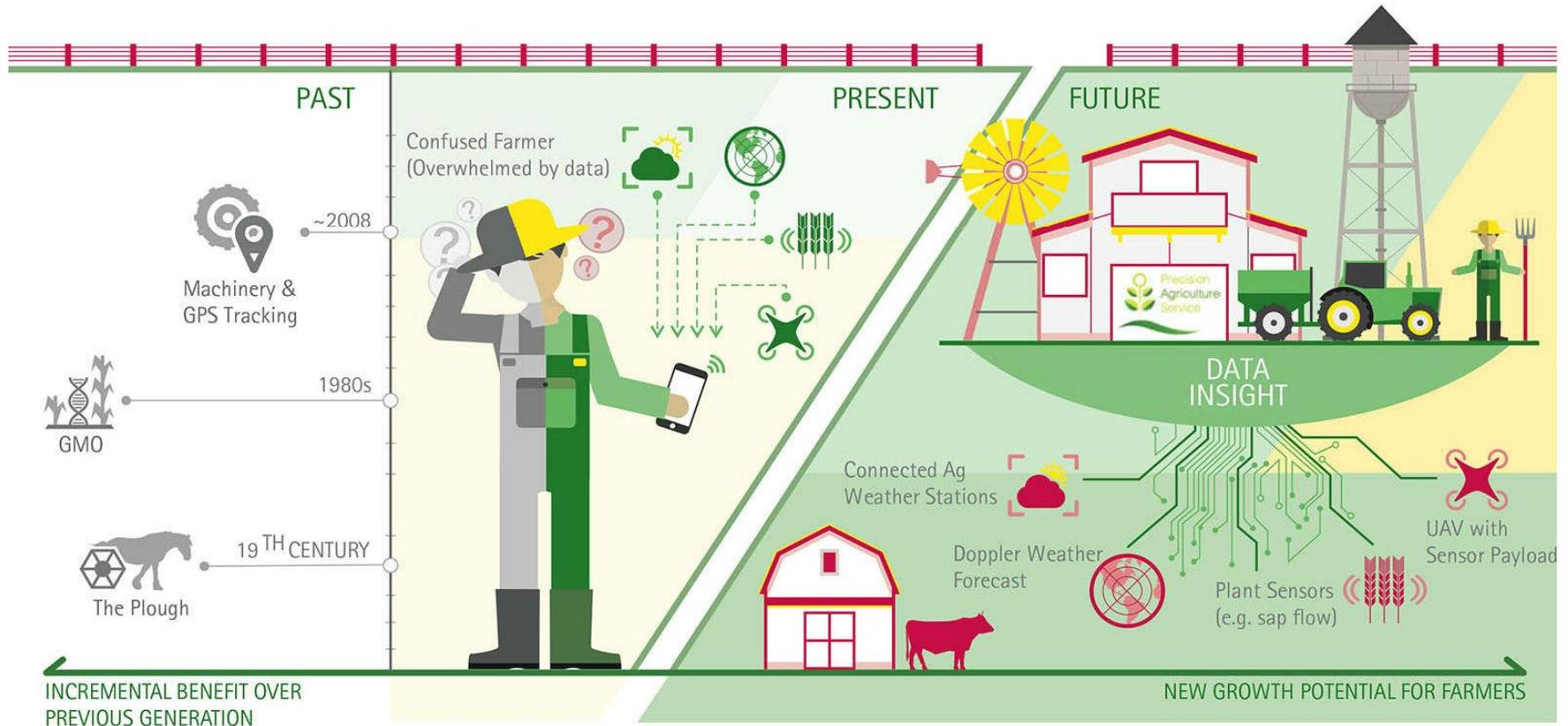
*The 60% of water is needed in irrigation, and 20-30% out of this figure is wasted due to evaporation and over-watering.*



# Molti nuovi dati..

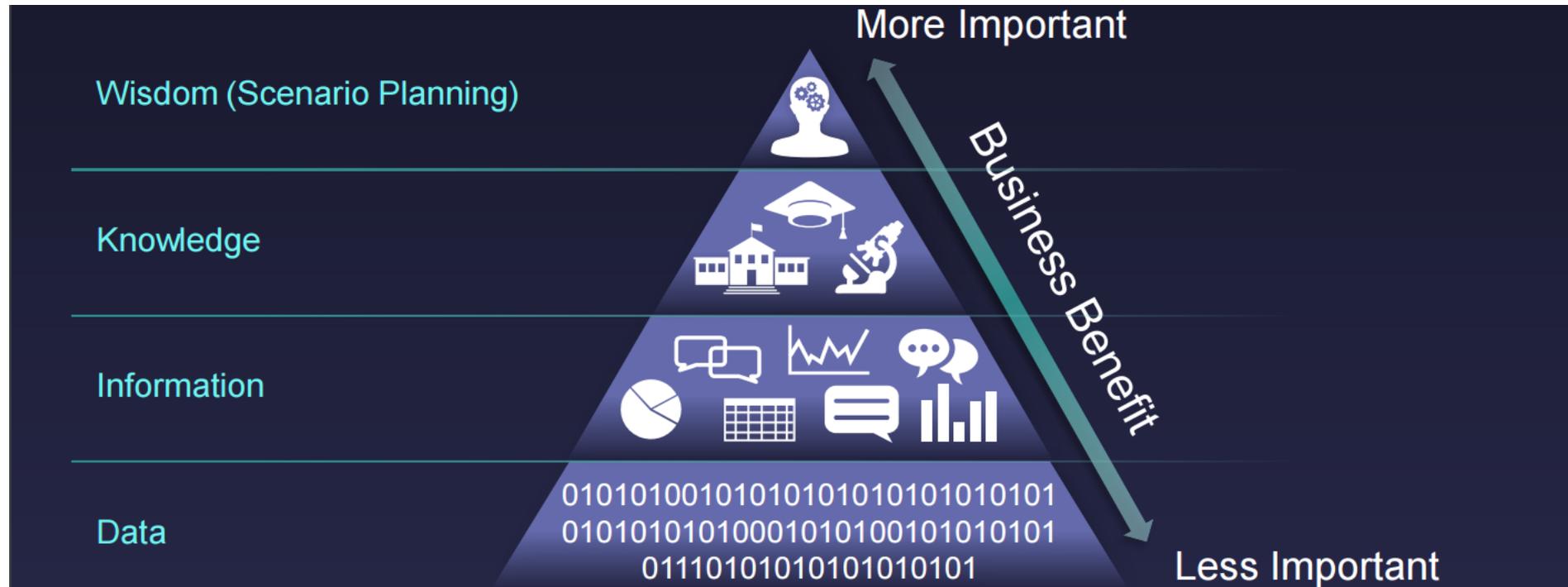


# ...troppi!





# La necessità di estrarre conoscenza





# Obiettivo dell'attività di Ricerca: Progettazione e sviluppo di un componente modulare per la repulsione di ungulati mediante ultrasuoni



Dispositivi ad ultrasuoni per la repulsione di ungulati





# Alcuni dati allarmanti dalla letteratura

Percentage crop damage by wildlife to different crops in Kerala (India) (Jayson, 1999).

Wild animal	Crops	Percentage crop damage
Elephant	Coconut, plantain, paddy	72
Gaur	Mulberry, sandal	62
Sambar	White sapota	17
Wild boar	Tapioca, tubers, paddy	16

Jayson, E.A., 1999. Studies on Crop Damage by Wild Animals in Kerala and Evaluation of Control Measures, KFRI research report 169, May.

Crop damage caused by wild animals: Italy (Amici et al., 2012) and Nepal (Awathi and Singh, 2015).

Animal causing the damage	Crop damaged	Percentage crop damage
Wild Boar	Cereals (maize, wheat, oats, Barley)	46.48
	Vineyards	13.71
	Durum wheat	13.84
	Hazelnuts	12.92
	Grassland	11.62
	Sunflower	8.62
	Chestnuts	3.26
Monkeys, Porcupine, Goral, Deer, Bear	Maize	38.90
	Potato	29.60
	Millet	18.60
	Wheat	6.70
	Paddy	3.80
	Pulses	0.23

Amici, A., Serrani F., Rossi, C., Primi, R., "Increase in crop damage caused by wild boar (*Sus scrofa* L.): the "refuge effect"". *Agron. Sustain.* 2012 Dev. 32, 683–692

Awathi, B., Singh, N.B., 2015. "Status of human-wildlife conflict and assessment of crop damage by wild animals in Gaurishankar conservation area", *Nepal. J. Inst. Sci. Technol.* 20 (1), 107–111.





# Contromisure tradizionalmente adottate

- Azioni dirette
  - Foraggiamento
  
- Azioni indirette
  - Repellenti chimici
  - Sistemi Acustici
  - Recinzioni elettriche
  - Recinzioni metalliche



Limiti: elevati costi di manutenzione, scarsa efficacia, limitata affidabilità, elevato impatto ambientale



## **Funzionalità di sensing**

Rivelazione di presenza di fauna selvatica in condizioni diurne e notturne mediante l'impiego di sensori PIR (passive infrared)

*Predisposizione per estensioni a tecniche di detection anche basate su microcamere o PIR più sofisticati*

## **Funzionalità di azionamento (actuating)**

Generazione di forme d'onda ad elevate intensità (120 dB ad 1 m) totalmente riprogrammabili

*Attivazione di telecamere per la ripresa delle condizioni operative e dell'efficacia del dispositivo*



## **Funzionalità di energy harvesting**

Alimentazione a batterie ricaricabili mediante pannello fotovoltaico (è comunque possibile anche una alimentazione da rete)

## **Funzionalità di rete**

Comunicazione PHY/MAC IEEE 802.15.4 e stack 6LowPAN

Telegestione del dispositivo (stato del livello della batteria ed attività del dispositivo). CoAP a livello applicativo.

Localizzazione (opzionale) mediante GPS tracker (antifurto - ricezione GPS; ritrasmissione GSM/GPRS)

## **Funzionalità di data storage**

Acquisizione dei dati su TSDB basato su Hbase/Hadoop



## **Funzionalità di visualizzazione**

La gestione dei dispositivi sarà possibile tramite interfaccia web su PC, Smartphone o Tablet

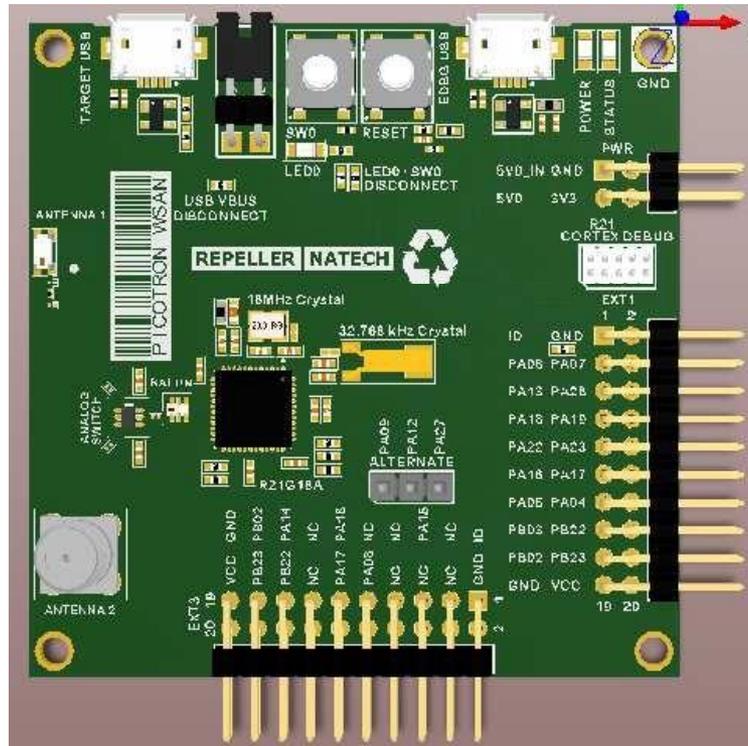
## **Funzionalità di ottimizzazione delle coperture**

Natech offrirà un servizio di ottimizzazione della copertura a partire dalla morfologia dei territori e del livello di campo acustico desiderato

## **Funzionalità di cooperazione tra i diversi dispositivi**

I dispositivi potranno agire in modo cooperativo al fine di aumentare l'efficacia della loro azione





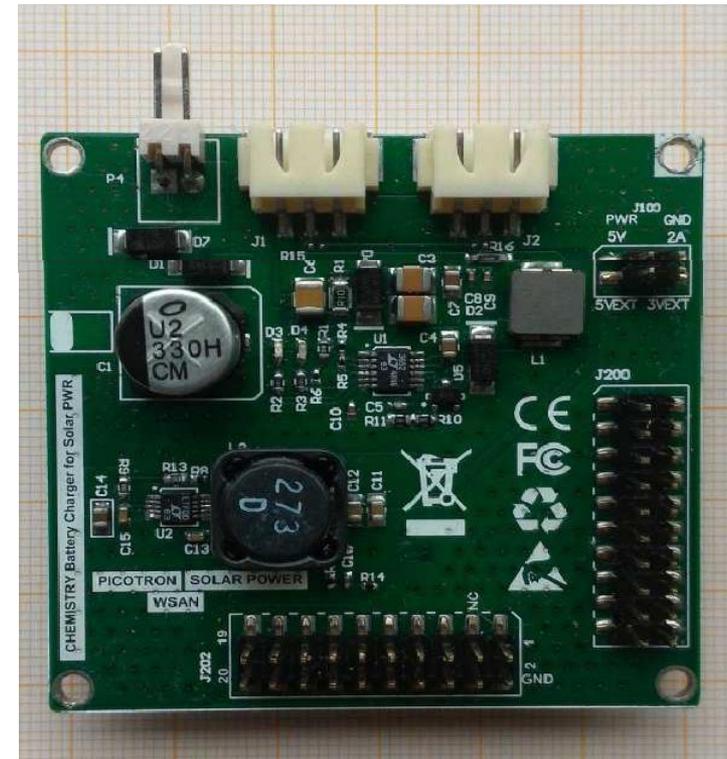
**MPU Cortex ARM M0+**

Flash 256 MBytes

SRAM 32 Kbytes

Integrated 2.4GHz RF transceiver

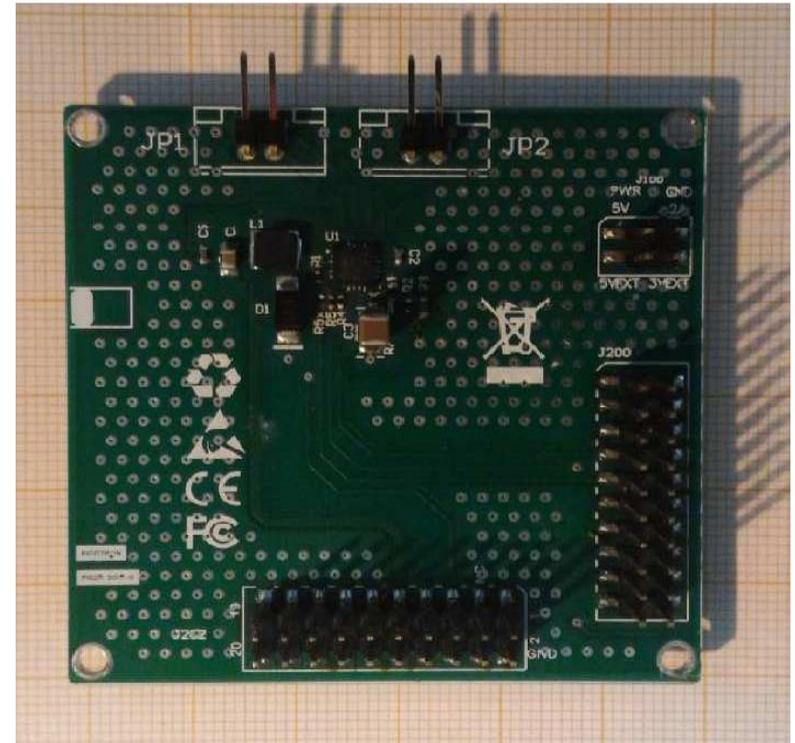
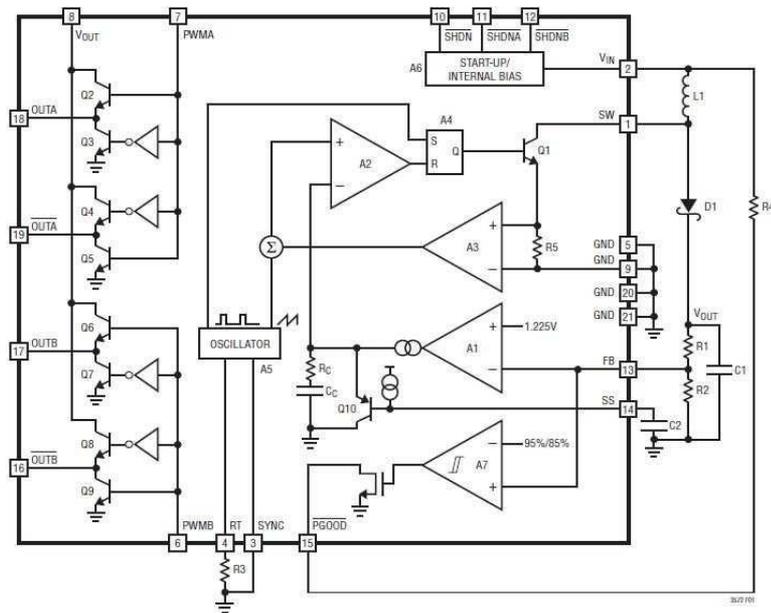
Integrated 128-bit AES crypto engine



Il pannello fotovoltaico carica due batterie a ioni di litio da 3.6V 4.5A da 4500mAh.  
Il dispositivo può essere alimentato anche da rete senza apportare ulteriori modifiche al circuito (alimentatore esterno nel range da 17V a 34V).  
Sotto 6.5V funziona ma non ricarica le batterie

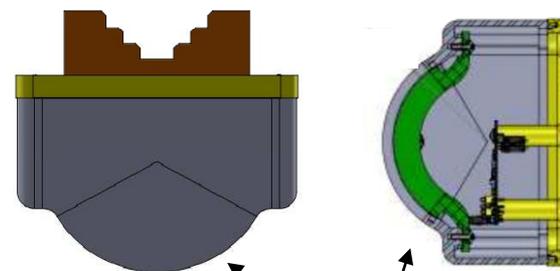
## Modulo driver altoparlanti

- Il Circuito scelto per il pilotaggio degli altoparlanti è alta tensione di boost (40 Vpp) per poter generare 120 dB ad 1m

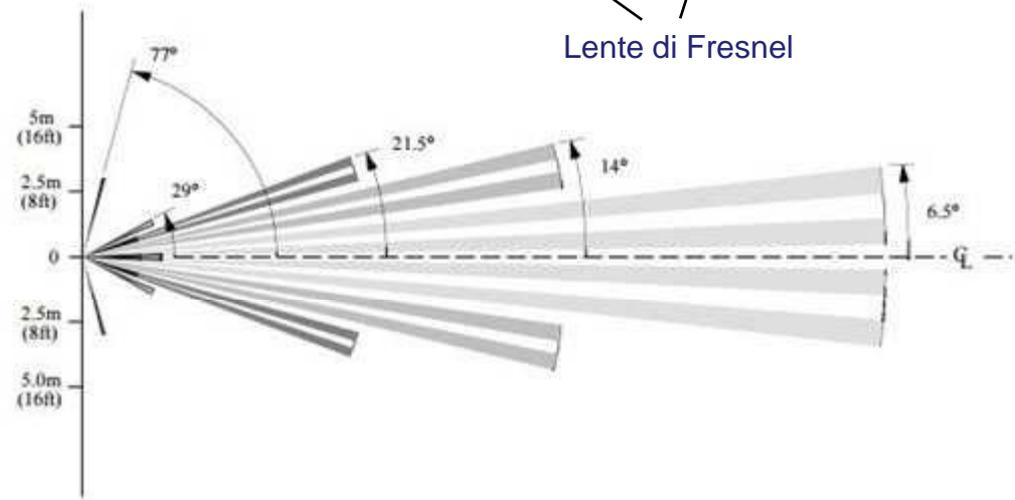




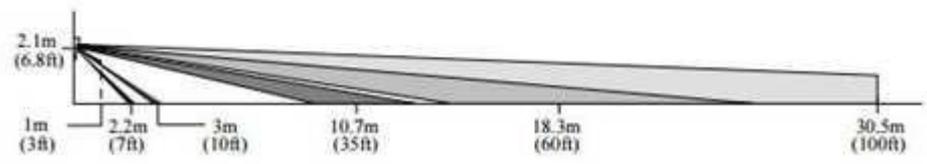
Lente di Fresnel impiegata per ottenere una maggiore copertura di sensing (coverage)

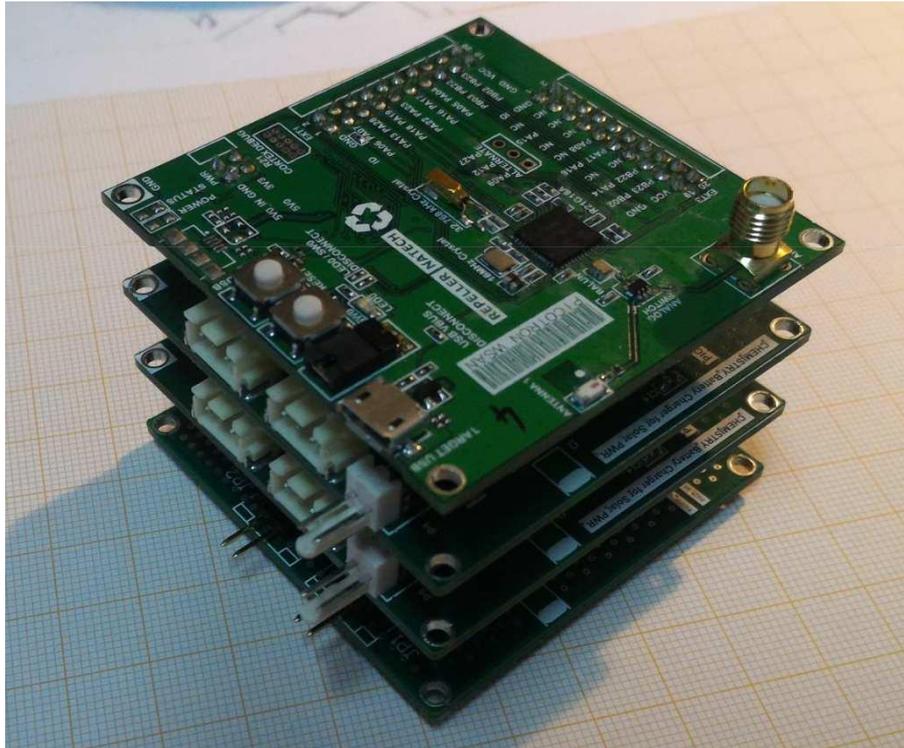


Lente di Fresnel



SIDE VIEW:

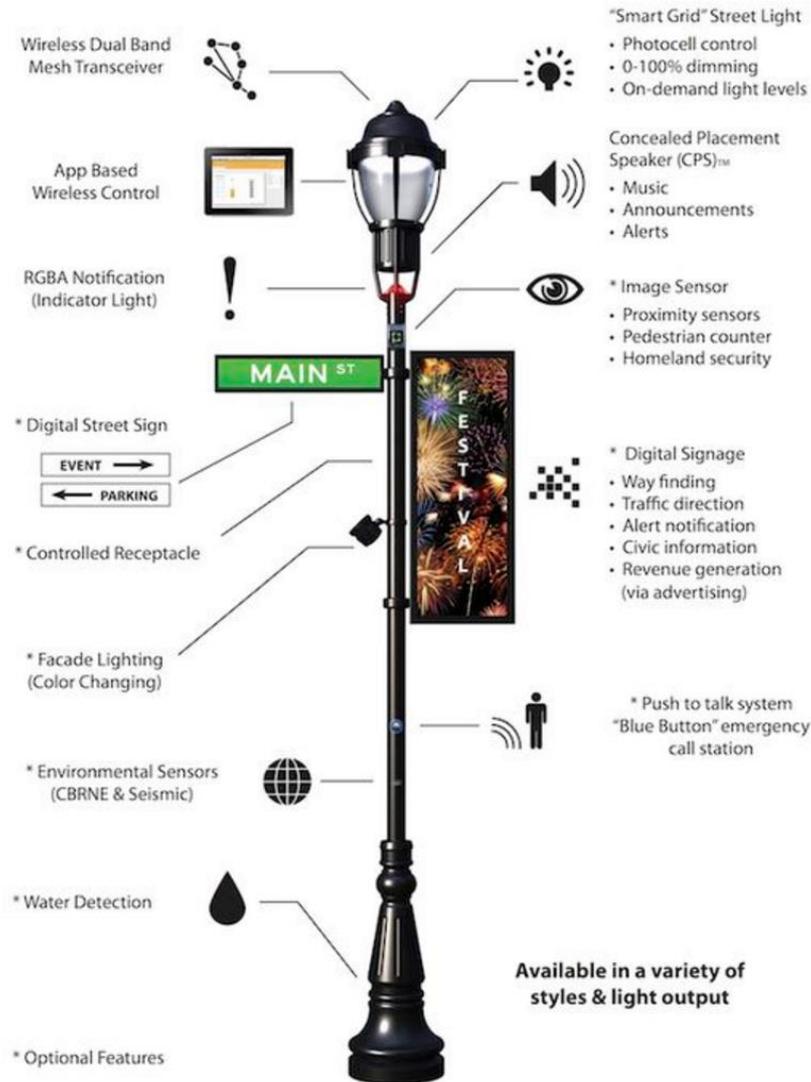




Una delle possibili configurazioni del dispositivo modulare



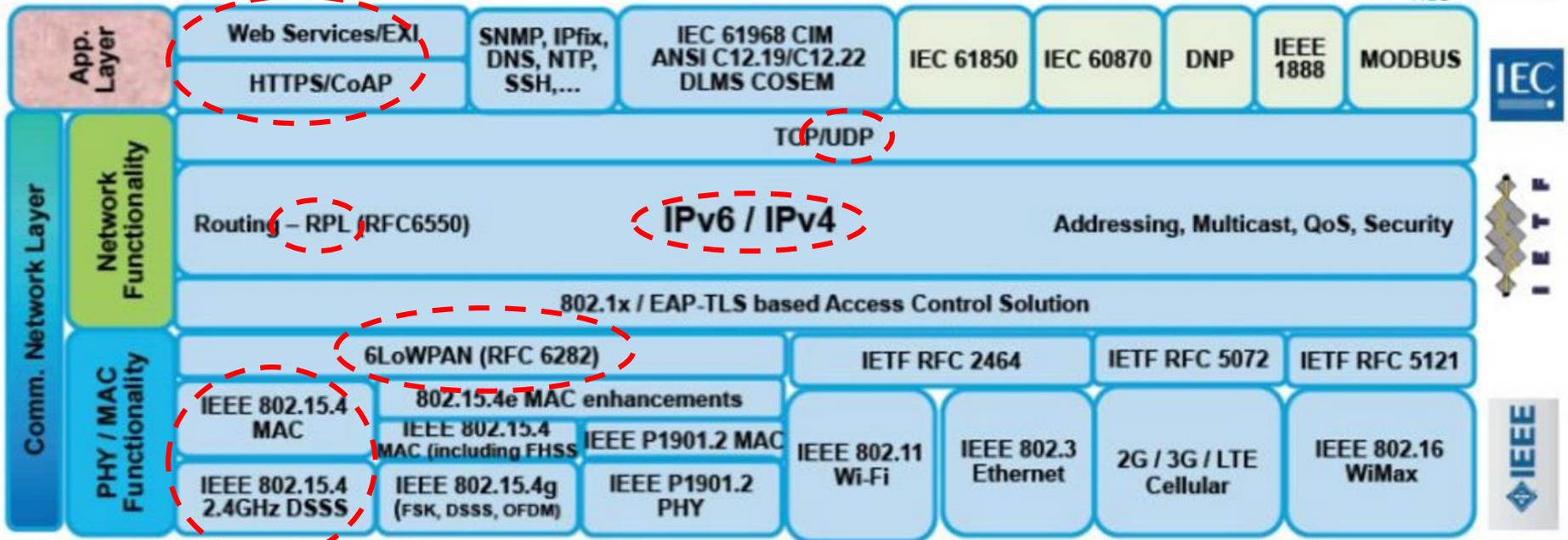
# Una analogia con lo Smart lighting





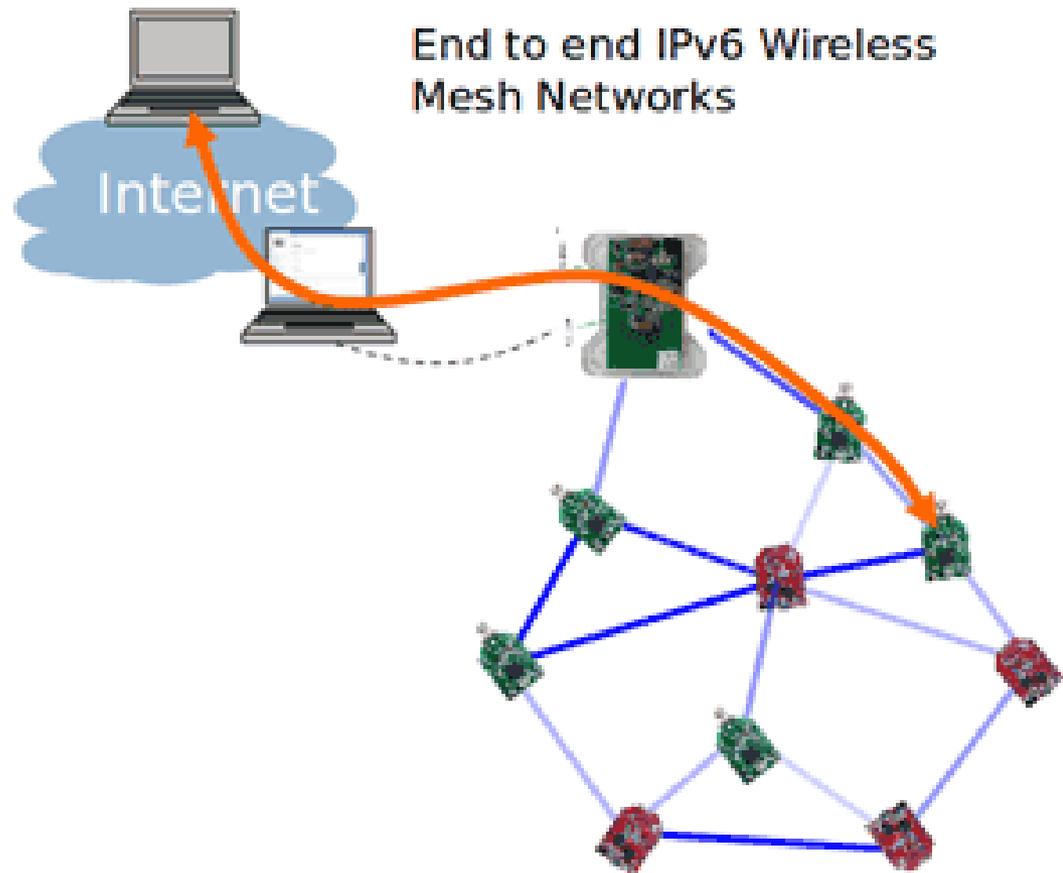
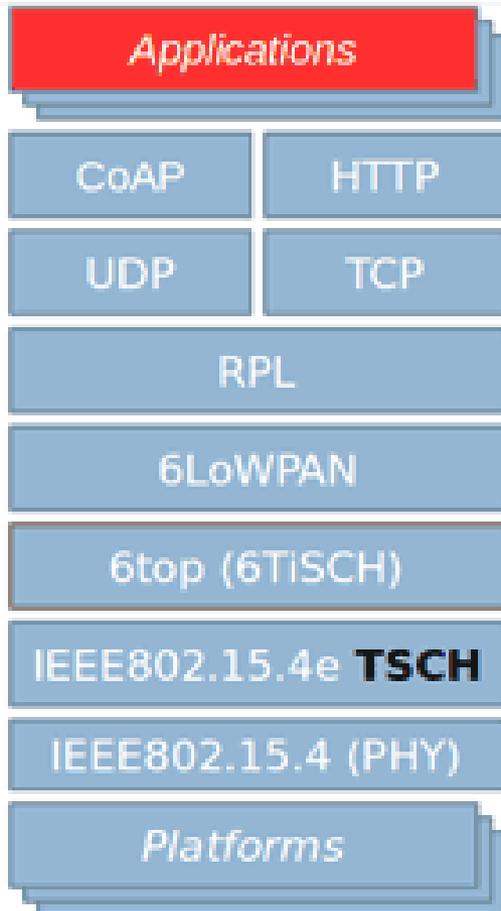
# Stack protocollare

## Open Standards Reference Model





# Soluzioni di networking: WSN Mesh IPv6





# Sistema operativo

# RIO T

- 6LoWPAN, IPv6, RPL, and UDP
- CoAP and CBOR
- Static and dynamic memory allocation
- High resolution and long-term timers
- Tools and utilities (System shell, SHA-256, Bloom filters, ...)



# Comunicazione con il data center

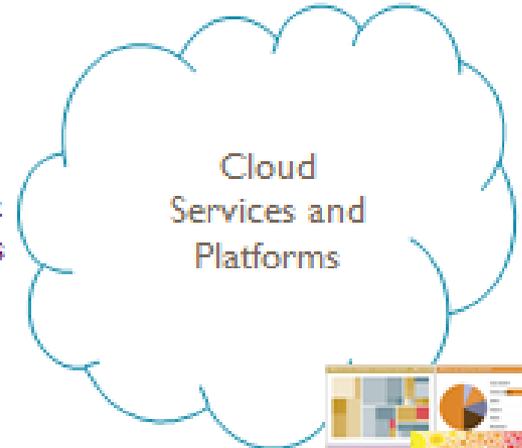
## Sensors and Actuators



Wired & Wireless



Wired & Wireless

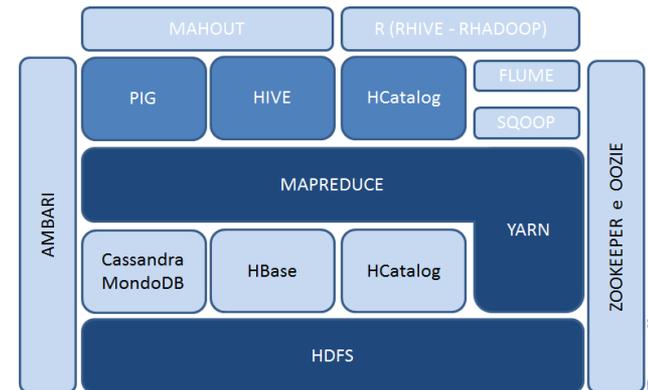


Data Visualization

# R I O T

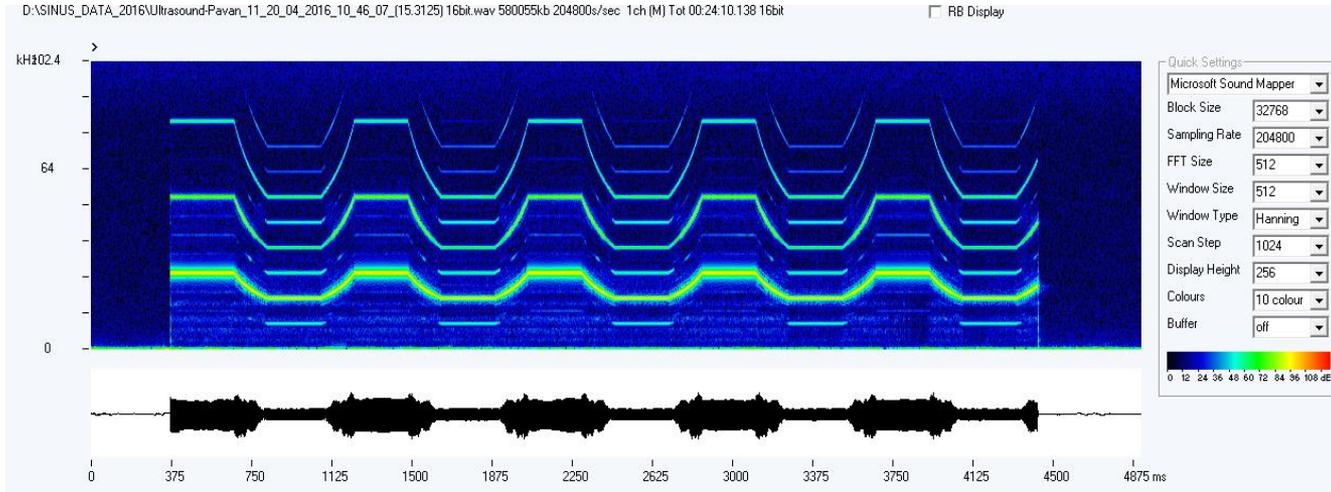


Application (CoAP)
Transport
Network (IPv6 with RPL)
Adaptation (6LoWPAN)
MAC
PHY





# Prove in camera anecoica e spazio libero



## Credits

Prof. Gianni Pavan (Univ. di Pavia)

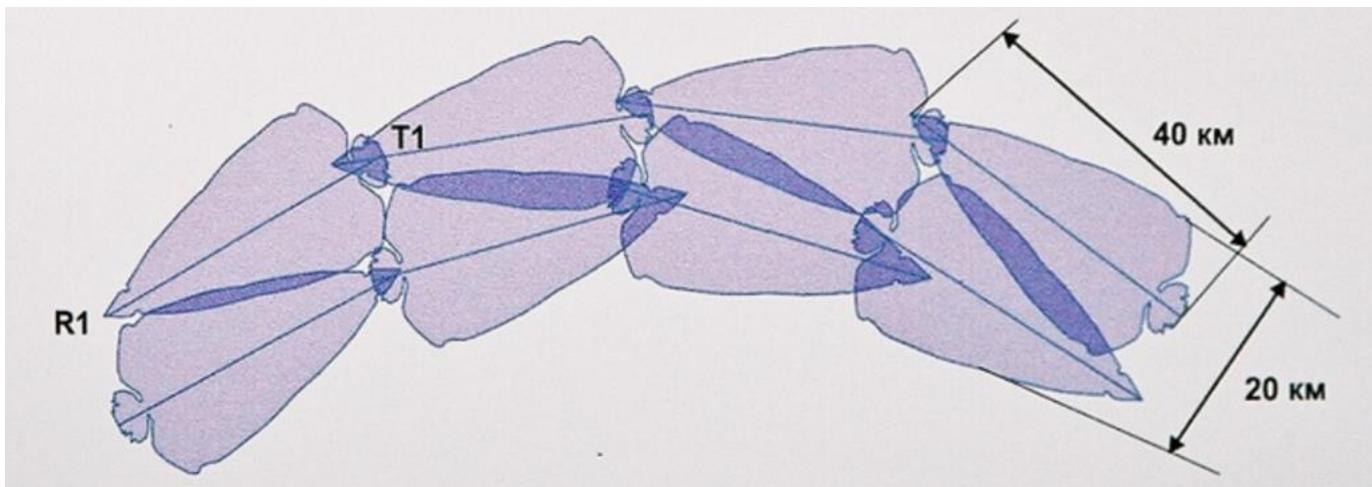
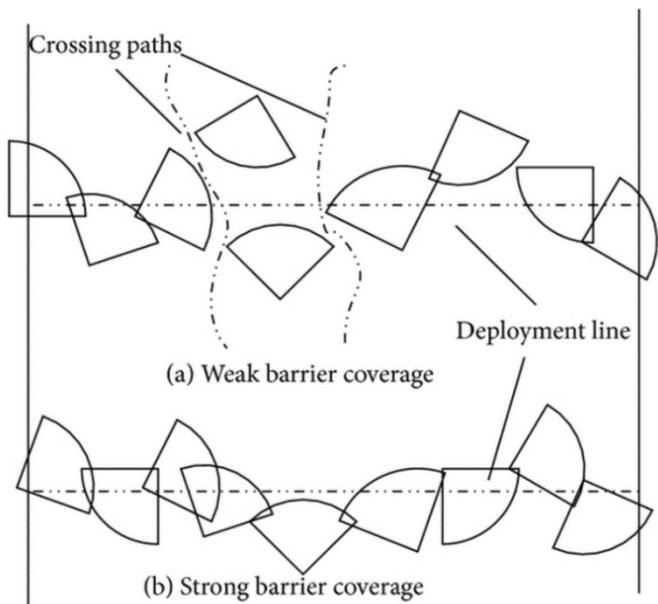
CUBIT 





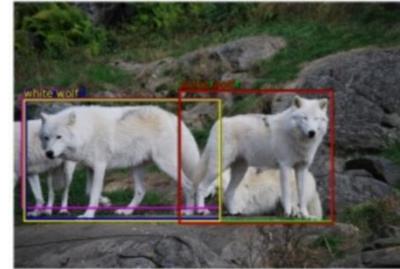
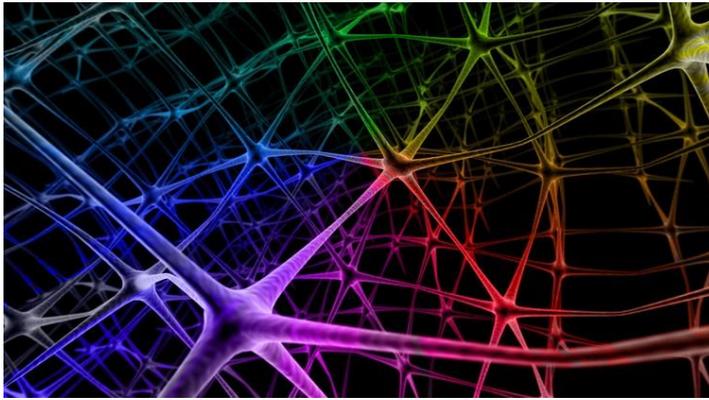
Sperimentazione presso Parco Regionale Migliarino, S. Rossore, Massaciuccoli)  
Impiego di dispositivi fissi e portatili

# Studi di coverage

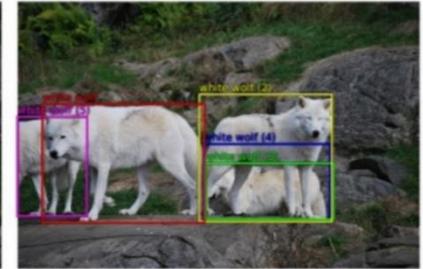




- Capacità di discriminare specie diverse mediante dispositivi di sensing più sofisticati (PIR a matrice e microcamere per "pattern recognition")
- Espansione a sensori e attuatori da impiegarsi nell'ambito di soluzioni per l'agricoltura di precisione con particolare riferimento alla cooperazione con *swarm* di droni e quad
- Data mining rivolta allo studio della presenza di fauna selvatica nei diversi territori
- Stima del percorso degli animali a partire dalla loro osservazione
- Abilitazione di nuovi servizi di interesse in ambito vitivinicolo ed agricolo a partire da smart-objects eterogenei interconnessi
- Impiego di nuove soluzioni di networking LPWAN (Lora, Sigfox, ecc) caratterizzate da una elevata copertura, bassissima bit rate e basso consumo energetico

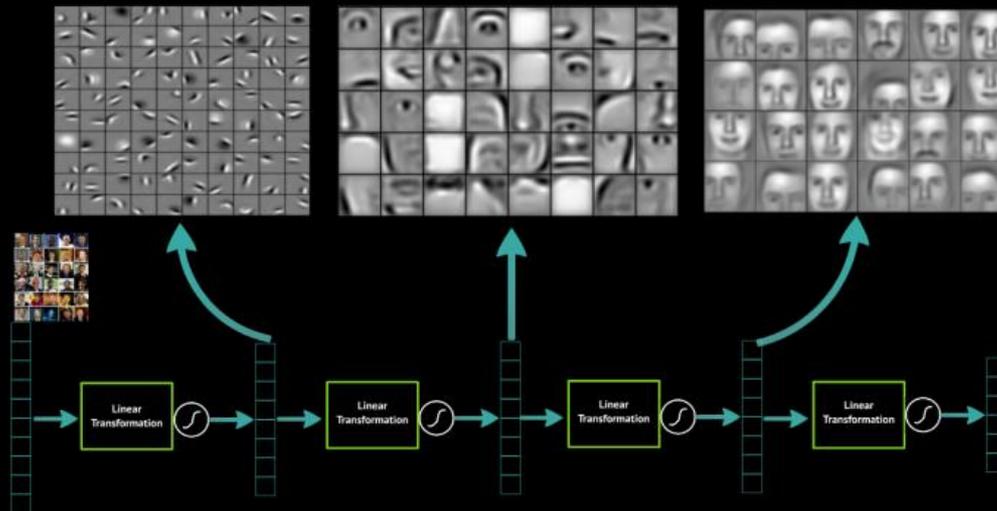


**Top 5:**  
white wolf  
white wolf  
timber wolf  
timber wolf  
Arctic fox



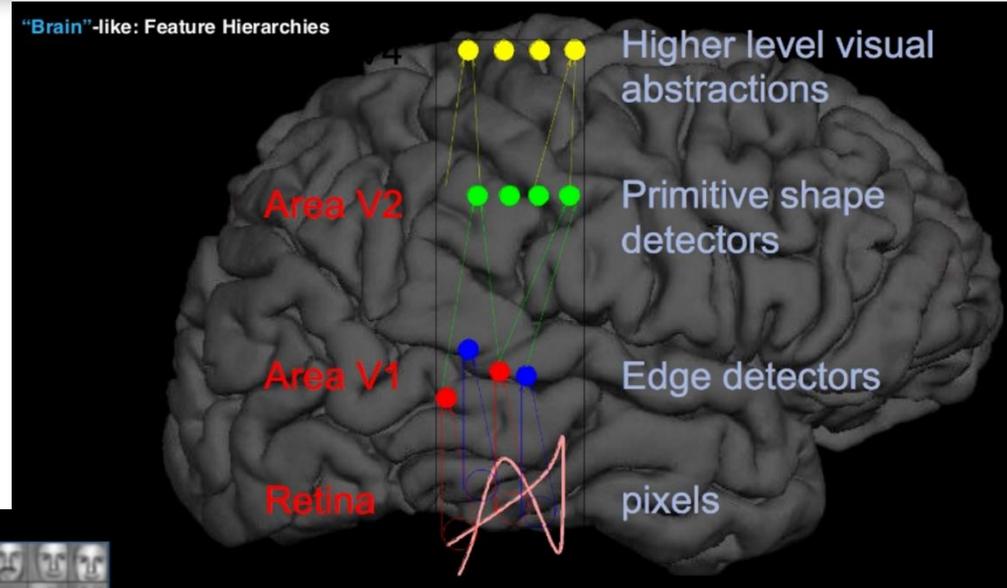
**Groundtruth:**  
white wolf  
white wolf (2)  
white wolf (3)  
white wolf (4)  
white wolf (5)

## Deep Learning learns layers of features

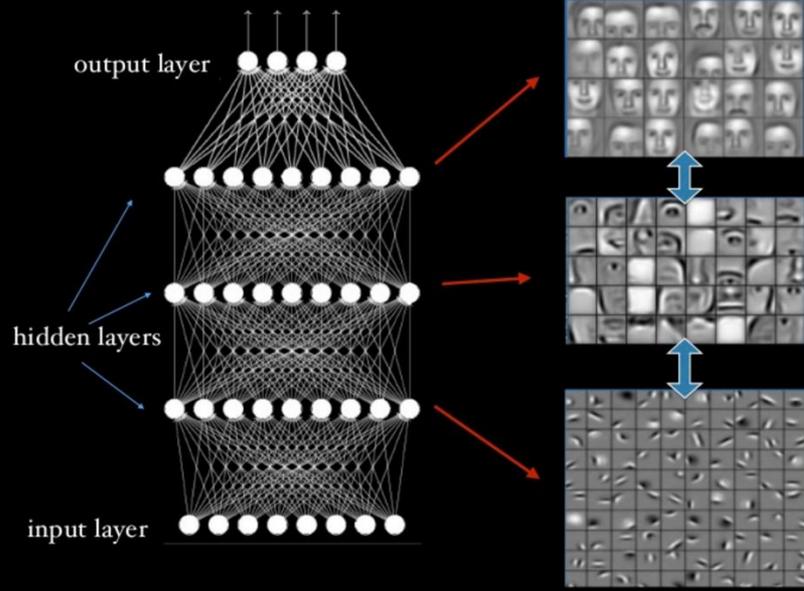




# Deep Learning

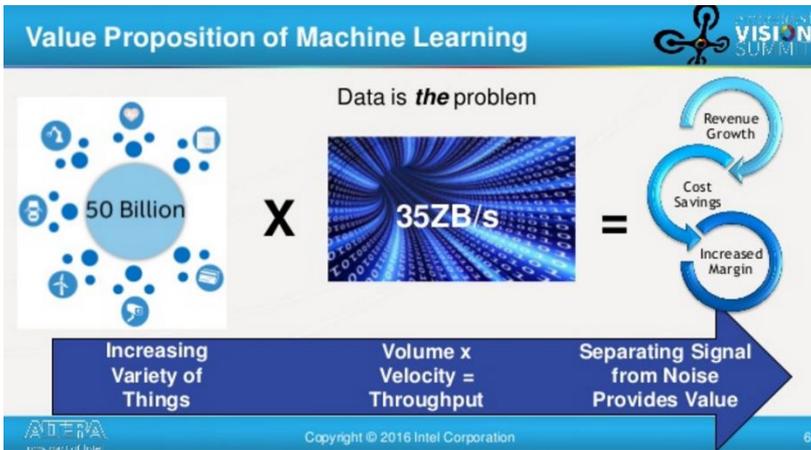


Feature Hierarchies: Vision





# Deep Learning



Rank	Site	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
1	National Supercomputing Center in Wuxi, China	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway NRCC	10,649,600	93,014.6	125,435.9	15,371
2	National Super Computer Center in Guangzhou, China	Tianhe-2 (MilkyWay-2) - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 31S1P NUDT	3,120,000	33,862.7	54,902.4	17,808
3	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory, United States	Titan - Cray XK7, Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x Cray Inc.	560,640	17,590.0	27,112.5	8,209
4	DOE/NNSA/LLNL, United States	Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom IBM	1,572,864	17,173.2	20,132.7	7,890
5	DOE/SC/LBNL/NERSC, United States	Cori - Cray XC40, Intel Xeon Phi 7250 68C 1.4GHz, Aries interconnect Cray Inc.	622,336	14,014.7	27,880.7	3,939



# Knowledge extraction e visualizzazione

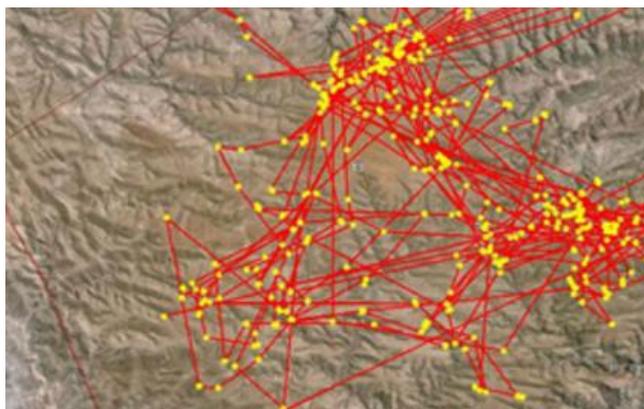
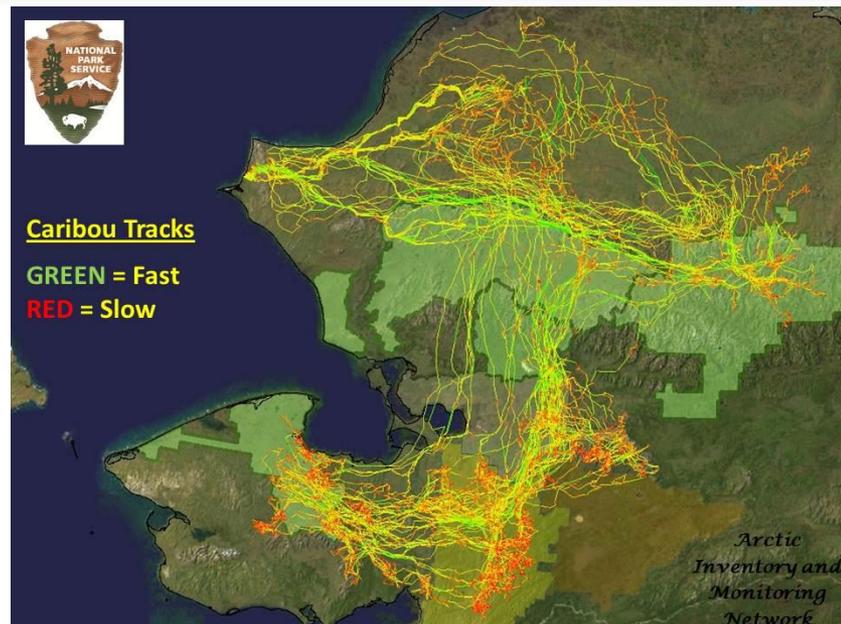
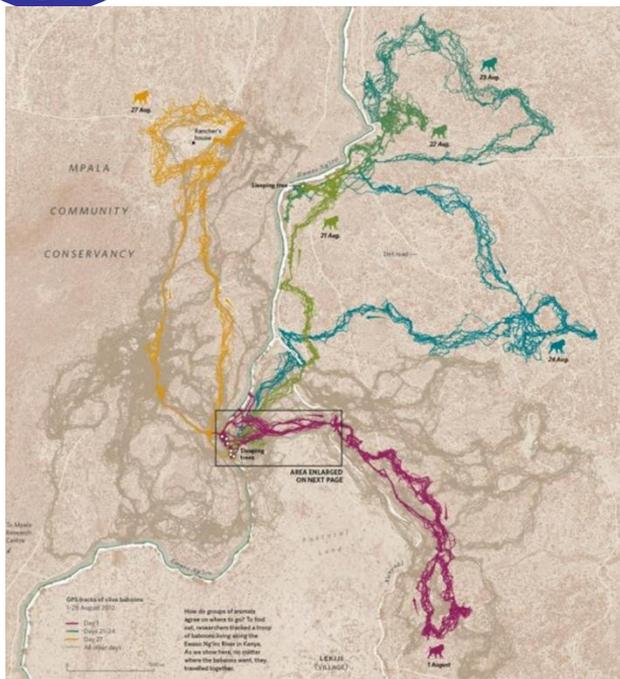


# Video and image acquisition





# Wildlife tracking





# "Where is the bear?" Project at UC S. Barbara

## Wildlife Monitoring

- Evaluating diversity, species, and habitat health
- Extracting patterns in activity and behavior of animals
- Monitoring change in land use
- Avoiding dangerous human/animal encounters & overlap
- Educational experiences
- Citizen science



- Multi-tier IoT system
  - Move the **code to the data (images)** not vice versa
    - Via **Edge Clouds**: robust, self-managing appliances, on-site
      - Low latency, high-bandwidth direct connectivity to cameras
      - Local image classification
    - The need for training (large number of images needed) defeats the purpose/benefit!



UCSB





# LPWAN & LORA for IoT in Agriculture

- Minimising costs / maximising production efficiency
- Promoting sustainability
- Livestock welfare
- Economic viability of farms
- Environmental compliance





# LORA and some of the many competitors

LAN	LPWAN	Cellular
<b>Short Range</b> Communicating Devices	<b>Long Range w/ Battery</b> Internet of Objects	<b>Long Range w/Power</b> Traditional M2M
<b>35% SOM</b>	<b>55% SOM</b>	<b>10% SOM</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ <b>Well established standards</b></li><li>✓ <b>Good for:</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Mobile devices</li><li>• In-home</li><li>• Short range</li></ul></li><li>❑ <b>Not good:</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Battery life</li><li>• Long range</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ <b>Emerging PHY solutions</b></li><li>✓ <b>Good for:</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Long range</li><li>• Long battery</li><li>• Low cost</li><li>• Positioning</li></ul></li><li>❑ <b>Not good:</b><ul style="list-style-type: none"><li>• High data-rate</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ <b>Well established standards</b></li><li>✓ <b>Good for:</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Long range</li><li>• High data-rate</li><li>• Coverage</li></ul></li><li>❑ <b>Not good:</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Battery life</li><li>• Cost</li></ul></li></ul>

Source: <http://wireless.electronicsspecifier.com/iot-1/enabling-world-wide-mobility-for-the-iot>





# LPWAN & LORA for IoT in Agriculture

## Comparison of Global Device Unit Growth and Global Mobile Data Traffic Growth

Device Type	Growth in Devices, 2015–2020 CAGR	Growth in Mobile Data Traffic, 2015–2020 CAGR
Smartphone	13.1%	54.3%
Tablet	22.6%	50.0%
PC	7.7%	23.2%
M2M Module	38.5%	83.4%

Source: Cisco VNI Mobile, 2016

## Global Machine-to-Machine Growth and Migration from 2G to 3G and 4G



By 2020, world's projected population - 7.8 billion, number of MTC devices - 11.6 billion, that results in 1.5 mobile devices per capita.

In 2015, 4G accounts for 10% and LPWA accounts for 4% of global mobile M2M connections.

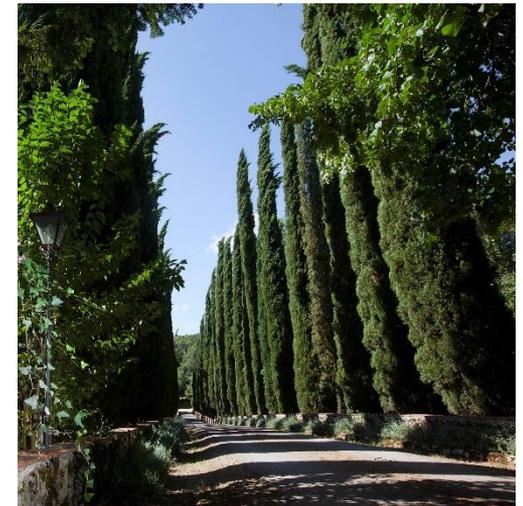




# Un invito per il Summit IoT for Agriculture 2018



## IEEE IoT Vertical & Topical Summit for Agriculture - Tuscany



May 8-9, 2018 | Borgo San Luigi | Monteriggioni (Siena)





# Credits

www.natechescape.com



Regione Toscana



BARONE  
RICASOLI



consorzio nazionale  
interuniversitario  
per le telecomunicazioni



stefano.giordano@unipi.it

Gruppo di Ricerca in Reti di Telecomunicazioni  
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

