



Università di Palermo

Palazzo Steri - Piazza Marina, 61 • 90133 Palermo

Cosa possono imparare le reti dai dati?

machine learning e reti cellulari

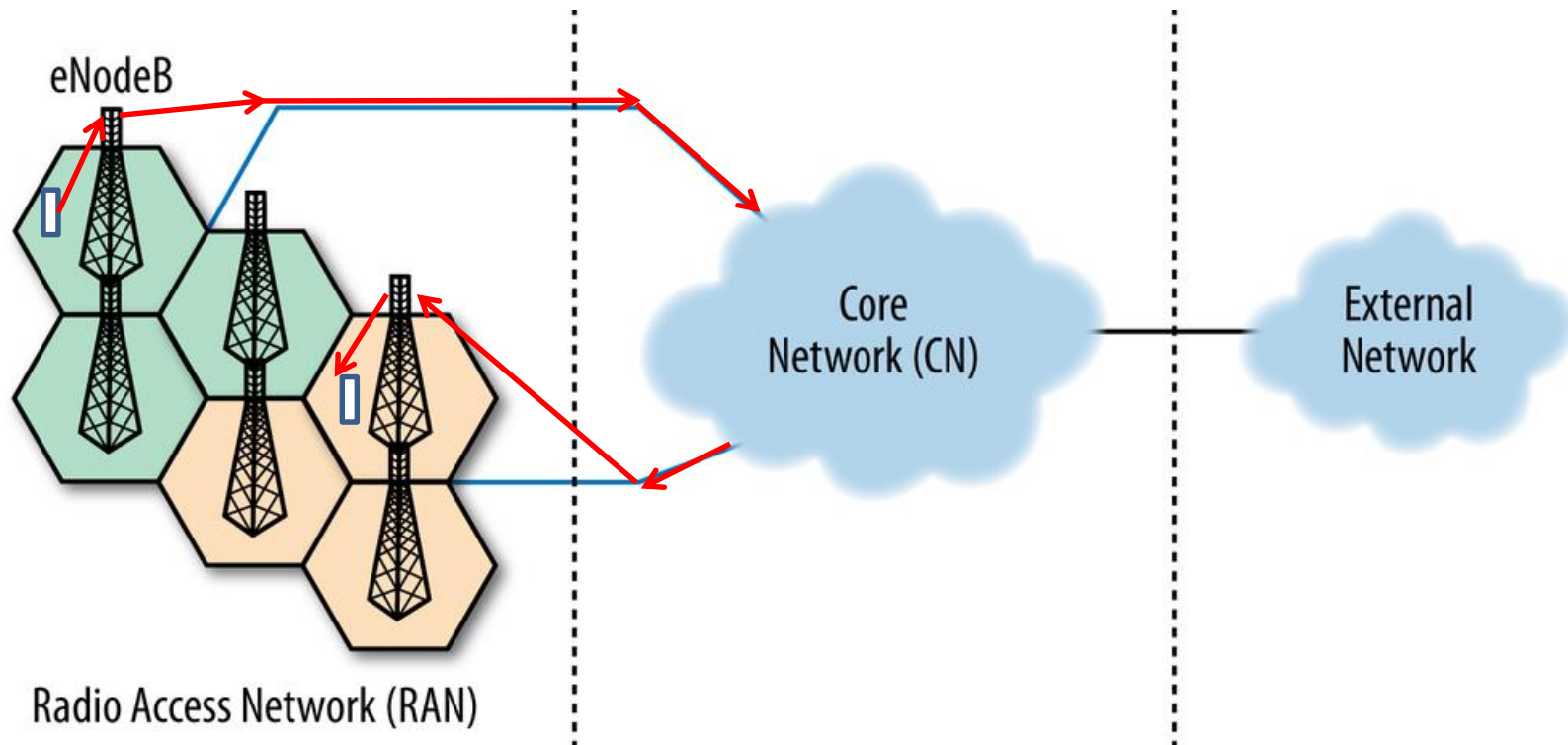
Prof. Ilenia Tinnirello
ilenia.tinnirello@unipa.it

Sommario

- Cosa sono le reti 5G
- Perché l'IA nelle reti di prossima generazione?
- Esempio di applicazione: coesistenza nello spettro libero

Cosa sono le reti 5G?

Architettura di Rete: non solo celle!



Quali requisiti per le reti 5G?



>10 Gbps
peak data rates

100 Mbps
whenever needed

10 000
x more traffic



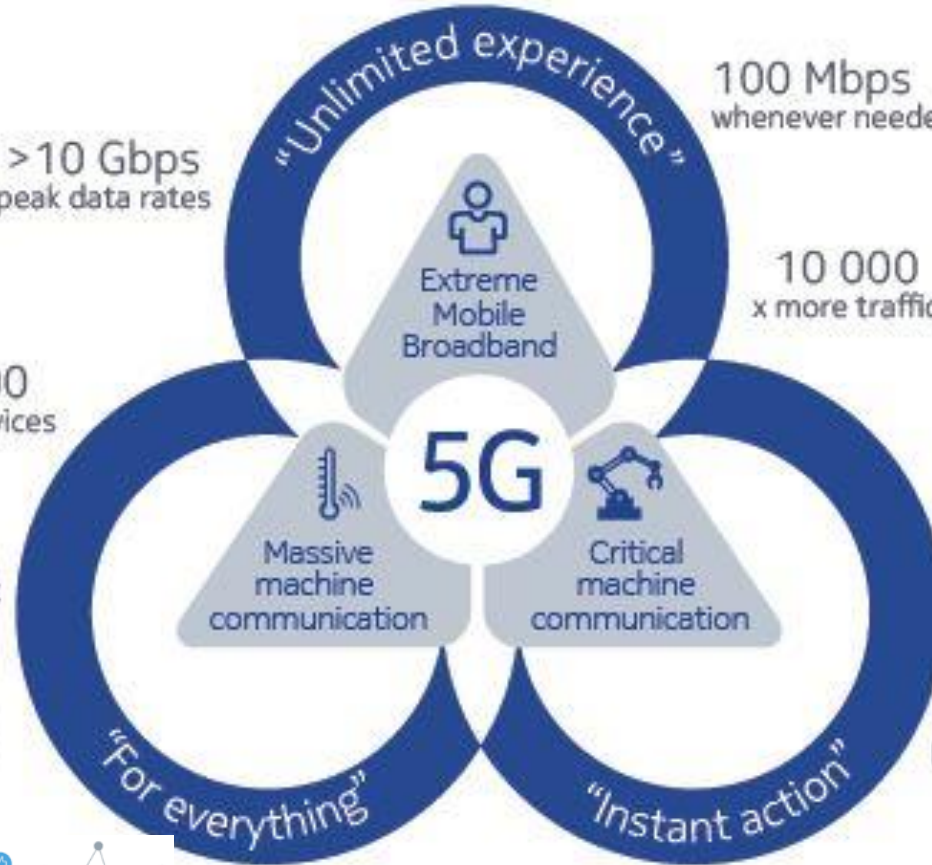
<1 ms
radio latency

Ultra
reliability

10-100
x more devices

M2M
ultra low cost

10 years
on battery



Evoluzioni delle reti cellulari: prospettiva dell'utente

1990



options: Call

2000



options: call
text msg
mini games
choose ringtone

2010



options: touch pad
internet
games
applications
mp3 player
camera
GPS
text msg
--- call?

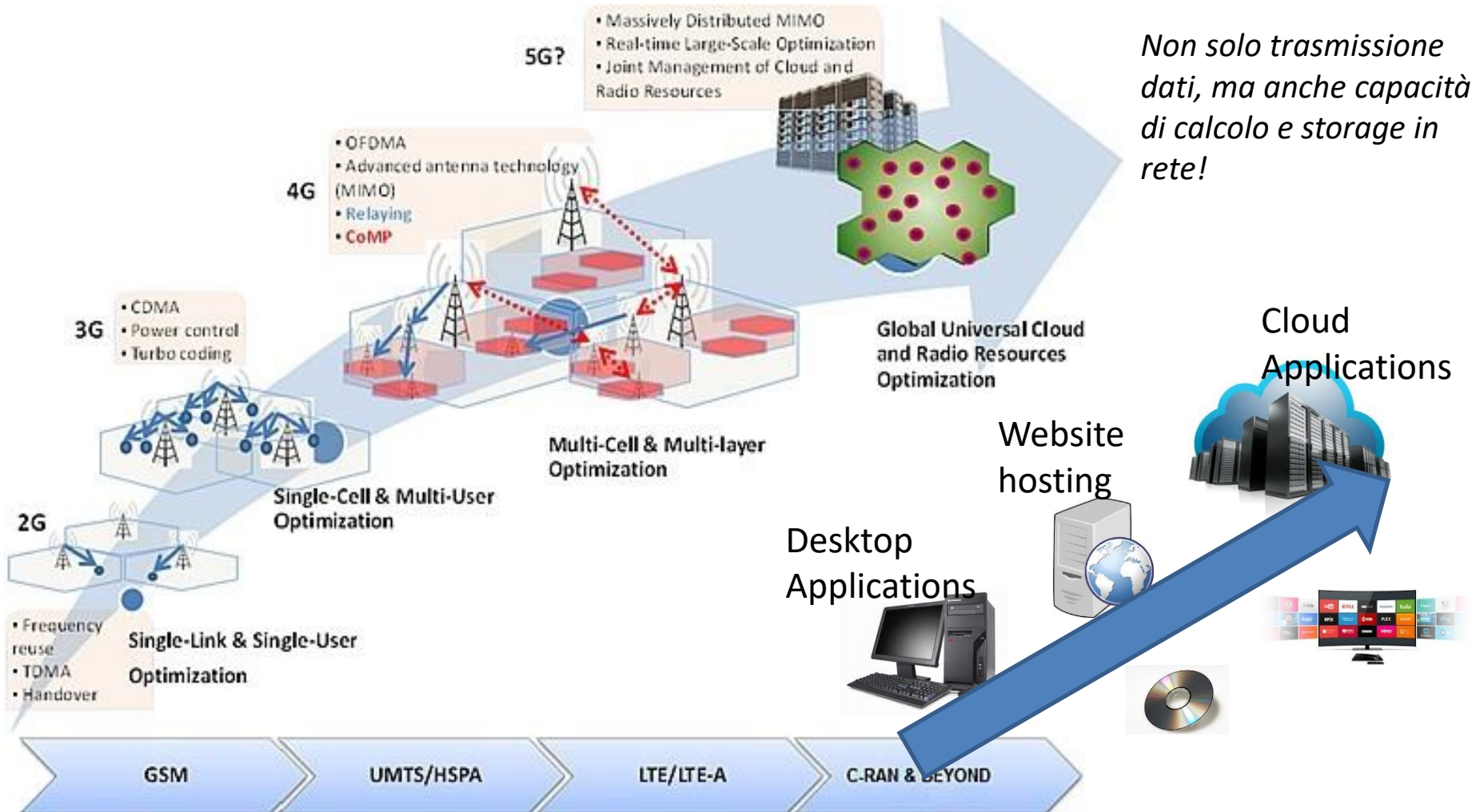
2020



options: drive, auto pilot,
shield, gun, GPS, Radio,
mp3 player, applications,
internet, mail, brain
connected, voice text msg
camera, recording cam...
and I think you can call...

Facebook, YouTube, Netflix, ...

Evoluzione reti cellulari: prospettiva della rete



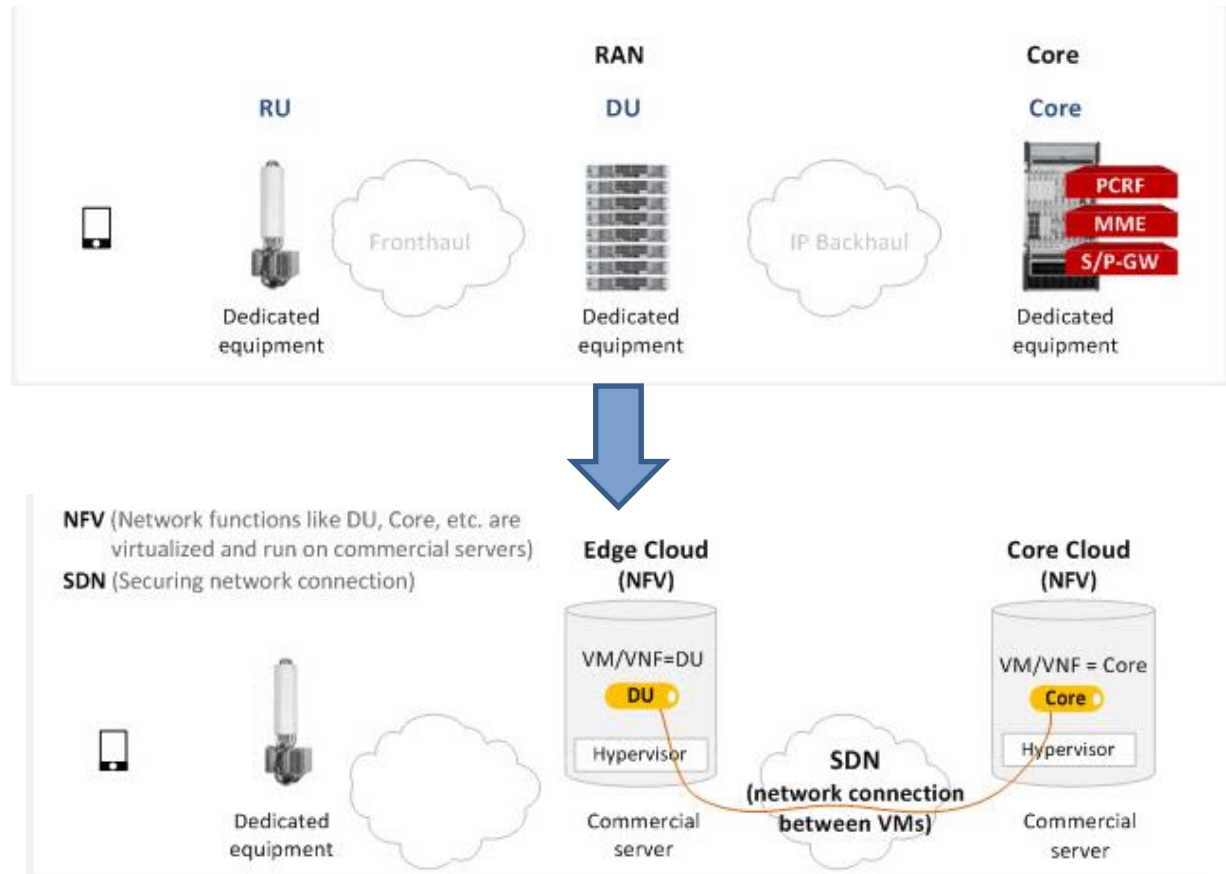
Innovazioni tecnologiche

- Nuovi livelli fisici e nuove bande
 - mmwave, massive MIMO
- Densificazione celle
 - Tecnologie eterogenee
- **Softwarization**
 - **Della Radio Access Network**
 - **Della Core Network**

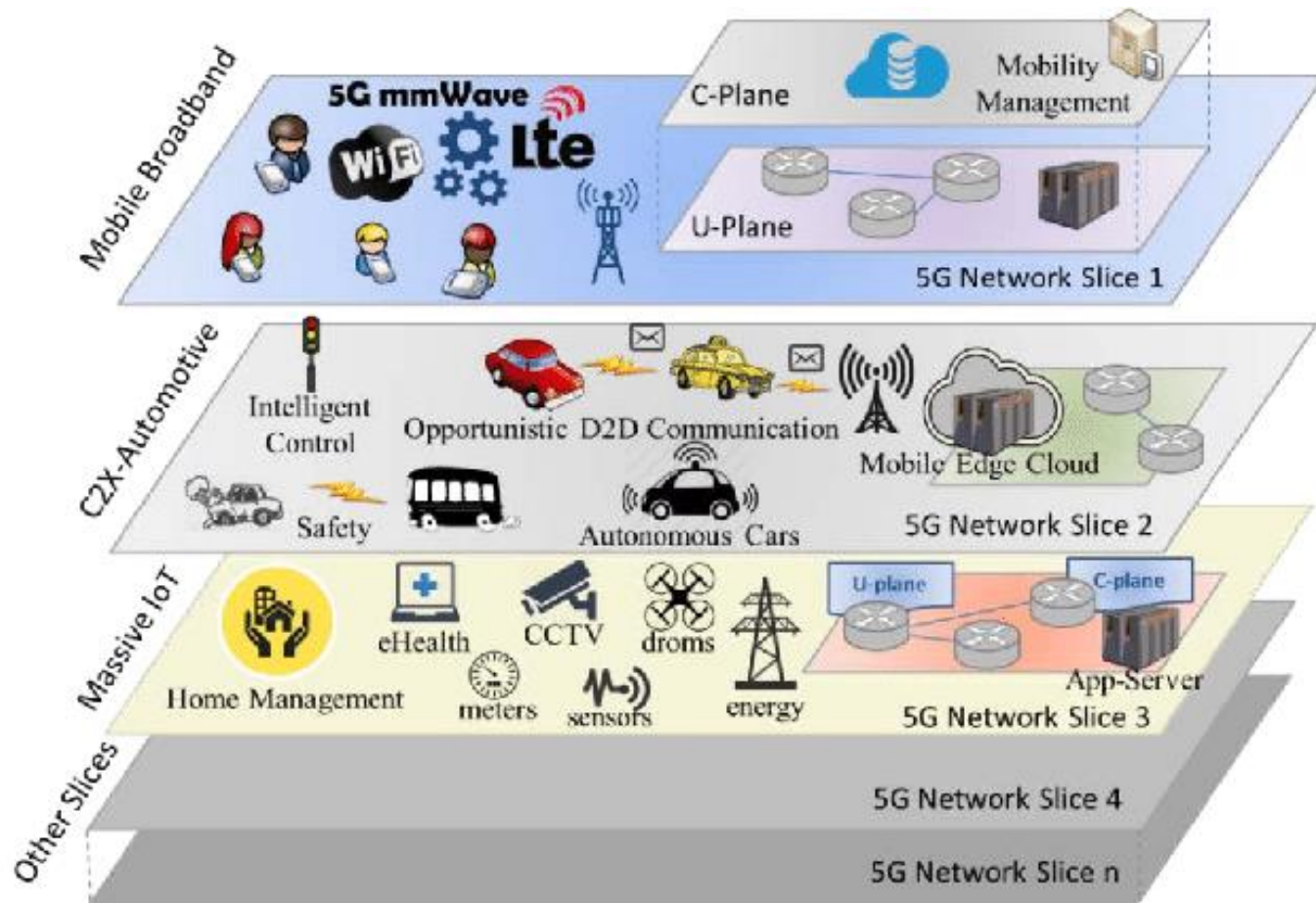
La rete come un enorme computer attorno a noi!

La 'softwarizzazione' della rete

- Reti di accesso:
 - Da modulazioni standard immutabili a modulazioni definite in sw e centralizzate
 - Riduzione OPEX
- Core network:
 - da nodi dedicati a hardware generico
 - Riduzione CAPEX



‘Machine virtuali coesistenti’: le slice di rete

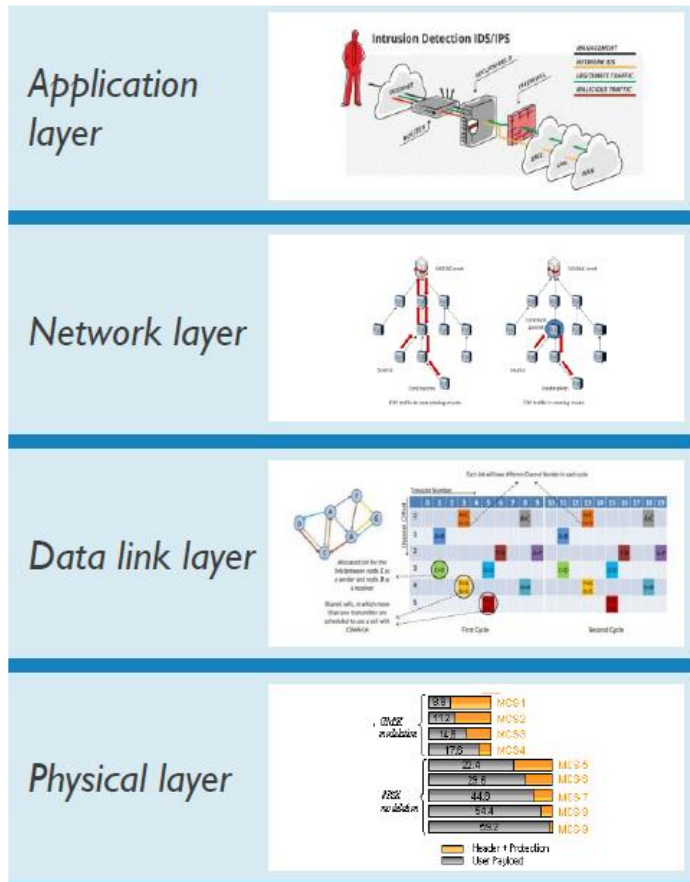


**Perché l'IA nelle reti di prossima
generazione?**

Per gestire la complessità!

- ..e la capacità di adattamento alle molteplici condizioni di funzionamento.
 - Nelle reti GSM:
 - Configurazione di una decina di parametri
 - Potenza in trasmissione, parametri di accesso alla cella, priorità per chiamate in movimento, identificativi di cella, etc.
 - Nelle reti LTE:
 - Centinaia di parametri da configurare.
 - Più modulazioni (cioè velocità di trasmissione) disponibili, sistemi multi-antenna, beamforming, varie possibilità per gestire il mezzo radio, interazioni con celle vicine per gestire interferenze in modo coordinato, diversi tipi di canali di traffico e politiche di gestione, coordinamento con tecnologie precedenti, etc.
 - Nelle reti 5G: ulteriori spazi di configurazione!!
 - E' sufficiente una pianificazione iniziale o bisogna portare l'intelligenza nella rete?

L'intelligenza che è già in rete

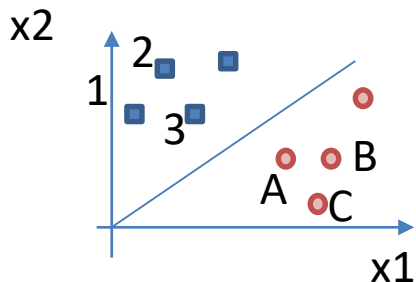


Le reti hanno già capacità di adattamento autonome

- Velocità variabili in base alle condizioni dei collegamenti (es. WiFi)
- Allocazione dei canali ai vari utenti flessibile per tenere conto dei canali (scheduling)
- Istradamento dinamico in internet
- Sistemi di rilevamento intrusione e comportamenti anomali

Possiamo fare di più?

- Da una intelligenza costruita dai progettisti a una intelligenza costruita sull'esperienza
- Approccio tradizionale:
 - Modello matematico basato sul funzionamento fisico di un sistema
 - Algoritmo per trovare parametri ottimi
- Approccio con IA (data-driven)
 - Modello generico black-box da configurare
 - Addestramento con dei dati di esempio, per costruire il modello e trovare la configurazioni ottime

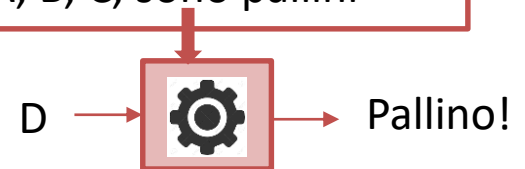


Approccio tradizionale:
La regola la estrae il progettista in un algoritmo

- Se $x_1 > x_2 \rightarrow$ pallino
altrimenti $\rightarrow$ quadratini

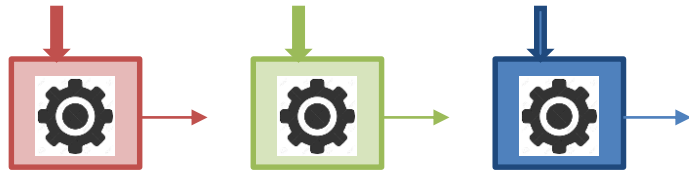
Approccio IA:

- 1, 2, 3 sono quadratini
- A, B, C, sono pallini

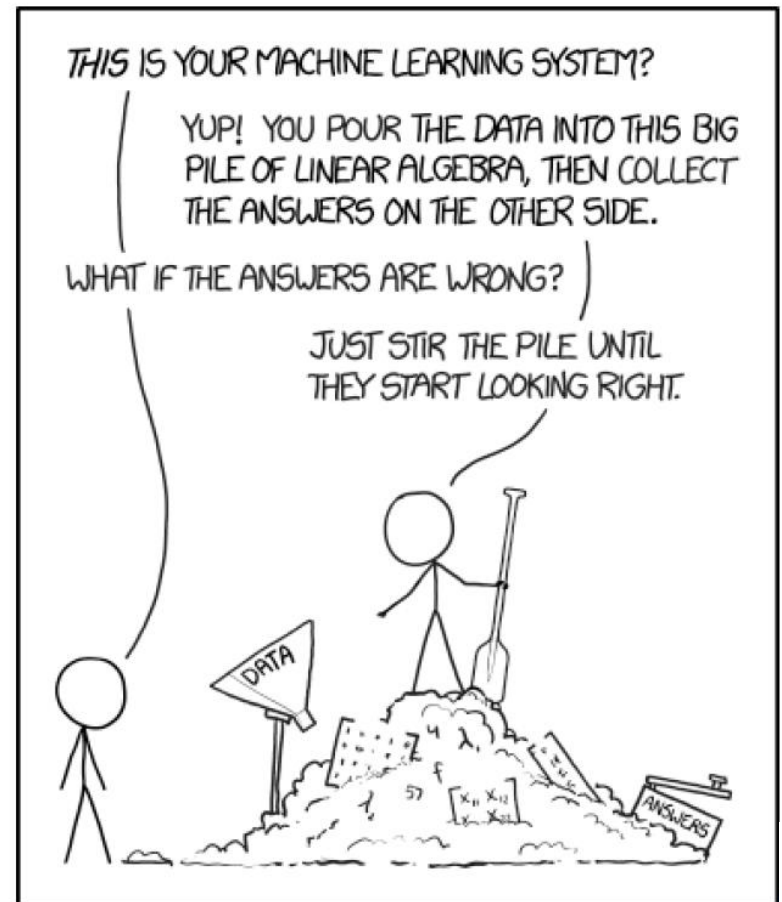


Come estrarre conoscenza dai dati?

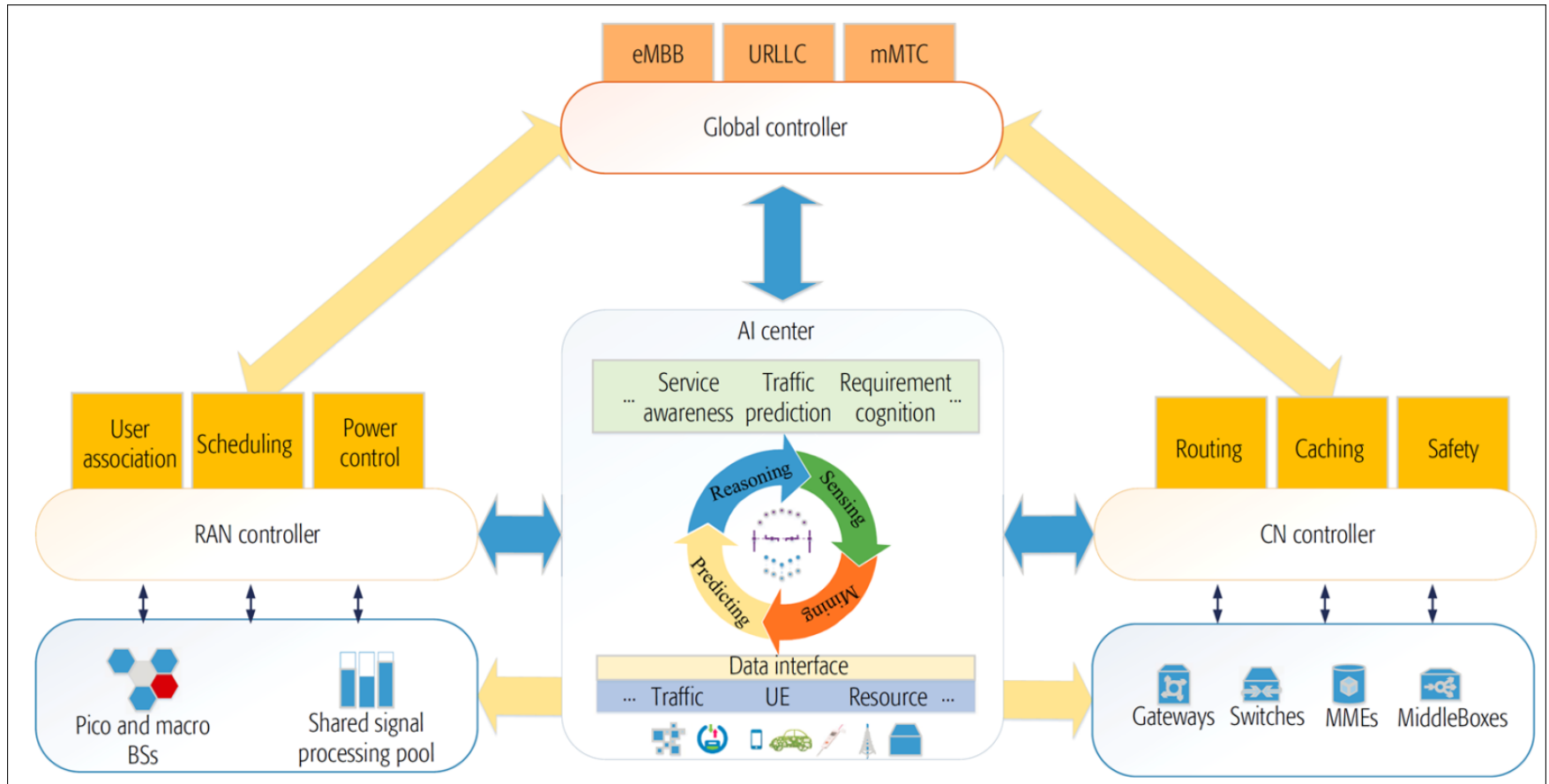
- Applicare algoritmi di machine learning è semplice.. Bisogna solo scegliere la scatola giusta.



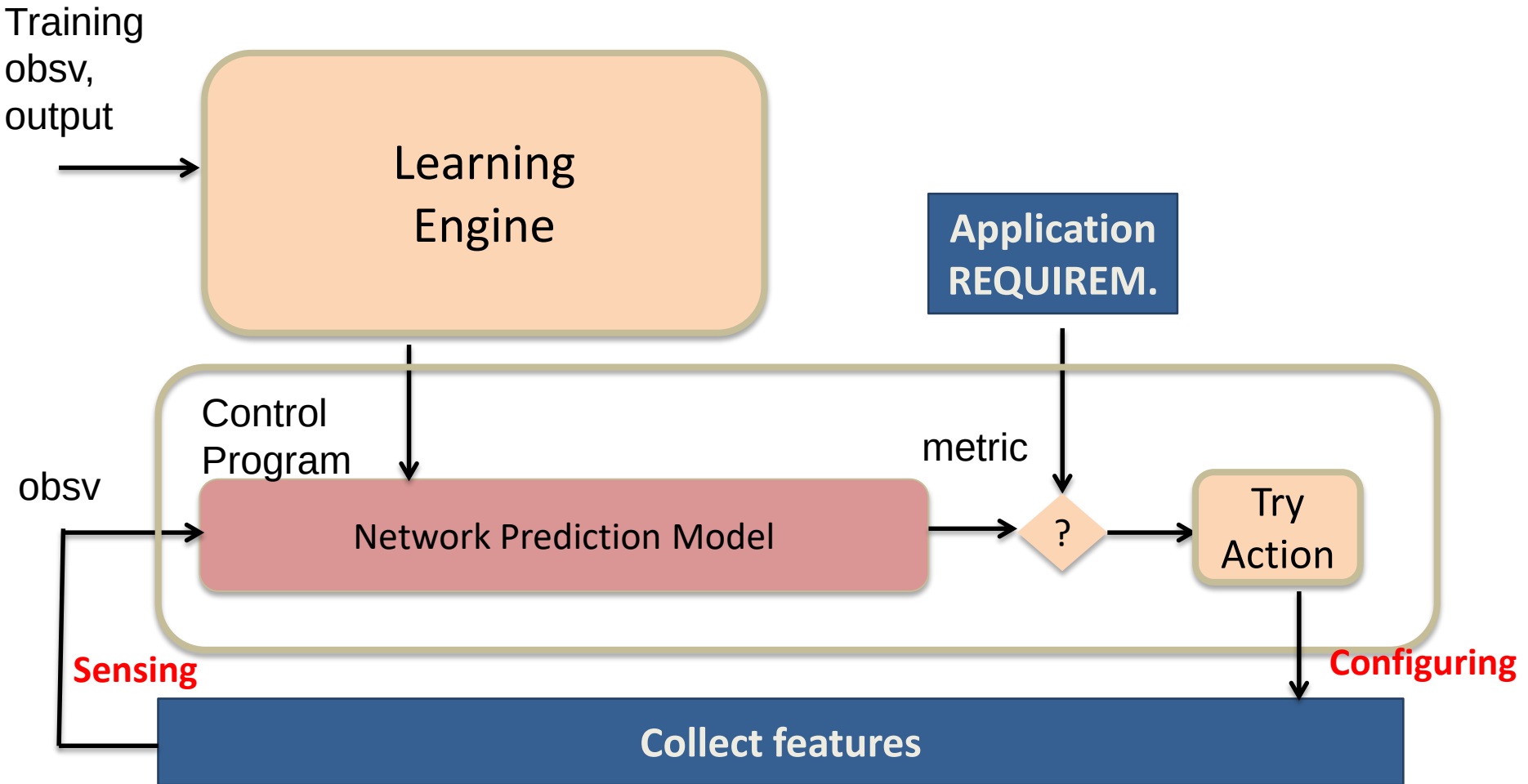
- ma non basta! Occorre:
 - Trovare dati rilevanti
 - Identificare i parametri che possono rappresentare il contesto di funzionamento (le 'features')
 - Valutare l'uso reti deep per estrarre le features in automatico
 - Applicare il modello black-box estratto
- Sfide emergenti:
 - Meta-learning
 - Online-learning
 - Transfer-learning



Costruire l'intelligenza di rete

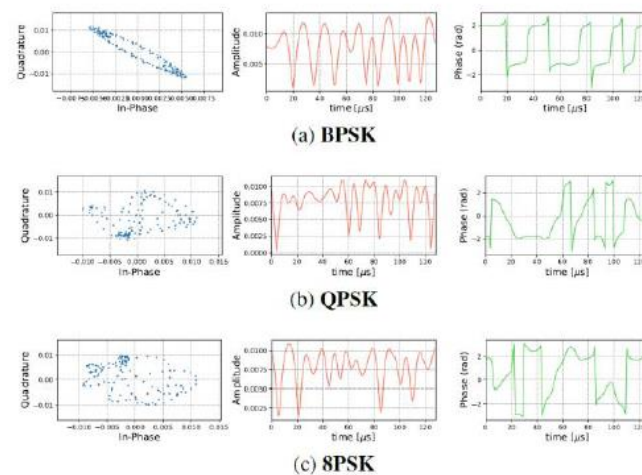
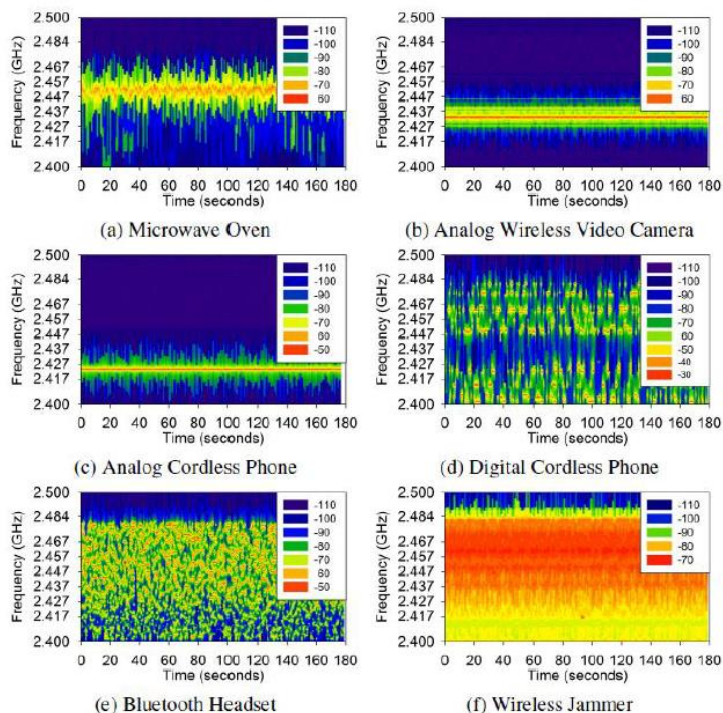


Dal modello alla configurazione



Quali 'features' dalle reti?

- Per riconoscere immagini -> pixel
- Per riconoscere testi/spam -> parole
- Nelle reti?



Dati meteo, di posizionamento, velocità, sensori, etc.

Fattori abilitanti

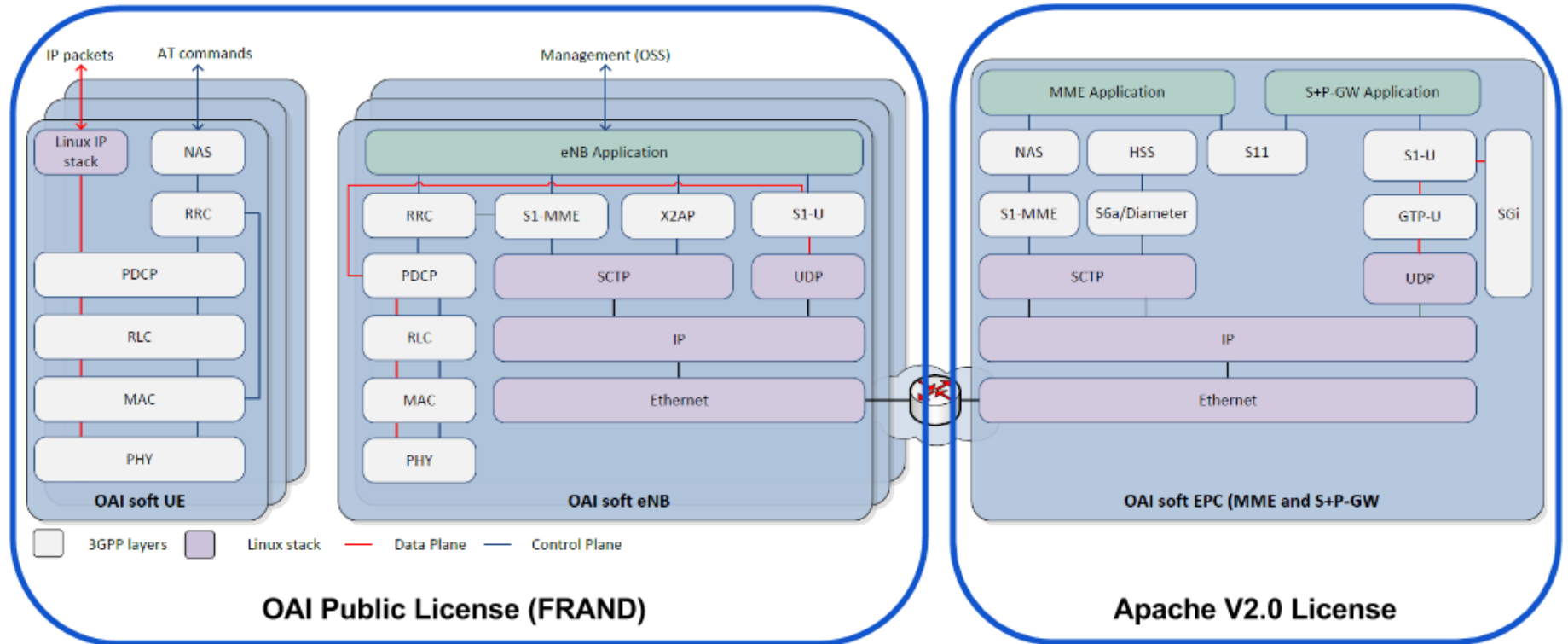
- Open HW:
 - Radio aperto e documentato in cui le modulazioni possono essere implementate via software!
- Open SW:
 - SW aperto disponibile sia per l'interfaccia radio, che per la 'core' network.
- Open Data:
 - Dati di funzionamento di reti cellulari reali o di testbed sperimentali disponibili per apprendimento



Sensing e Configurazioni dinamiche richiedono la disponibilità di nodi aperti!

Stazioni Base 'Aperte'

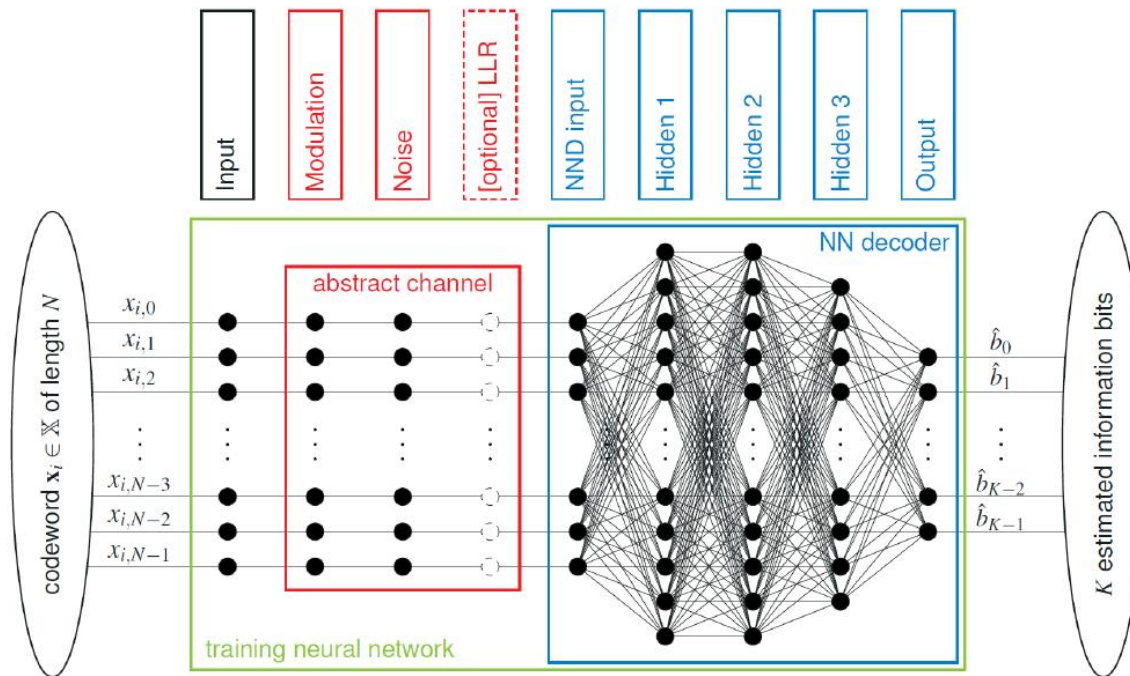
es. openAirInterface



Stazioni Base 'Aperte'



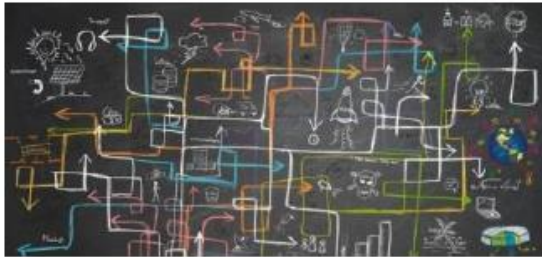
Esempio di addestramento di modelli



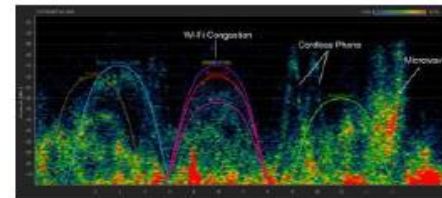
**Esempi di applicazione:
coesistenza nello spettro libero**

Casi d'uso generici

Understanding complexity & parameter interactions



Efficient optimization



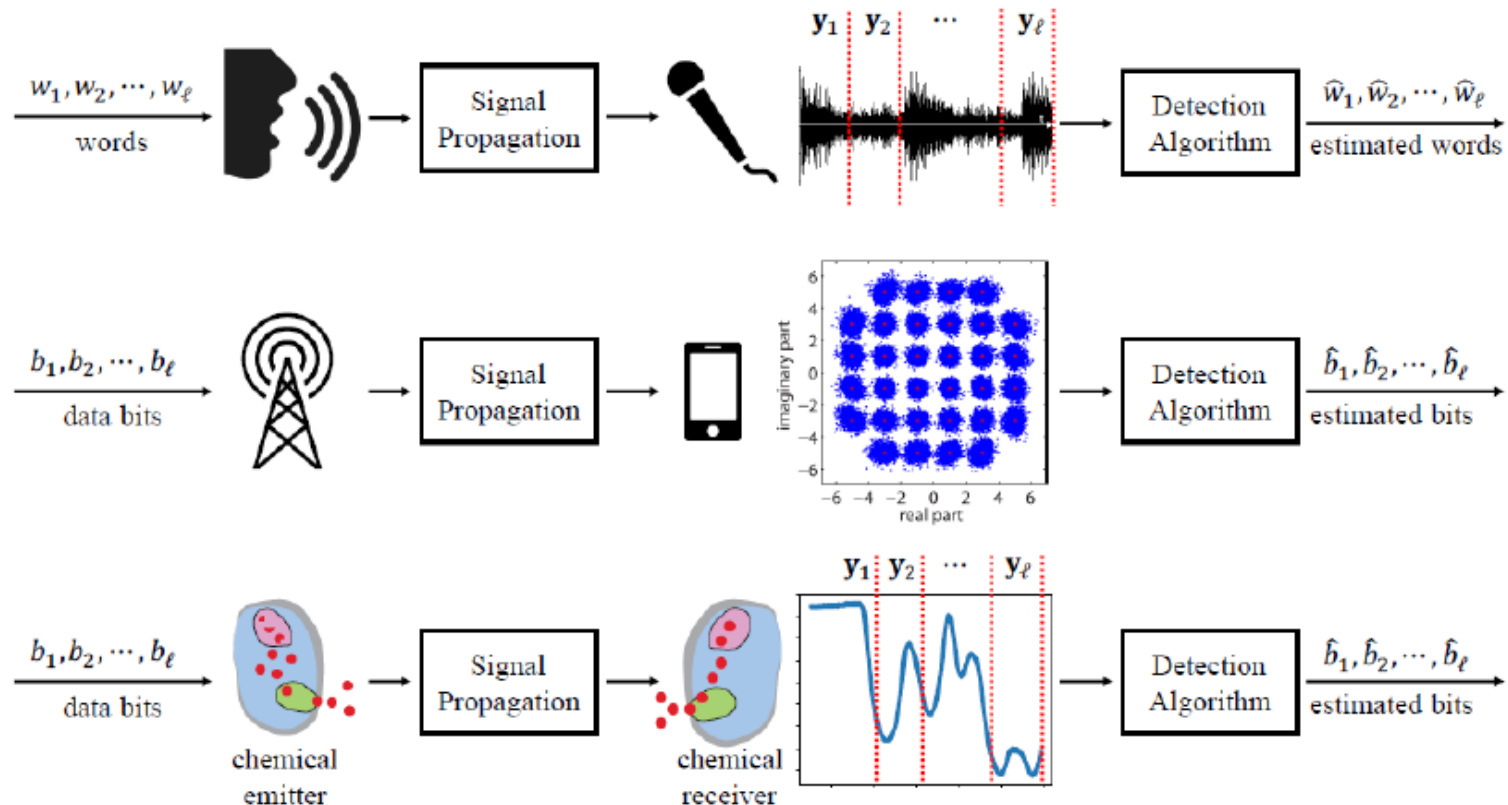
Coping with heterogeneous devices and technologies



Reuse of insights

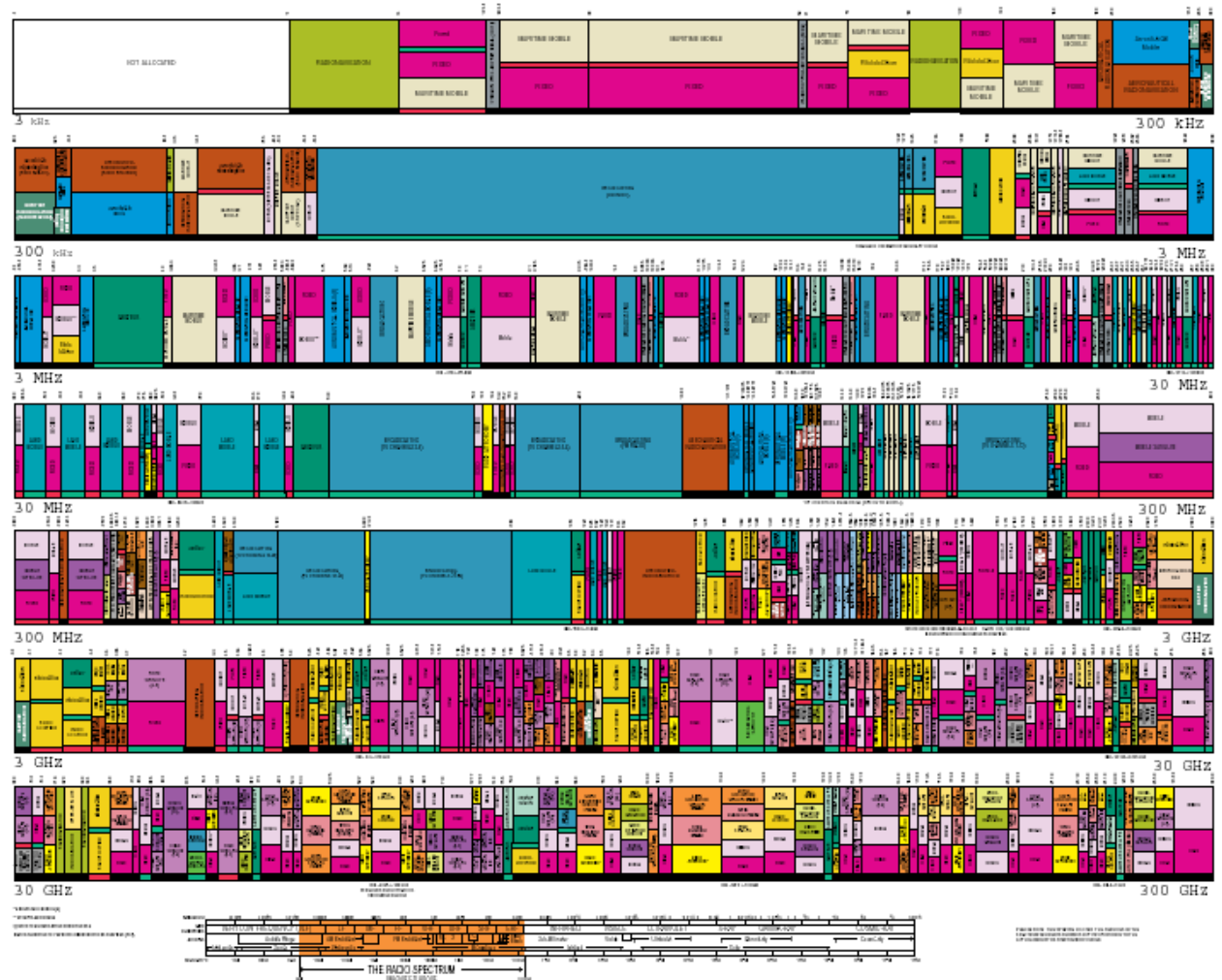


Riuso di Meccanismi di Apprendimento



UNITED
STATES
FREQUENCY
ALLOCATIONS

THE RADIO SPECTRUM

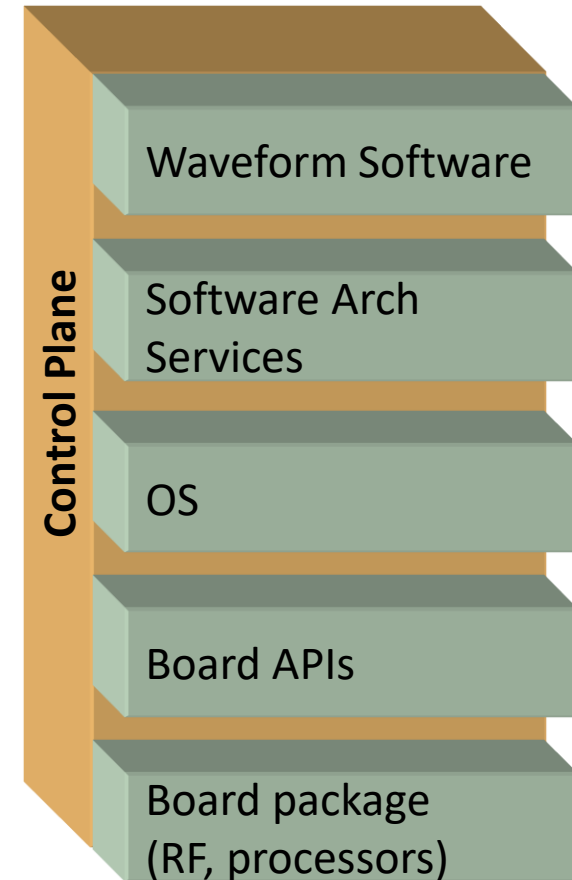


Radio Cognitive

- **Come gestire i “white spaces”?**
 - È possibile avere servizi affidabili senza usare licenze esclusive?
 - E’ possibile che i dispositivi trovino in modo automaticole bande da usare?
 - Possiamo evitare di disturbare le reti licenziate? E se I dispositivi sono silent?
 - Come possiamo fare coesistere più reti in modo efficiente?
 - Quali sono le sfide per l’hardware e il software?
 - Come garantire che I dispositive siano conformi alle regole?
- **Soluzione: Cognitive/Agile Radio technologies**
 - Molti approcci attualmente proposti..
 - Specturm Challenge lanciato dal DARPA

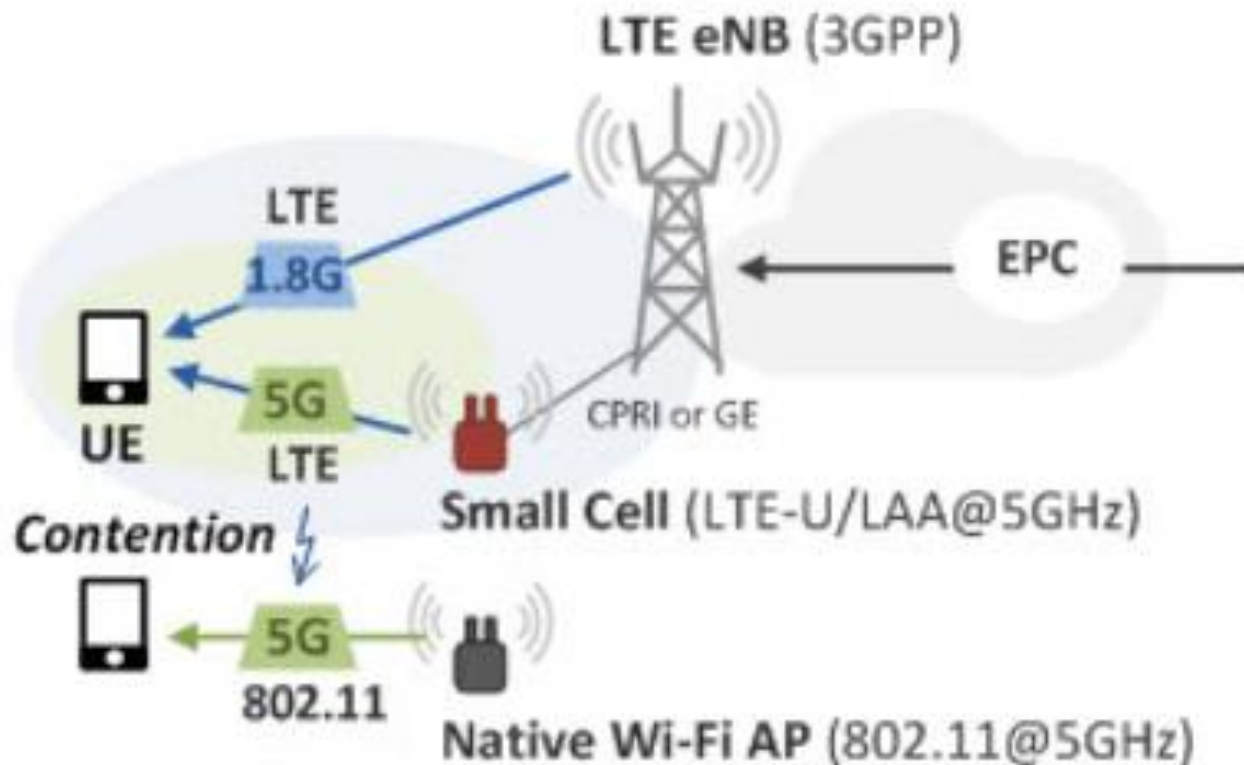
Cognitive Radio: Basic Idea

- Le radio definite via SW permettono agli utenti e alla rete di controllarne le modalità di funzionamento
- Le radio cognitive migliorano il livello di controllo aggiungendo:
 - Capacità di osservare l'ambiente
 - Processi per identificare i parametri più significativi
 - Stima di canale
 - Riconoscimento sorgenti di interferenza
 - Capacità di negoziazione con radio co-esistenti



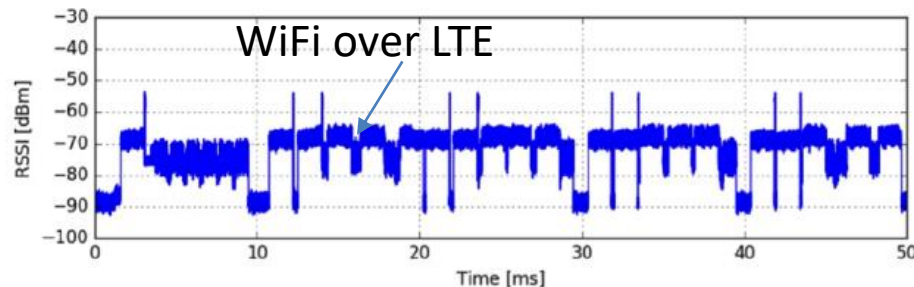
Quali competizioni nel breve periodo?

- LTE carrier-aggregation con bande libere!



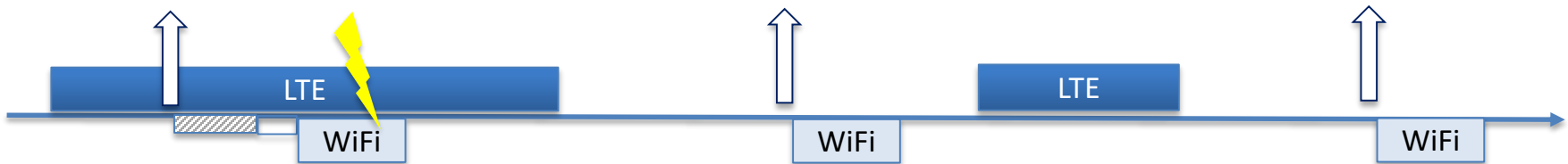
I pericoli per il WiFi

- Due versioni: LTE-U e LTE-LAA
 - LTE-U trasmette a intervalli regolari, mentre WiFi ascolta il canale per non disturbare le trasmissioni in corso..
 - WiFi può continuare a esistere solo se LTE lascia 'spazio' sul canale!
 - LTE-LAA ascolta anche il canale, ma la sensibilità è diversa dal WiFi
- Rischi: la coesistenza è attualmente basata solo su adattamenti unilaterali di LTE
- E' possibile definire meccanismi nuovi da integrare nelle tecnologie per forzare comportamenti cooperativi?
 - Sì, se ad esempio anche le stazioni WiFi possono aggiustare le soglie per decidere quando il canale è libero!

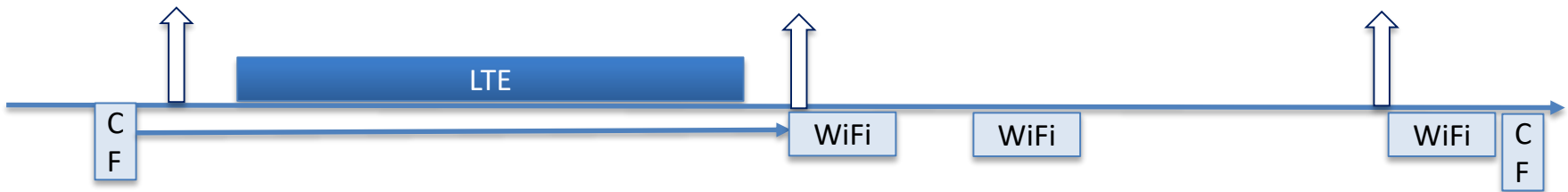


Idea di base per la cooperazione

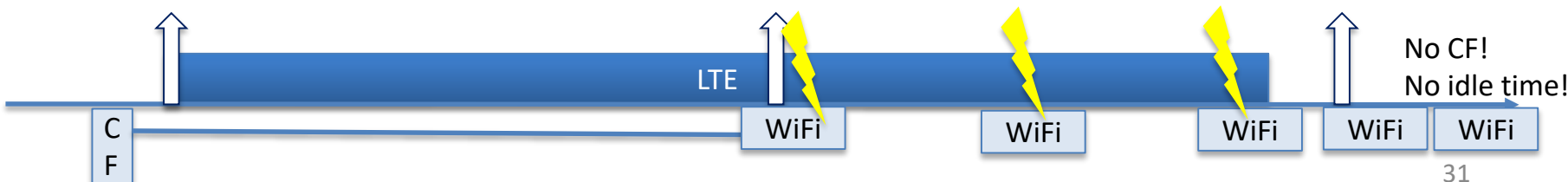
- 1) If a WiFi node tries to access the channel during the transmission of an LTE frame, it will consider the medium as idle after a given time and collide; however, LTE can exploit available time as long as WiFi keeps low-loaded



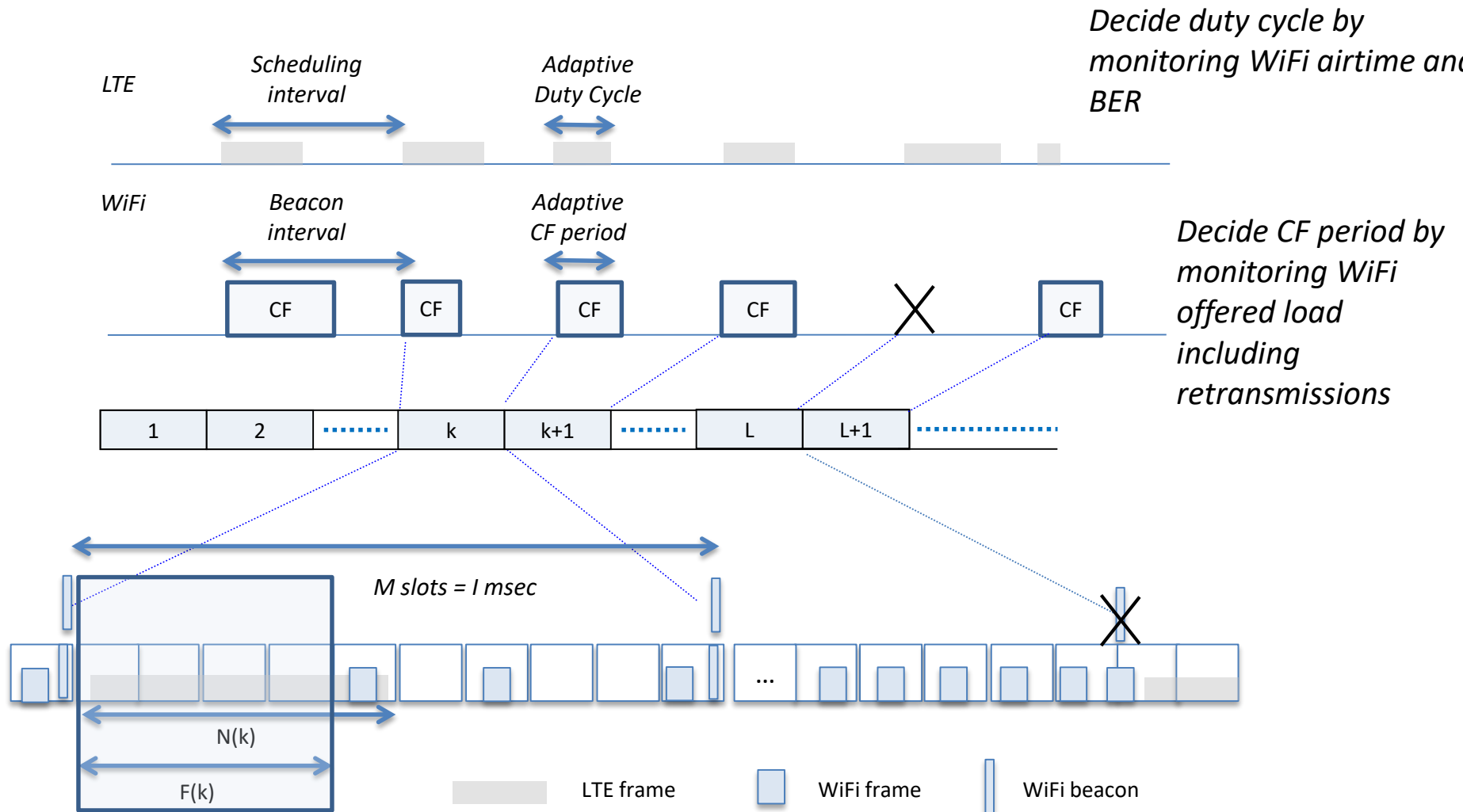
- 2) WiFi can cooperate by aggregating available channel times in periodic contention-free (CF) periods



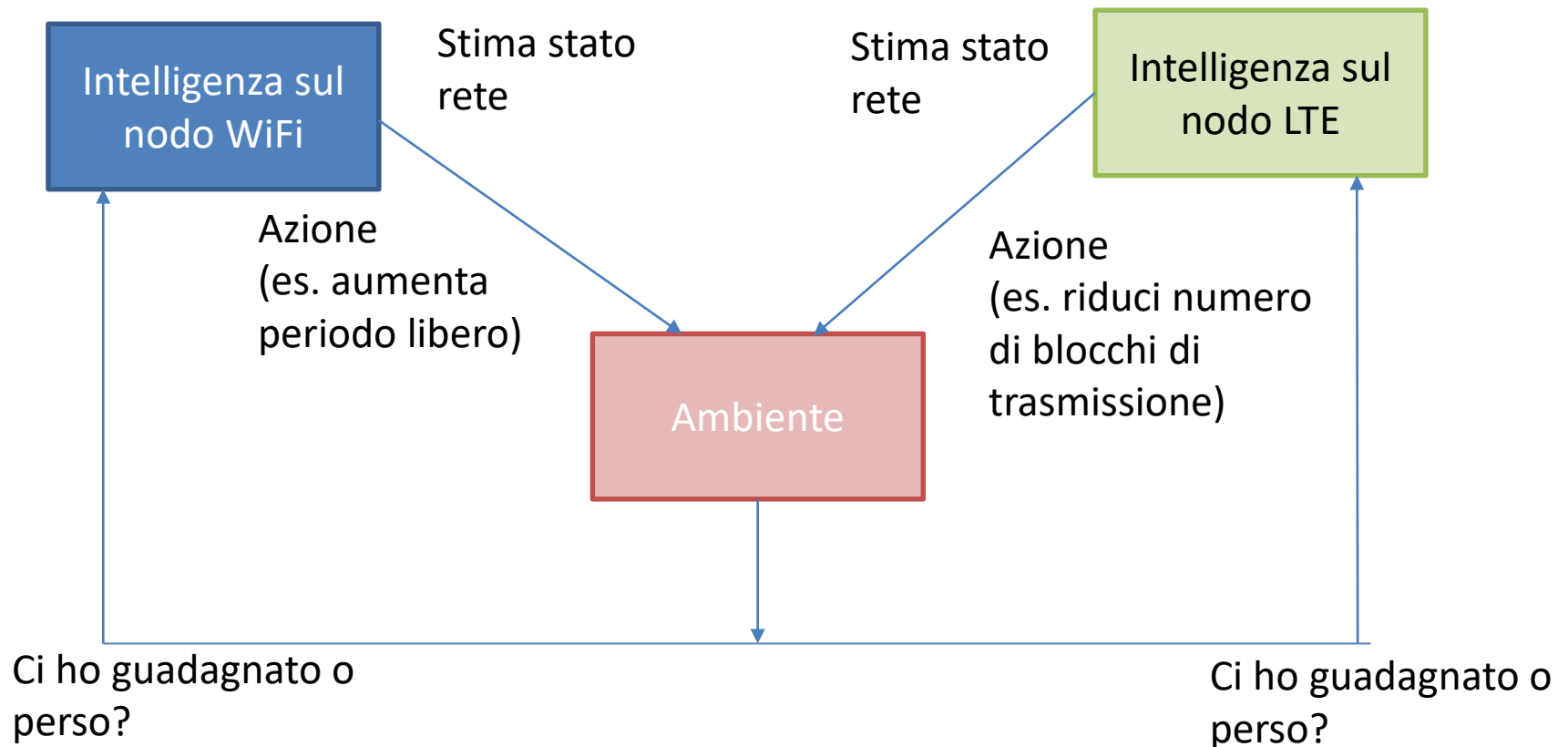
- 3) if LTE takes too much, pending WiFi frames will prevent the scheduling of CF periods and lead to collisions



L'intelligenza per la co-esistenza

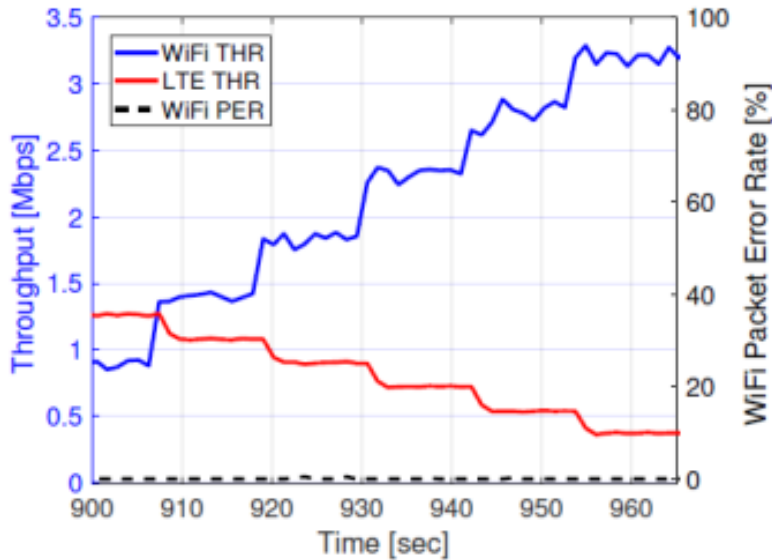


Il 'reinforcement learning'

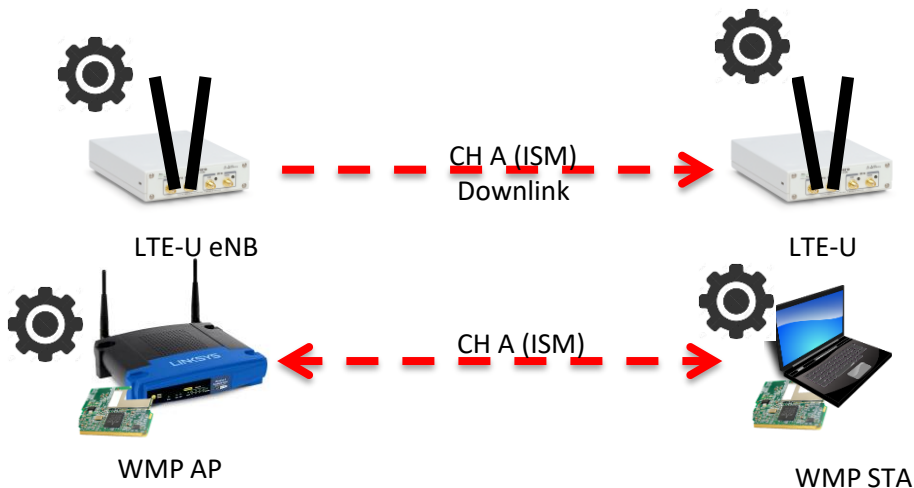
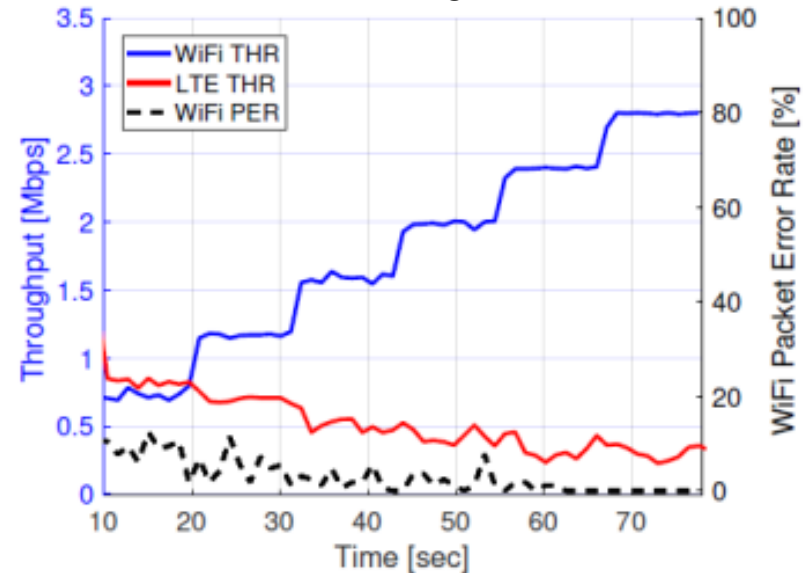


Prestazioni

Cooperation



No Cooperation
from WiFi



Se non coopera anche LTE, la velocità di trasmissione va a zero per entrambe le tecnologie

Verso il 6G

- L'intelligenza artificiale dentro la rete!

