

# Cognitive Radio e Software Defined Radio per le reti di Telecomunicazioni verso il 5G

*a cura di*  
Ing. G. Gasbarrone  
Ing. F. Benedetto





## Abstract

La rapida evoluzione delle infrastrutture e dei servizi di telecomunicazione vede una Industry Telco che incide sul 2-3% del PIL nazionale ma che rappresenta il 5% degli investimenti in Italia. Le Telecomunicazioni sono al centro di investimenti e beneficiano delle nuove architetture di rete 5G previste nei programmi di sviluppo 5G sia europei, che internazionali, dove si definiscono gli standard nei comitati 5G-IA, 5G Forum e IEEE. Gli esperti dell'ordine afferenti alla industria delle Telecomunicazioni in collaborazione con gli esperti del mondo accademico universitario di Roma TRE che partecipano attivamente alle attività di standardizzazione propongono in questo articolo una panoramica sulla evoluzione infrastrutturale verso il 5G e su come le nuove tecnologie radio SDR e Cognitive Radio possano contribuire oltre ad una maggiore efficienza nell'utilizzo dello spettro anche alla Resilienza delle reti di Telecomunicazione che incidono sulla sicurezza delle infrastrutture critiche. Recentemente la resilienza è diventata centrale nello sviluppo e progettazione delle Reti di Telecomunicazioni. I nuovi scenari legati agli investimenti ed alle conseguenti opportunità per gli ingegneri, derivano dallo sviluppo delle tecnologie LTE e 5G nel mobile e nella infrastruttura in fibra e Cloud. Assistiamo così all'affermarsi delle architetture di Software Defined Radio nell'accesso wireless e mobile e Software Defined Network nelle Reti, la cui sicurezza e resilienza sono al centro degli investimenti. Tra le tecnologie innovative, in un prossimo futuro, le Cognitive Radio saranno in grado di adattarsi alle variazioni dell'ambiente, interferenze e disponibilità delle frequenze licenziate e non, contribuendo così alla gestione del traffico nelle comunicazioni tra diversi sistemi, anche in scenari operativi che prevedano metodologie di gestione dello spettro più flessibili.

Queste nuove tecnologie offrono una serie di potenzialità e vantaggi perché consentono di ottimizzare tra l'altro gli investimenti e ottenere una pianificazione efficiente nell'uso delle reti fisse e mobili, offrendo una mobilità globale agli utenti in una cornice in cui la sicurezza è sempre al centro delle aspettative.

I nuovi business models rispondono alla crescente domanda di mercato per "ultra-broadband-enabled mobile data applications" che sono centrali nei seguenti mercati verticali: Industry Finance, Public Sector, Automotive, Energy, PA-Defense. La resilienza nelle Reti di telecomunicazioni influisce in questi contesti verticali nel controllo e sicurezza del territorio, nei sistemi per la Difesa, la produzione e distribuzione dell'energia, il tessuto economico e finanziario. Le Reti Telco sono al centro delle Infrastrutture Critiche, il cui ruolo strategico è di garantire la sicurezza e lo sviluppo economico.

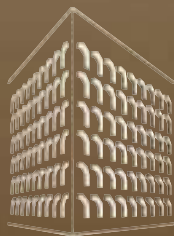
### **Evoluzione delle infrastrutture trasmissive di Telecomunicazioni verso il 5G: quale ruolo per le tecnologie Software Defined Radio e Cognitive Radio**

L'articolo fornisce un quadro d'insieme delle principali attività di standardizzazione internazionali sul 5G; di particolare interesse, le possibilità di integrazione tra la tecnologia 5G e la Cognitive Radio, in grado di apportare una serie di benefici tra i quali maggiore efficienza energetica, una riduzione delle interferenze ed una maggiore copertura sia nello spettro dei licenziatari sia in quello dei non licenziatari. Viene così trattato il tema dell'Accesso dinamico allo spettro (DSA): attività di ricerca universitaria e di regolamentazione nelle comunicazioni Software Defined Radio e Cognitive Radio in Italia ed in organismi internazionali, presentando la tecnologia della Cognitive Radio come evoluzione delle SDR e come valida soluzione per superare il limite della disponibilità dello spettro radio.

In termini generali, la Cognitive Radio è la tecnologia intelligente che esplora lo spettro sfruttando i buchi delle frequenze non licenziate o sottoutilizzate e la loro disponibilità spaziale. Nella rete di comunicazione 5G i dispositivi come gli smartphone interagiscono con le stazioni radio base della rete cellulare e ricevono indicazioni in quale spettro possono trovare condizioni più favorevoli in termine di maggiore disponibilità per le frequenze e bit rate.

Tale tecnologia, in grado di garantire un accesso dinamico e non più statico allo spettro radio, presenta tuttavia delle complessità per la sua implementazione, legate in particolare agli aspetti della normativa e della regolamentazione dell'accesso alle frequenze. Tuttavia, questo non è l'unico punto critico.

Uno dei principali problemi di una architettura di Cognitive Radio (CR) e SDR per i sistemi 5G è l'enorme fabbisogno energetico per supportare le capacità cognitive dei dispositivi mobili. La CR ha un'elevata complessità legata alle implementazioni con chip



ed applicazioni di intelligenza artificiale. Inoltre, ci sono ulteriori limitazioni legate alla realizzazione di CR per 5G che richiedono dispositivi con complessità computazionali elevate affinché analizzino e percepiscano l'intera gamma di spettro con una buona sensibilità e qualità. Tuttavia questa evoluzione del 5G con l'integrazione di SDR/CR nella sua architettura radio, anche se ora appare una strada tutta in salita, diventerà ineludibile per implementare in modo compiuto le architetture IOT, Smart City e per la Smart Factory nello scenario dell'Industria 4.0.

I nuovi sistemi di comunicazione "Next generation" nascono già intelligenti, e forniranno agli operatori una piattaforma che consentirà di utilizzare al meglio la scarsa risorsa dello spettro grazie ad una architettura di rete eterogenea che necessita della Cognitive Radio per essere realizzata.

Le Smart Cities possono essere così progettate basandosi sulla cognitive radio che utilizza lo "spectrum sensing" e lo "spatial sensing". Vengono utilizzate le antenne "massive MIMO" e le "heterogeneous network" che utilizzano le "small cells" Femto / Pico cell.

#### **Dynamic Spectrum Access (DSA)**

Sia la cognitive radio (CR) che la quinta generazione di reti wireless con standard 5G sono considerate le nuove tecnologie che abiliteranno nuovi modelli di business: mentre da un lato, la Cognitive Radio offre la possibilità di aumentare in modo significativo l'efficienza dello spettro utilizzato, dagli utilizzatori finali (CR users) grazie all'utilizzo dei buchi di frequenza non licenziata e al livello di utilizzo delle bande disponibili, dall'altro lato, il 5G abilita l'interconnessione ultra broadband con applicazioni con Quality of Service (QoS) definite per classi d'utente differenziate per scopi e scenari.

#### **Accesso dinamico allo spettro (DSA): attività di ricerca universitaria e di regolamentazione nelle comunicazioni Software Defined e Cognitive Radio in Italia ed in organismi internazionali**

Le frequenze radio rappresentano una risorsa importante per l'industria delle telecomunicazioni. Fonti del settore industriale stimano che tra il 2016 ed il 2022 il traffico generato dagli smartphone aumenterà di un fattore 10 e fino ad un fattore 12 nelle regioni dell'Europa e dell'Africa (fonte: Ericsson.com). Di conseguenza, il valore economico oltre che sociale per questo tipo di connettività assume dimensioni crescenti e gli operatori delle reti mobili dovranno far fronte ad un aumento della domanda da parte degli utenti.

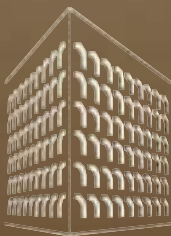
La crescente domanda di multimedialità e di accesso ad internet nei dispositivi portatili ha condotto in questi ultimi anni verso una richiesta sempre maggiore di accesso allo spettro in determinate bande determinando un sovraccarico delle frequenze interessate. A fronte





di questo alcune organizzazioni nazionali come la Federal Communications Commission (FCC) e internazionali come la Shared Spectrum Company (SSC) negli Stati Uniti hanno voluto investigare sull'effettivo sfruttamento delle bande spettrali concesse in licenza ai vari enti, evidenziando che, al variare della zona geografica e dell'intervallo temporale di osservazione, lo sfruttamento effettivo dello spettro oscilla tra il 15% e l'85%, con valori medi molto bassi e al di sotto del 20%. Appare evidente come l'assegnazione tramite licenze conduca alla sottoutilizzazione dello spettro con conseguente spreco di risorse. Tali misurazioni sono state poi recentemente ripetute nelle maggiori metropoli europee con risultati analoghi.

Per aumentare l'efficienza nell'utilizzo delle limitate risorse spettrali occorre superare la rigidità del meccanismo di assegnazione tramite licenze. Tuttavia, non può essere trascurato il gravoso problema dell'interferenza tra diversi dispositivi nella trasmissione o ricezione di onde radio. A tale proposito, svincolato lo spettro dalle licenze, o in previsione di un lungo periodo di transizione fra un tipo di gestione e l'altro, l'onere di evitare le interferenze dovrebbe ricadere pienamente sui dispositivi di telecomunicazione attraverso una gestione evoluta dell'accesso al mezzo di trasmissione. Nell'ultimo decennio si sono andate affermando nuove proposte tecnologiche di dispositivi con elevata capacità di riconfigurazione e gestione della propria interfaccia radio, come ad esempio le Software Defined Radio (SDR) o le Cognitive Radio (CR). Queste ultime in particolare, sono state definite per la prima volta alla fine degli anni Novanta dal Dr. J. Mitola III e si caratterizzano per la capacità di riadattare i propri parametri di funzionamento in modo dinamico ed in funzione del contesto in cui si trovano ad operare, avendo così tutte le potenzialità per individuare ed utilizzare le porzioni sottoutilizzate dello spettro (anche dette spectrum hole o white space). Tale capacità adattativa dei dispositivi CR apre a nuovi scenari in cui





utenti secondari (ovvero utenti non licenziatari) abbiano accesso a porzioni dello spettro non utilizzate dagli utenti primari (ovvero utenti licenziatari) anche nel caso in cui lo spettro sia vincolato da licenza e già assegnato ad altri servizi. È questo il caso del secondary market: una tipologia di scenario che prevede una rete primaria con determinate garanzie di servizio e una rete secondaria, in grado di impegnare la banda solo dove e quando questa sia totalmente o scarsamente utilizzata dal servizio primario.

Attraverso la politica dell'allocazione fissa (fixed spectrum access, FSA), gli utenti secondari non possono sfruttare canali allocati, anche se gli utenti primari che li posseggono non sono effettivamente attivi. Per evitare l'inefficienza spettrale che tale allocazione statica comporta, è stata proposta una politica di accesso dinamico nota come Dynamic Spectrum Access (DSA). Tramite questo approccio, un utente secondario può usufruire di un canale allocato se questo non è utilizzato, e può scegliere di condividerlo con altri utenti secondari. Se l'utente primario torna ad utilizzare il canale di suo diritto, ogni altro utente secondario deve lasciarlo libero nel minor tempo possibile per evitare interferenze. L'utente secondario deve quindi monitorare costantemente l'ambiente, sia in fase di ricerca del canale disponibile, sia durante il suo utilizzo per poter chiudere prontamente la comunicazione o eventualmente spostarsi su un canale libero. Il dispositivo in grado di sondare lo spettro costantemente e valutarne la condizione, è detto appunto radio cognitiva.

In questi anni il termine DSA ha assunto molte connotazioni che comprendono vari approcci alla nuova gestione dello spettro che si vorrebbe avere per migliorarne l'efficienza. Le strategie DSA possono essere catalogate in tre modelli:

**1. Dynamic Exclusive Use Model**

Questo modello mantiene la struttura base dell'attuale normativa, cioè le bande sono concesse in licenza ai vari enti per un uso esclusivo. L'idea principale è quella

di introdurre della flessibilità per migliorare l'efficienza spettrale attraverso la distinzione di due approcci:

- *spectrum property rights*: il titolare della licenza può vendere e contrattare lo spettro;
- *dynamic spectrum allocation*: lo spettro è assegnato in modo esclusivo, ma gestito dinamicamente in base alle statistiche del traffico.

## 2. *Open Sharing Model*

A volte sotto il nome di *spectrum commons*, questo modello utilizza una condivisione aperta dello spettro tra utenti paritari. I sostenitori di questo modello prendono come esempio il grande successo dei servizi wireless che operano nella banda libera ISM, come ad esempio il Wi-Fi e Bluetooth.

## 3. *Hierarchical Access Model*

Questo modello adotta una struttura di accesso gerarchica con la presenza di utenti primari, i titolari della licenza, e utenti secondari. L'idea di base è di aprire agli utenti secondari l'utilizzo dello spettro con un limite sull'interferenza percepita dagli utenti primari. La condivisione può avvenire secondo due strategie differenti:

- *Spectrum underlay*: vengono imposti severi limiti sulla potenza con cui gli utenti secondari possono trasmettere, affinché operino sotto la soglia di rumore di fondo percepita dagli utenti con licenza;
- *Spectrum overlay*: non vengono imposti vincoli sulla potenza trasmessa, ma è previsto che gli utenti secondari sfruttino localmente ed istantaneamente i buchi nello spettro, senza provocare interferenze agli utenti primari.

La capacità di sondare lo spettro radio (ovvero lo *spectrum sensing*) è la caratteristica cruciale per una radio cognitiva. Permette di ricavare statistiche sull'uso della banda nell'area del dispositivo. Oltre le informazioni riguardanti il dominio del tempo, dello spazio e della frequenza, lo *spectrum sensing* determina le caratteristiche relative al tipo di modulazione adottata nelle trasmissioni circostanti, in modo da ottenere un chiaro panorama dell'ambiente.

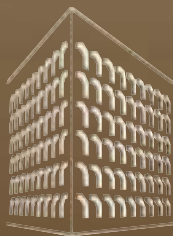
La qualità della rivelazione è legata al tempo di monitoraggio: maggiore è il numero di campioni catturati per raccogliere informazioni, maggiore sarà la qualità delle stime elaborate, maggiore il tempo di attesa prima di poter accedere al canale.

L'analisi dell'ambiente circostante da parte di una radio cognitiva può essere fatta in forma attiva, passiva o cooperativa. Nell'osservazione passiva dello spettro la radio capta silenziosamente i segnali provenienti dall'ambiente circostante, mentre in quella attiva trasmette speciali messaggi o segnali e studia le eventuali risposte. Nell'approccio cooperativo la singola radio opera la propria analisi in modo attivo o passivo e poi condivide le proprie informazioni con le altre radio attraverso un canale di controllo dedicato o comunque con segnali di comunicazione contenenti queste misurazioni. Anche la scelta del tipo di cooperazione nello *spectrum sensing*, come per la condivisione dello spettro, può essere distinta secondo tre diverse strategie:

- *centralizzata*: un'unità centrale raccoglie tutte le informazioni dalle altre radio e, una volta analizzate completamente, informa tutti i dispositivi sui risultati ottenuti;
- *distribuita*: ogni radio condivide le informazioni con tutti gli altri, ma prende da sola una decisione su quale parte dello spettro usare;
- *esterna*: un agente esterno realizza l'analisi dell'ambiente e fornisce a tutte le radio le informazioni sull'occupazione dello spettro.

È bene notare come alcune caratteristiche richieste alle radio cognitive siano già presenti in altri dispositivi odierni come ad esempio la coesistenza che è alla base dello *spectrum sharing*. Infatti, l'abilità di coesistere con altre radio nella stessa banda utilizzando protocolli differenti è stata studiata per diversi anni ed è stata già applicata a molti standard quali IEEE 802.15.2, 802.16.2. Il primo standard fornisce delle regole per la coesistenza delle wireless personal area network (WPAN), definite in IEEE 802.15, con gli altri dispositivi wireless che operano nelle bande senza licenza, come le wireless local area network (WLAN) dello standard IEEE 802.11. Il secondo standard invece fornisce delle linee guida generali per minimizzare l'interferenza nella coesistenza di sistemi fissi a banda larga ad accesso wireless.

Inoltre, altre caratteristiche quali la *dynamic frequency selection* (DFS) e il *transmit power control* (TCP) sono state sviluppate e standardizzate in accordo con il problema della coesistenza negli standard IEEE 802.11h, 802.15.4, 802.16a. In un certo senso queste tecniche applicate alle radio cognitive ne sono una loro evoluzione: infatti i primi standard sulla coesistenza fornivano metodi di misura dell'interferenza e metodi per







mitigarla tramite una coordinazione tra dispositivi che però era gestita manualmente. Poi con l'utilizzo del DFS e TPC queste sono state implementate in modo che potessero essere automatiche.

Ora però gestire il problema di avere utenti secondari che non devono interferire con quelli primari in certe bande richiede alla radio delle caratteristiche di intelligenza avanzate non descritte negli standard già approvati. Per questo motivo sono nati a partire dal 2004 dei progetti per creare degli standard che utilizzino espressamente tecniche cognitive di accesso dinamico allo spettro e di coesistenza avanzata:

- IEEE 802.22

Questo standard è stato sviluppato per le wireless regional area network (WRAN) per fornire l'accessibilità ad internet tramite una connessione a banda larga nelle aree rurali e remote. È basato su time division duplexing (TTD), ortogonal frequency division multiple access (OFDMA) e sull'uso dinamico e opportunistico delle frequenze VHF/UHF tra 54 MHz e 862 MHz date in licenza alle televisioni. Tecniche cognitive sono usate per non interferire con i segnali televisivi.

- IEEE 802.16h

Questo emendamento per gli standard 802.16 specificherà dei meccanismi migliorati (come politiche di controllo per l'accesso al mezzo) per consentire la coesistenza tra sistemi senza licenza basati sullo standard IEEE 802.16 e per facilitare la coesistenza di tali sistemi con gli utenti primari.

- IEEE 802.16m

Questo emendamento allo standard 802.16 fornirà un'interfaccia radio per le operazioni nelle bande assegnate con licenza. Sarà conforme ai protocolli dei cellulari di nuova generazione, continuando il supporto con le infrastrutture preesistenti.

- IEEE 802.11y

Questa rettifica allo standard 802.11 consentirà l'utilizzo a sistemi basati sulle specifiche 802.11 di poter lavorare nella banda di frequenze 3650-3700 MHz negli Stati Uniti. Standardizzerà i meccanismi necessari per consentire le operazioni di condivisione tra utenti basati su 802.11. Le probabili operazioni sono: specificazione di nuove classi di regolamentazioni (estensione di 802.11j), rivelazione di altri trasmettitori (estendendo 802.11a), transmit power control e dynamic frequency selection (estensioni dell'802.11h).



- IEEE 1900.1

Questo standard fornirà delle definizioni tecnicamente precise riguardo i concetti chiave nel campo della gestione dello spettro, delle software defined radio e tecnologie relative. Il lavoro andrà oltre la semplice e breve definizione, ma fornirà un ampio testo che spiegherà queste tecnologie da diverse prospettive. Inoltre descriverà come queste tecnologie siano correlate e possano essere usate in molti servizi di comunicazione per consentire nuove capacità, fornendo, allo stesso tempo, meccanismi di supporto per i nuovi modelli di gestione e accesso allo spettro.

- IEEE 1900.2

Questo standard fornirà le linee guida per analizzare la potenzialità della coesistenza rispetto all'interferenza tra sistemi radio operanti nella stessa banda o in bande differenti.

- IEEE 1900.3

Questo lavoro fornirà dei riferimenti tecnici da seguire per l'analisi del software scritto per le software defined radio, per garantire la conformità con le normative e i requisiti applicativi.

- IEEE 1900.4

Questo standard definirà i blocchi costitutivi che comprendono i gestori di risorse di rete, i gestori di risorse periferiche e le informazioni che vengono scambiate tra questi blocchi, permettendo un processo di decisione coordinato tra le periferiche della rete che sarà di aiuto all'ottimizzazione nell'utilizzo delle risorse della radio, incluso il controllo di accesso allo spettro, all'interno di reti wireless eterogenee. Lo standard si limiterà alle definizioni funzionali e architettoniche nella prima fase. La definizione del protocollo relativo sarà sviluppata in seguito.

- IEEE 1900.5

Il lavoro di questo gruppo definirà un insieme di linguaggi procedurali e le loro relazioni con le architetture per gestire le caratteristiche delle radio cognitive nelle applicazioni ad accesso dinamico dello spettro. Il lavoro sarà inizialmente incentrato sulla standardizzazione delle specifiche necessarie per un linguaggio procedurale che sia limitato a una o più architetture che definiscono e gestiscono le funzionalità e il comportamento delle radio cognitive. Il lavoro seguente sarà quello di standardizzare in maggior dettaglio cosa è stato fatto, facendo attenzione a quanto concerne l'interoperabilità.

- IEEE 1900.6

Lo scopo di questo standard è di definire le informazioni scambiate tra i sensori dello spettro e i clienti in un sistema di comunicazione. L'interfaccia logica e la struttura di supporto dei dati usata per lo scambio di informazioni saranno definite in modo astratto evitando di vincolare la tecnologia di rilevamento, la tipologia del cliente o il collegamento dati tra il sensore e il cliente.

Anche a livello nazionale molti sforzi sono stati profusi da enti governativi per sostenere tale nuova tecnologia:

- negli Stati Uniti, la FCC e la NTIA (National Telecommunications and Information Administration) hanno prodotto una serie di documenti contenenti le linee guida riguardo la regolamentazione di un accesso dinamico allo spettro e la coesistenza di utenti primari e secondari in bande con licenza.
- In Europa, la Commissione Europea ha promosso una serie di iniziative volte a definire i principi chiave e le buone pratiche per una gestione efficiente dello spettro. In particolare, è stato pubblicato nel 2016 un documento contenente il piano d'azione per le infrastrutture di rete 5G per la connettività in Europa.
- Nella regione dell'Asia-Pacifico, i maggiori sforzi nella direzione di regolamentare l'accesso dinamico allo spettro arrivano dall'IMDA (Infocommunications Media Development Authority) di Singapore. È stato infatti pubblicato nel 2016 un documento contenente le specifiche tecniche per la condivisione e l'accesso ai TV white space (gli spectrum hole presenti nella trasmissione dei segnali del sistema televisivo digitale terrestre).
- L'Africa risulta chiaramente una dei paesi più indietro nella promozione di tecnologia abilitanti una gestione dinamica dello spettro ad eccezione di quanto accade alle Mauritius con i documenti prodotti, già dal 2010, dall'ICTA (Information and Communication Technologies Authority).

In conclusione è doveroso sottolineare come il sospingere alla diffusione delle tecnologie abilitanti l'accesso dinamico allo spettro risulti poi di fondamentale importanza in ottica di rete 5G. Difatti, i pilastri fondamentali su cui sarà sviluppata la nuova architettura 5G end-to-end saranno tecnologie di rete innovative, volte a soddisfare requisiti di flessibilità, dinamicità e programmabilità, basate su un substrato "software and cognitive defined".

#### **Conclusioni su "Technical standard and spectrum policy"**

- Need clear deadlines for when the spectrum is to be made available to the market.
- Investors in the next generation of wireless broadband need:
- more predictability and consistency regarding future licensing models and the key conditions for assigning or renewing national spectrum rights,
- a minimum license duration to ensure returns on investment,
- greater scope for spectrum trading and leasing,
- consistency and objectivity in market-shaping regulatory measures (reserve prices, auction design, spectrum blocks and caps, exceptional spectrum reservations or wholesale access obligations).

On the other hand, operators should commit to use the spectrum assigned to them effectively.

The shared use of spectrum, either on the basis of general authorization or individual rights of use, can enable more efficient and intensive exploitation of this scarce resource, and this is particularly relevant for the new, very short-range ("millimetre") spectrum bands foreseen for 5G communications.

#### **Conclusioni - Mobile Industry vision**

GSMA debate is open: GSMA Mobile Policy Handbook (2017)

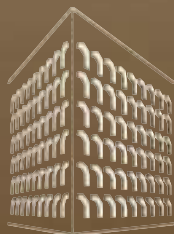
[https://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2016/08/Mobile\\_Policy\\_Handbook\\_2017\\_EN.pdf](https://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2016/08/Mobile_Policy_Handbook_2017_EN.pdf)

La principale preoccupazione è che la tecnologia Cognitive Radio e SDR non riduca in alcun modo la necessità di armonizzare e regolamentare lo spettro radio:

- "Cognitive radio technologies will not reduce the need for harmonised mobile spectrum anytime soon. Adhering to internationally recognized band plans is the only way to achieve large economies of scale."
- "In the future, will cognitive technologies enable devices to tune dynamically to any band removing the need for countries to harmonize?"

**Queste indicazioni non incidono sullo sviluppo della tecnologia ma sulla regolamentazione dello spettro radio. Tuttavia è opinione degli autori che l'evoluzione del 5G con l'integrazione di SDR/CR nella sua architettura radio, ora al centro delle attività degli organismi di standardizzazione tecnica e regolamentazione dello spettro, sarà marginale per implementare in modo compiuto le architetture IOT, Smart City e per la smart factory nello scenario dell'Industria 4.0.**

Questi temi saranno trattati nel prossimo evento sul 5G <https://www.wvrf42.ch> dall'autore Giovanni Gasbarrone





# Dagli eventi



