

Il ruolo dei broadcaster nell'era 5G: iniziative internazionali

Gino Alberico, Assunta De Vita, Vittoria Mignone
Rai - Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione

Negli ultimi anni il **settore del broadcasting** sta subendo profondi cambiamenti che costringono a rispondere rapidamente alle sfide delle nuove tecnologie per sostenere le posizioni di mercato.

Tradizionalmente, i broadcaster offrono *servizi di TV lineare e programmi radio*. Ciò significa che gli utenti possono sintonizzarsi, cambiare il programma e scegliere altro se non interessati a ciò che viene loro offerto. Tutto questo è in parte cambiato con l'avvento di *Internet*. I broadcaster hanno cominciato a sfruttare le nuove funzionalità offerte dalla rete, rendendo inizialmente disponibili i loro contenuti attraverso *siti Web* e, successivamente, tramite *app dedicate* per dispositivi portatili e mobili. Queste nuove possibilità tecniche sono alla base del crescente utilizzo dei *servizi on demand*.

Ad oggi il consumo di servizi di tipo *lineare* è ancora forte e probabilmente lo sarà ancora per molto, ma, allo stesso tempo, il consumo di questo tipo di servizi da parte delle nuove generazioni è relativamente basso. Questo va di pari passo con una dipendenza sempre crescente da dispositivi personali come *smartphone* e *tablet PC*.

L'introduzione del **5G** creerà un mercato globale con milioni di *smartphone* e *tablet PC* che potrebbero diventare potenziali ricevitori TV in grado di combinare in modo attraente servizi TV in diretta, on demand, social network e molti altri servizi multimediali.

Già a partire dalle prime definizioni delle specifiche per la Release 14 del 3GPP, il mondo dei broadcaster ha cominciato ad interfacciarsi con il 3GPP al fine di massimizzare la propria influenza all'interno di tale organismo di standardizzazione, supportando le attività relative ai casi d'uso per la distribuzione di contenuti e servizi TV audiovisivi.

Diverse sono le iniziative a livello internazionale che mirano a promuovere lo sviluppo e l'adozione delle tecnologie 5G in ambito media, in particolare portate avanti dall'EBU (European Broadcasting Union) e dal DVB (Digital Broadcasting Video).

Parallelamente, sono state avviate numerose sperimentazioni sul campo, sia in Europa, ad esempio in Austria, nel Regno Unito in Germania e in Italia, sia nel resto del mondo (Cina, Brasile, ecc.), allo scopo di verificare le diverse funzionalità offerte da questa nuova tecnologia.

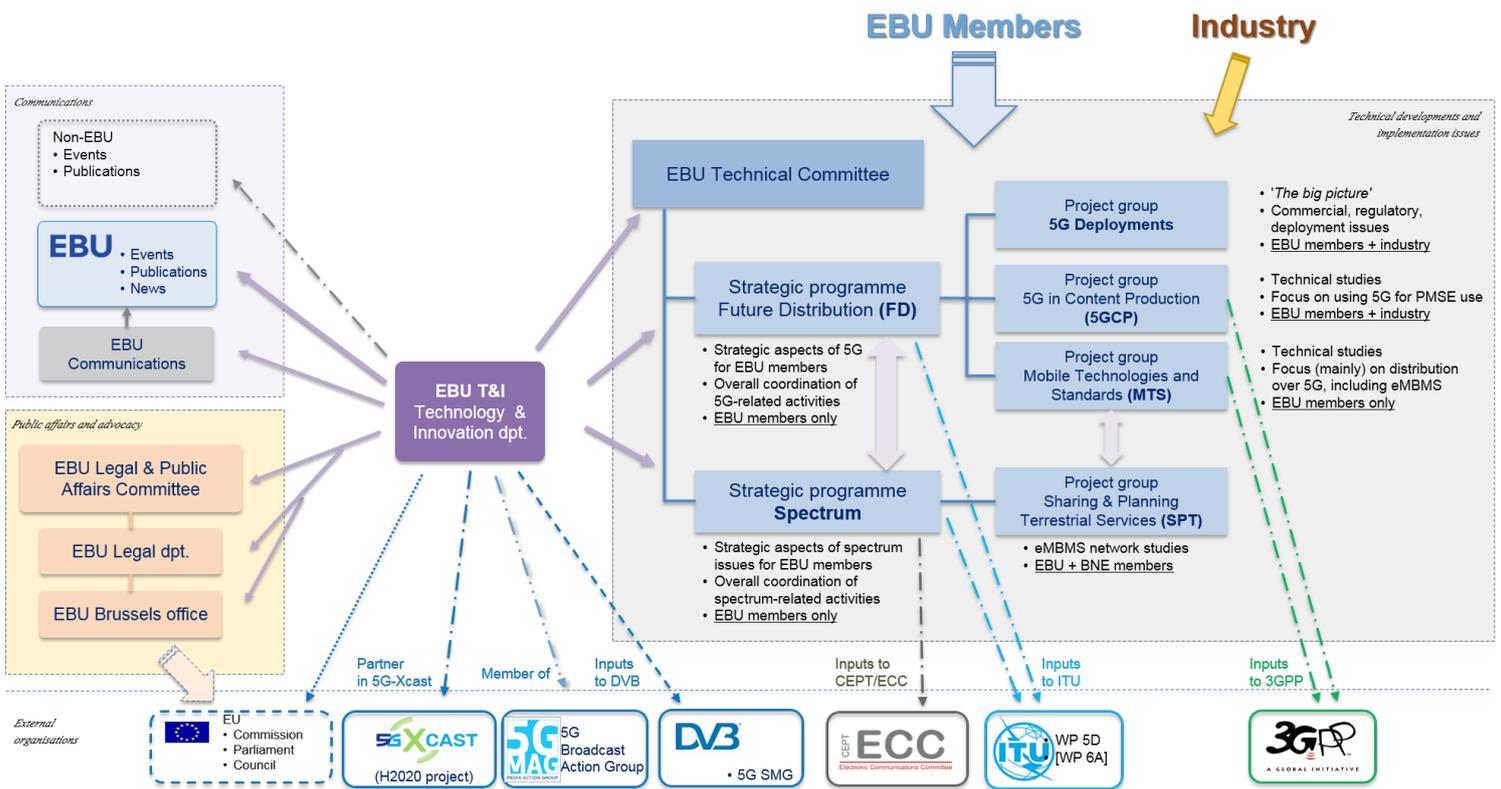
INIZIATIVE INTERNAZIONALI

Diverse sono le iniziative a livello internazionale che mirano a promuovere lo sviluppo e l'adozione delle tecnologie 5G in ambito media.

In Fig. 1 sono riportate le diverse azioni intraprese dall'EBU (Unione Europea dei Broadcaster) in ambi-

to 5G con l'obiettivo di identificare e definire *use case* sia nell'ambito della produzione che in quello della distribuzione di contenuti e servizi di media audiovisivi, mentre nei riquadri alle pagine seguenti vengono brevemente descritte alcune delle iniziative internazionali attualmente in corso.

Fig. 1 – Attività dell'EBU in ambito 5G



EBU

OPERATING EUROVISION AND EURORADIO

L'**EBU** (*European Broadcasting Union*) [a], già a partire dalle prime definizioni delle specifiche per la *Release 14* [b], ha cominciato a seguire attivamente gli sviluppi dello standard, tramite il gruppo *FD* (*Future Distribution*) che si occupa di definire nuove strategie per la distribuzione di contenuti e servizi TV audiovisivi (Fig. 1).

MTS (MOBILE TECHNOLOGIES AND STANDARDS)

L'**MTS** (*Mobile Technologies and Standards*), nato nel 2016, è un gruppo di lavoro dell'EBU appartenente al gruppo padre *Future Distribution* e ha come obiettivo quello di seguire gli sviluppi tecnici all'interno delle organizzazioni che si occupano di sviluppare gli standards (in particolare il **3GPP**) per il 5G, in modo da massimizzare l'influenza dei broadcaster all'interno di queste organizzazioni. Il compito principale è quello di coordinare e supportare in maniera appropriata il lavoro svolto all'interno di tali organismi di standardizzazione, coordinando e supportando i membri nello sviluppo di future strategie di distribuzione basate su una maggiore comprensione degli standard futuri disponibili e assicurandosi che i requisiti proposti siano soddisfatti. Già a partire dalla pubblicazione della *Release 14 del 3GPP* a giugno 2017, il gruppo **MTS** ha cominciato a lavorare per identificare eventuali lacune o limitazioni nelle nuove specifiche rispetto ai requisiti inizialmente presentati in **3GPP**. Questa attività di gap-analysis è stata condotta bilateralmente tra membri di **MTS** e i rappresentanti di *Qualcomm*. Ad oggi tale gruppo continua a fornire contributi e proposte ai gruppi del **3GPP** che si occupano di:

- **RAN** (*Radio Access Network*): prestazioni radio, livello fisico; specifica delle interfacce di accesso della rete, definizione dei requisiti O&M e test di conformità per apparecchiature utente e stazioni base e altro ancora;
- **SA** (*Service Aspects*): architetture e servizi;

- **TSG CT** (*Core Network and Terminals*): specifica delle interfacce (logiche e fisiche) dei terminali e, più in dettaglio: apparecchiature utente, protocolli radio di livello 3 della rete principale (controllo delle chiamate, gestione della sessione, gestione della mobilità), segnalazione tra i nodi della rete principale, interconnessione con reti esterne, requisiti O&M, GPRS tra entità di rete, funzionamento senza transcoder, ecc.

Il gruppo **MTS** contribuisce ai lavori da sottoporre ai vari meeting del **3GPP** e partecipa ai gruppi di lavoro all'interno del **3GPP**. Anche *Rai*, all'interno di questo gruppo, continua a partecipare attivamente a tali meeting come membro EBU.

5GDEP (5G DEPLOYMENTS)

Costituito nel 2018, il gruppo di lavoro **5G Deployments** si occupa principalmente di affrontare questioni tecniche e non tecniche relative ai *business arrangements*, ai *modelli di implementazione* e alle *condizioni normative* relative al 5G.

Gli obiettivi principali del gruppo sono:

- indagare sui modelli di implementazione del 5G previsti, compresi modelli diversi da quelli tradizionalmente adottati dagli operatori di reti di telecomunicazioni;
- comprendere il *network slicing* e il suo possibile ruolo nel consentire nuovi accordi commerciali nella produzione e distribuzione di contenuti;
- esplorare il potenziale delle *reti private* e la loro relazione con il *network slicing* nella produzione e distribuzione di contenuti;
- delineare possibili scenari futuri per le reti di distribuzione esistenti e le loro possibili relazioni con il 5G;
- collaborare con gli stakeholder esterni, in particolare con l'industria.

Continua alla pagina seguente...

...continua dalla pagina precedente.

5GCP (5G IN CONTENT PRODUCTION)

Il **5GCP** (*5G in Content Production Group*) è un gruppo di lavoro dell'EBU, appartenente al gruppo padre *Future Distribution* e ha come obiettivi

- lo studio degli sviluppi tecnici nell'ambito delle organizzazioni che si occupano di standardizzazione (*SDO, Standards Developing Organizations*) 4G/5G per quanto riguarda la produzione di contenuti audiovisivi;
- la massimizzazione dell'influenza dei broadcaster all'interno di queste organizzazioni.

Compito del gruppo è quello di formalizzare i requisiti dei membri e presentarli agli *SDO*, monitorando e coordinando le appropriate azioni di supporto atte a garantire che tali requisiti vengano effettivamente soddisfatti.

Il gruppo ha tra i propri obiettivi quello di consentire al gruppo padre *Future Distribution* di assistere i membri dell'EBU nello sviluppo di strategie di produzione di contenuti che siano basate su una maggiore comprensione degli standard futuri disponibili, sia fornendo valutazioni sui dettagli tecnici delle proposte portate avanti dagli *SDO*, sia individuando quali siano le implicazioni per la produzione di contenuti che da esse derivano.

[a] EBU, *European Broadcasting Union*, www.ebu.ch (ultimo accesso 02/12/2019)

[b] 3GPP TR 38.913 v14.3.0 (2017-06), *3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on scenarios and requirements for next generation access technologies (Release 14)*, sottocapitolo 9.1, <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2996>



Il **DVB** (*Digital Video Broadcasting*) [a] è un consorzio, comprendente più di 200 membri, guidato dalle principali organizzazioni mondiali che si occupano di TV digitale e di tecnologia, tra le quali produttori, sviluppatori di software, operatori di rete, emittenti radiotelevisive ed enti regolatori.

Il **DVB** si occupa della definizione di standard tecnici per la fornitura di TV digitale e di altri servizi di trasmissione.

5G-SMG (5G STUDY MISSION GROUP)

Una recente iniziativa, nata in seno allo *Steering Board* del **DVB** da una proposta di *Eutelsat* e *Nagra*, ha conferito al *Modulo Commerciale (CM)* del **DVB** l'incarico di analizzare possibili collaborazioni con il **3GPP** nell'ambito dei media, proponendo scenari applicativi per il 5G nel mondo broadcast.

In questo ambito è stato formato il nuovo gruppo **5G-SMG** (*5G Study Mission Group*), che, in particolare, ha come obiettivo l'analisi di una possibile evoluzione dell'attuale meccanismo di trasporto adottato nel **DVB**, basato su *Transport Stream*, verso l'impiego di tecnologie IP.

[a] DVB, *Digital Video Broadcasting*, www.dvb.org (ultimo accesso 02/12/2019)



Ad ottobre 2019, l'EBU ha promosso una nuova iniziativa con lo scopo di creare un quadro operativo per l'implementazione di soluzioni 5G in grado di soddisfare i requisiti di produzione e distribuzione di contenuti e servizi di media audiovisivi.

5G-MAG (5G MEDIA ACTION GROUP)

5G-MAG (*5G Media Action Group*) [a] è un'organizzazione intersettoriale che riunisce i settori industriali della filiera dei media, inclusi fornitori di contenuti e servizi, operatori di rete, fornitori di soluzioni tecnologiche e componenti, produttori di apparecchiature, organizzazioni di ricerca e sviluppo, autorità di regolamentazione e politiche. L'obiettivo è l'identificazione di modelli di business per scenari convergenti broadcast/multicast/unicast in ambito 5G, che permettano di individuare eventuali sinergie tra le esigenze della produzione e distribuzione dei media, telecomunicazioni, trasporti, sicurezza pubblica e altri settori dell'industria verticale. **5G-MAG** si pone anche l'obiettivo di sviluppare un quadro di implementazione per una possibile infrastruttura collaborativa del 5G, con l'obiettivo di introdurre servizi in base alle rispettive esigenze dei diversi settori verticali.

Tra i vari obiettivi, si pone di:

- individuare e affrontare le barriere commerciali, tecniche e normative per l'immissione sul mercato di apparecchiature convergenti 5G/multicast/unicast abilitate, in particolare per smartphone e automobili;
- identificare i mezzi commerciali e normativi attraverso i quali il lancio della rete può essere accelerato per raggiungere una copertura quasi universale del territorio e della popolazione;
- identificare i casi d'uso rilevanti nel settore dei media globali in cui il 5G può essere utile;
- definire le caratteristiche tecniche dei chipset e dei dispositivi utente per abilitare questi casi d'uso;
- stimare il volume di chipset e dispositivi utente richiesti dal mercato globale;
- collaborare con le autorità di regolamentazione e i responsabili politici per garantire la necessaria regolamentazione;
- cooperare con organizzazioni di standardizzazione tecnica;
- consentire un mercato aperto e competitivo e incoraggiare nuove funzionalità e servizi;
- promuovere i vantaggi della trasmissione nel contesto del 5G.

[a] 5G-MAG, *5G Media Action Group*, <https://www.5g-mag.com> (ultimo accesso 02/12/2019)

SPERIMENTAZIONI DELLA TECNOLOGIA 5G BROADCAST NEI PAESI EUROPEI ED EXTRA EUROPEI

Negli ultimi anni si stanno moltiplicando le sperimentazioni riguardanti la tecnologia *5G Broadcast* in Europa e nel resto del mondo. Nei riquadri seguenti vengono riportati gli esempi più significativi di sperimentazioni attualmente in corso.

Ulteriori *trial* relativi alla tecnologia 4G/5G da parte dei membri *EBU* sono riportati nel *Technical Report 044* del luglio 2018 ^{Nota 1}.

Le sperimentazioni *Rai* in Italia sono descritte nel dettaglio in un articolo ad esse dedicato in questo stesso numero della rivista ^{Nota 2}.

AUSTRIA - ORF/ORS

A seguito dell'approvazione concessa dall'autorità per i media *KommAustria*, l'emittente del servizio pubblico austriaca *ORS* intende effettuare un test sperimentale sulla ricezione *5G Broadcast* relativamente ai canali TV e radio, nella città di Vienna.

Il progetto pilota verrà realizzato attraverso i due grandi siti di trasmissione di Vienna, *Kahlenberg* e *Liesing*, utilizzando un canale nella banda a *700MHz*, assegnato per le finalità di test dall'autorità per i media dal 1° dicembre 2019 al 30 giugno 2020.

La sperimentazione riguarderà inizialmente i canali TV *ORF 1* e *ORF 2*, nonché le stazioni radio *Ö1*, *Ö3* e *FM4*, gestite dall'emittente pubblica *ORF*.



Nota 1 - EBU Technical Report TR 044, *Trials Tests and Projects relating to 4G/5G Broadcast Supported by European PSB*, Luglio 2018, <https://tech.ebu.ch/docs/techreports/tr044.pdf>

Nota 2 - A. Bertella e altri, *5G Broadcast: sperimentazioni e dimostrazioni*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", questo stesso numero, pp. 43-50



GERMANIA - 5G TODAY

Da luglio 2017, l'IRT (*Institut für Rundfunktechnik*) è alla guida del progetto tedesco 5G TODAY [a], che sperimenta la diffusione TV in tecnologia 5G nella regione bavarese del Bayerisches Oberland. Il progetto ha realizzato una catena di trasmissione completa per la distribuzione su infrastrutture di rete broadcast, caratterizzate tipicamente da celle di grandi dimensioni (raggio di 20-30km), di programmi TV utilizzando la modalità di trasmissione LTE/5G FeMBMS. Il progetto è finanziato dalla Bayerische Forschungsstiftung (*Fondazione bavarese per la ricerca*) e coinvolge, oltre all'IRT, Kathrein Werke e Rohde & Schwarz, con il supporto di Bayerischer Rundfunk e Telefonica Germany.

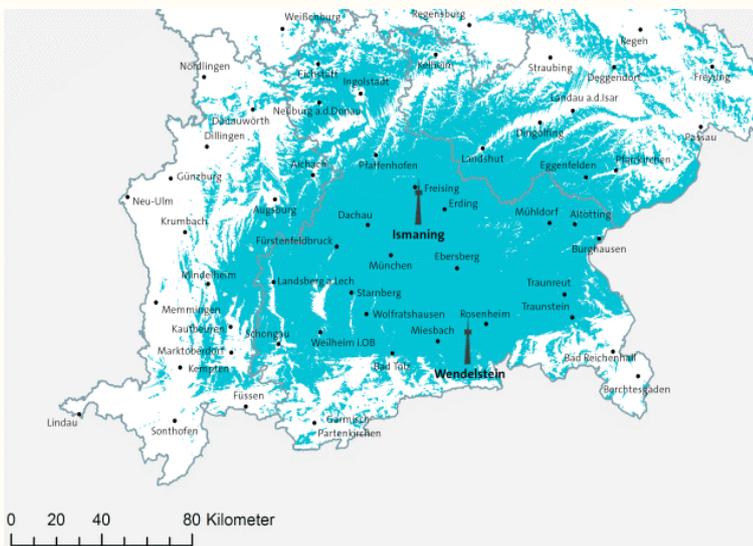
La tecnologia sperimentata da 5G TODAY si basa sulla modalità FeMBMS della Release 14 del 3GPP, che permette la diffusione in modalità broadcast verso i terminali 5G dalle torri HPHT (*High Power High Tower*) delle reti broadcast, in grado di coprire vaste aree con un numero limitato di trasmettitori [b].

Per le sperimentazioni sono stati utilizzati due trasmettitori Rohde & Schwarz con ERP da 100 KW installati nei siti di Monaco-Ismaning e Wendelstein (altezza 1828 m), operanti in modalità a frequenza singola (SFN) sul canale 56/57 (750-760 MHz). Le frequenze utilizzate per la sperimentazione sono fornite da Telefonica, mentre i siti dei trasmettitori e il contenuto TV sono stati messi a disposizione da Bayerischer Rundfunk. Il ricevitore FeMBMS utilizzato per le prove in campo, basato sulla tecnologia SDR (*Software-Defined Radio*), è stato sviluppato da IRT.

La sperimentazione ha permesso di verificare l'efficienza della tecnologia 5G Broadcast per la distribuzione di programmi TV dalle torri HPHT dei broadcaster verso i futuri dispositivi mobili 5G, smartphone e tablet. I risultati del progetto saranno utilizzati a supporto del lavoro di standardizzazione nei gruppi 3GPP e per promuovere la tecnologia ai fini di una rapida implementazione sul mercato di ricevitori con tale funzionalità.

[a] Bavarian research project 5G TODAY, <https://5g-today.de/?lang=en> (ultimo accesso 09/12/2019)

[b] A. De Vita e altri, *Gli standard per i broadcaster nell'ecosistema 3GPP*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", questo stesso numero, pp. 27-32



La sperimentazione 5G TODAY



UK - LA SPERIMENTAZIONE BBC 5G RURALFIRST

Il progetto *5G RuralFirst* [a], guidato da Cisco e dall'Università di Strathclyde, comprende una trentina di partner e ha come obiettivo la realizzazione di test-bed in ambito rurale per sperimentare il 5G wireless e la connettività mobile.

Nell'ambito del progetto, la BBC R&D ha condotto delle sperimentazioni sul campo al fine di testare la tecnologia 4G/5G per la distribuzione, in modalità broadcast, di canali radio live. Più in generale, i casi d'uso esaminati complessivamente all'interno del progetto vanno dall'agricoltura alla pesca e alle applicazioni IoT (*Internet of Things*).

Questo trial, che si configura come il primo test di tale tecnologia (relativamente alla Fase 1 del 5G), si inserisce all'interno di uno dei sei progetti promossi dal Governo inglese al fine di esplorare le aree relative alla fornitura e distribuzione dei servizi di tipo broadcast. In particolare, tale progetto si pone l'obiettivo di *investigare nuovi approcci per la connettività nelle aree rurali*, caratterizzate dal fatto di avere una scarsa copertura e risorse di banda limitate sia per quanto riguarda le reti fisse che quelle mobili. Di conseguenza, il 5G può ricoprire un ruolo chiave in tale contesto, ossia fornire servizi broadcast in aree difficili da raggiungere e laddove non è conveniente investire in reti di tipo unicast. Il trial 5G orientato al *Broadcast di contenuti radio* si compone di due parti: una sperimentazione sul campo basata sulle apparecchiature 4G disponibili in commercio e lo sviluppo da parte di BBC di un prototipo di un modem standalone per la trasmissione 5G broadcast, che implementa le ultime funzionalità *feMBMS* ad oggi non ancora disponibili nei telefoni commerciali.

Il trial è stato condotto sull'isola di Stronsay nelle isole Orkney, al largo della costa scozzese. La scelta di tale area è dovuta al fatto che attualmente essa dispone di servizi in banda larga fissa molto limitati, la ricezione del segnale mobile è molto scarsa o addirittura assente e la copertura della *radio digitale DAB* risulta insufficiente.

La sperimentazione prevede la trasmissione in modalità di trasmissione *broadcast 4G (eMBMS)* di tredici stazioni radio live, tra cui il servizio locale *BBC Radio Orkney*. Inoltre, ai partecipanti alla sperimentazione è stato fornito l'accesso alla rete Internet mobile convenzionale per dimostrare i vantaggi della trasmissione broadcast live a confronto con l'unicast per servizi di catch-up TV e on-demand.

Sebbene la tecnologia implementata si fondi essenzialmente sulle specifiche definite nello *standard 4G*, mettendo a disposizione una frequenza dedicata e fornendo schede SIM gratuitamente ai partecipanti al trial, è stato possibile emulare alcune funzionalità di trasmissione che saranno presenti nello *standard 5G* come la *trasmissione stand-alone* e la *ricezione di tipo free-to-air*.

Per la sperimentazione è stata costruita una rete mobile abilitata alla trasmissione broadcast ad hoc, per poter avere il controllo completo sulle impostazioni di trasmissione e consentirne la variazione per valutare le prestazioni in diverse situazioni. Ai partecipanti è stato fornito uno smartphone abilitato alla trasmissione con un'app *BBC 5G Radio* per accedere ai servizi radio live.

[a] Progetto 5G RuralFirst, <https://www.5gruralfirst.org/> (ultimo accesso 09/12/2019)

CINA - IL 5G BROADCAST A PECHINO



Seguendo l'esempio del progetto *5G Today* in Baviera, anche la Cina si sta interessando al *5G Broadcast*. L'*Academy of Broadcasting Science (ABS)* e *China Broadcasting Network (CBN)*, due istituzioni pubbliche sotto l'autorità governativa della *National Radio and Television Administration (NRTA)*, stanno realizzando una *sperimentazione 5G Broadcast a Pechino*.

I test cinesi sono partiti nell'agosto 2019, in occasione della *Mostra Internazionale di Radio, TV e Film di Pechino (BIRTV)* e rappresentano il primo passo di una strategia a lungo termine verso le *Olimpiadi invernali del 2022 a Pechino*, con l'intenzione di proseguire con un'ulteriore espansione nazionale entro il 2025.

La sperimentazione di Pechino comprende tre siti di trasmissione, le stazioni *CCTV Tower*, *Jing Guang Center* e *Ming Ren Square*, distanti tra loro circa 10 km ed operanti in una *rete a frequenza singola (SFN)*. Trasmettitori e componenti di rete sono

forniti dalla tedesca *Rohde & Schwarz* e opereranno con potenza di uscita di *1 kW* alla frequenza centrale *754 MHz* con larghezza di banda di *5 MHz* (successivamente è prevista l'estensione a *10 MHz*). Il ricevitore utilizzato nella sperimentazione è stato sviluppato dall'università tedesca *TUBS (Technische Universität Braunschweig)*.

Con questa implementazione *end-to-end*, *ABS* e *CBN* prevedono di eseguire vari test di propagazione per verificare la copertura di rete in scenari di ricezione mobile, ed analizzare le possibilità di applicazione della tecnologia e l'interconnessione con la rete unicast *LTE*.

La sperimentazione *5G Broadcast* di Pechino potrebbe avere un'influenza importante sui produttori di chipset e terminali a fronte dell'enorme mercato potenziale e potrebbe essere un'ulteriore forza trainante per la realizzazione commerciale *end-to-end* della nuova tecnologia di trasmissione.

BRASILE - GRUPO GLOBO

Anche *Grupo Globo*, che gestisce la più grande rete televisiva brasiliana e latinoamericana, ha effettuato la prima prova sul campo *5G Broadcast* in Brasile in occasione del *Festival Rock di Rio*.

L'obiettivo del progetto, anch'esso lanciato con apparecchiature del produttore tedesco *Rohde & Schwarz*, è quello di convalidare l'operabilità e le opportunità di mercato della tecnologia *5G Broadcast*.

Il *Festival Rock di Rio* è stato trasmesso su un canale UHF sperimentale utilizzando la nuova tecnologia alla fine di settembre 2019.

The logo features the word 'GRUPO' in a light blue, sans-serif font, followed by a stylized blue 'G' icon, and then the word 'GLOBO' in a bold, dark blue, sans-serif font.



EU H2020 - IL PROGETTO 5G-XCAST

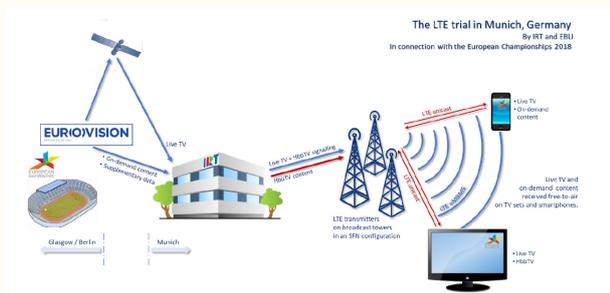
L'applicazione del 5G nel mondo dei media è stata analizzata dal progetto H2020 denominato 5G-XCast (*Broadcast and Multicast Communication Enablers for the Fifth Generation of Wireless Systems*) [a], con l'obiettivo di proporre e sperimentare una nuova architettura 5G per la diffusione di contenuti multimediali su larga scala. Il progetto ha sviluppato le funzionalità broadcast e multicast per il 5G, per applicazione nel campo dei *Media & Entertainment (M&E)* in sinergia con i settori dell'*Automotive, IoT* e *Public Warning (PW)*, con la collaborazione di 18 partner comprendenti operatori telecom (tra cui TIM e BT), produttori di apparati di rete e terminali (tra cui Samsung e Nokia), broadcaster (BBC e IRT), enti di ricerca e università.

Un'architettura molto flessibile e dinamica permette la ricezione di contenuti attraverso diverse tipologie di dispositivi e utenti in movimento in diversi ambienti, sfruttando tutte le reti disponibili. Tutto ciò può essere ottenuto attraverso la definizione di una nuova rete di accesso radio, nuovi livelli di trasporto e applicazione basati sull'estensione alla

modalità broadcast delle specifiche definite dal 5G per la trasmissione di tipo *unicast*.

Il principale compito del progetto è stato quello di sviluppare le funzionalità *broadcast* e *multicast* per la *5G New Radio* e per la *5G Core Network*, per realizzare una architettura convergente tra rete fissa, mobile e broadcast, in grado di passare dinamicamente e in modo invisibile per l'utente tra la modalità *unicast*, *multicast* e *broadcast*, per un uso efficiente delle risorse.

Punto chiave è stata la definizione di interfacce che permettano di armonizzare la fruizione di contenuti broadcast e unicast. In aggiunta, il progetto ha anche previsto una serie di test in campo per testare le funzionalità introdotte. In particolare, le funzionalità *Hybrid Broadcast* sono state sperimentate nell'area urbana della città di Monaco durante i *Campionati Europei di Atletica 2018*. In quell'occasione i contenuti live sono stati combinati con contenuti ad-hoc personalizzati per l'utente.



La sperimentazione 5G-XCast a Monaco durante i *Campionati Europei di Atletica 2018* (immagine tratta da [b])

[a] EU H2020 Project 5G-XCast, <https://5g-xcast.eu/> (ultimo accesso 09/12/2019)

[b] 5G-XCAST, *Deliverable D6.4 - Final Evaluation and Integration - Version v2.0-2019/07/31*, http://5g-xcast.eu/wp-content/uploads/2019/08/5G-Xcast_D6.4_v2.0_web.pdf