

Elettronica e telecomunicazioni

LA RIVISTA È DISPONIBILE SU WEB
ALLA URL WWW.CRIT.RAI.IT/ELETEL.HTM

Anno LXV
N° 2/2016
Dicembre 2016

Rivista
periodica
a cura della Rai

Direttore
responsabile
Gianfranco Barbieri

Comitato
direttivo
Gino Alberico
Marzio Barbero
Mario Cominetti
Giorgio Dimino
Alberto Morello
Mario Stroppiana

Redazione
Gemma Bonino
Carlo Mariano Bonugli
Roberto Del Pero

Editoriale di Gianfranco Barbieri	3
Gestione dei diritti Gli standard MPEG-21 sui contratti media e l'espressione machine readable dei diritti audiovisivi di Laurent Boch	5
Verifica sperimentale della trasmissione simultanea di due segnali televisivi DVB-T alla stessa frequenza tramite modi OAM con diversa vorticosità di Andrea Cagliero, Rossella Gaffoglio, Assunta De Vita e Bruno Sacco	14
Leggi questo articolo, una tua amica lo ha trovato interessante. Un'introduzione alle opportunità e criticità dei recommender system per la personalizzazione dei contenuti audiovisivi di Paolo Casagrande e Sabino Metta	27
Rubriche a cura della Redazione	
Progetti al CRIT <i>Progetto Rai Like</i>	38
Notiziario	40

Editoriale

Gianfranco Barbieri
Direttore di
"Elettronica e Telecomunicazioni"

Stiamo entrando nell'era dello *schermo globale*. Gran parte dei televisori di classe medio/alta sono predisposti per ricevere programmi televisivi in *streaming* via Internet. In pratica, il televisore si sta affiancando al PC nello svolgere questa funzione. Secondo le previsioni, fra due o tre anni, in Italia, un televisore su due sarà connesso alla rete; lo schermo di casa sta diventando pertanto lo strumento privilegiato per accedere al *Video On-Demand* ed allo *Streaming* in tempo reale.

La nuova tecnologia potrà mutare il nostro modo di ricevere news e programmi di intrattenimento. Si tratta di una ulteriore rivoluzione dopo quelle che si sono verificate quando la radiofonia ha sfidato la carta stampata agli inizi del XX secolo, o quando, a sua volta, la TV ha gettato il guanto di sfida alla radiofonia.

Nell'offerta del prodotto audiovisivo la sfida dello *streaming* sta catturando significative quote di mercato. La presenza, ad esempio, di **Netflix** negli Stati Uniti ed in vari paesi del mondo è piuttosto corposa; conta su 93 milioni di abbonati, è attiva in 190 paesi e vanta 125 milioni di ore al giorno di trasmissione. Ciò non impedisce, tuttavia, che altri grandi e piccoli competitori si stiano ritagliando una loro nicchia.

La **Rai** si è prontamente inserita in questo contesto competitivo con una offerta di canali in streaming che offrono la possibilità di rivedere una fiction o la puntata di un programma che è già stato precedentemente trasmesso alla tv, ma che l'utente si è sfortunatamente persi. Oppure è possibile seguire le dirette in streaming, sempre soltanto utilizzando

il televisore all'uopo predisposto (o in mancanza di questo, il PC) e la connessione Internet.

Questa considerevole abbondanza di programmi si va ad aggiungere a quella dei servizi offerti con le esistenti tecnologie (*TV terrestre, TV Satellitare e Radiofonia*). Per tutte le emittenti si pone inevitabile e pressante il problema della gestione dei diritti. In passato era prassi comune una tale gestione utilizzando supporti cartacei, eventualmente con l'assistenza di strumenti informatici. Oggi, gli operatori dei media si trovano a dover tener conto di una molteplicità di contratti la cui gestione può raggiungere livelli di criticità non trascurabili essendosi accumulati nel tempo contratti nelle forme più disparate; si va dai documenti cartacei alle scansioni digitali degli stessi, da documenti firmati in forma cartacea e, più recentemente, a documenti digitali con firma elettronica. Peraltro, la quasi totalità di tali documenti è redatta usando il linguaggio comune basato per lo più su terminologia legale. Si pone pertanto il problema di accedere a tale documentazione in forma digitale e strutturata; in altre parole, un formato elettronico per i contratti dei media *machine readable* consentirebbe una gestione dei diritti priva di ambiguità. La **RAI** è fortemente coinvolta in questa problematica: l'articolo "*Gestione dei diritti: gli standard MPEG-21 sui contratti media e l'espressione machine readable dei diritti audiovisivi*" fornisce un'ampia documentazione sulle problematiche esistenti e sugli sviluppi in corso.

Nel precedente numero di questa rivista è stato pubblicato un articolo in cui si è riportato come si sia sviluppato, negli ultimi anni, un crescente interesse

per la radiazione elettromagnetica che trasporta momento angolare orbitale (*Orbital Angular Momentum, OAM*). Il **Centro Ricerche** della **RAI** è coinvolto nella sperimentazione di trasmissione simultanea di due segnali DVB-T codificati come modi **OAM**; l'articolo "Verifica sperimentale della trasmissione simultanea di due segnali televisivi DVB-T alla stessa frequenza tramite modi OAM con diversa vorticosità" presenta i risultati di un primo esperimento da cui emerge che l'eventuale utilizzo dell'**OAM** per moltiplicare la capacità di un tipico canale VHF/UHF per il servizio televisivo terrestre è possibile, seppur con alcune limitazioni tra cui la criticità dell'allineamento tra le antenne trasmettenti e riceventi.

"Cosa c'è stasera in TV?". Questa è una domanda che ci poniamo accendendo il televisore e sfogliando la *Guida TV* per cercare il programma di nostro gradimento. Tuttavia, i tempi (e le abitudini degli

utenti) stanno cambiando rapidamente e presto si verificherà l'ennesima rivoluzione tecnologica: in un futuro forse più prossimo di quanto pensiamo, la domanda potrebbe essere formulata in maniera differente: "Cosa ci propone stasera la TV?". A proporci il migliore film oppure il documentario sulla storia dell'antico Egitto, ci penserà una macchina, in altre parole un *Recommender System (RS)*. Come ampiamente discusso nell'articolo "Un'introduzione alle opportunità e criticità dei Recommender System per la personalizzazione dei contenuti audiovisivi", i Sistemi di Raccomandazione utilizzano tecniche e strumenti software in grado di suggerire all'utente gli oggetti più rilevanti tra i tanti a disposizione, e sono creati con lo scopo di ridurre il cosiddetto *sovraccarico informativo*. Tale tecnologia è già disponibile oggi e l'articolo in oggetto cita alcuni esempi di aziende che adottano tali sistemi all'interno dei loro servizi.

Gestione dei diritti:

gli standard MPEG-21 sui contratti media e l'espressione machine readable dei diritti audiovisivi

Laurent Boch
Rai - Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica

1. INTRODUZIONE

Se ci sono domande senza risposte adeguate riguardo a quali siano i diritti utilizzabili sui media in possesso della propria azienda, è possibile che la complessa faccenda della gestione dei diritti non sia completamente sotto controllo. Questa complessità è relativamente recente. Soltanto alcuni anni fa era ancora pensabile una gestione dei contratti in forma cartacea, assistita da strumenti informatici di base.

L'evoluzione tecnologica, che sta modificando il nostro mondo e il nostro modo di vivere, è la chiave della discussione. I cambiamenti più importanti coinvolgono il modo in cui la gente comunica. Alcuni aspetti delle comunicazioni, un tempo ben distinti tra loro, si sono ora integrati grazie alle nuove tecnologie, creando nuove opportunità, nuovi modi di divertirsi, di informarsi e di interagire nella società. Portando anche un po' di confusione.

In quanto al mondo degli audiovisivi, si osserva da un lato un numero crescente di contenuti prodotti, scambiati e fruiti, con modalità, mezzi e dispositivi diversi e dall'altro, nei contratti media, un numero sempre crescente di tipologie di diritti. A questo si aggiunge che vecchie barriere alla fruizione dei contenuti, come la lingua, i confini nazionali e l'accesso alla tecnologia (anche in termini di prezzo), sono progressivamente diventate meno importanti per gli utenti finali, restando tuttavia presenti in molti casi per quanto riguarda i diritti.

Per poter effettuare una qualsiasi attività su contenuti audiovisivi che implichi il possesso di diritti di sfruttamento si deve essere in grado di dimostrare tale possesso.

I contratti media, che specificano accordi commerciali tra due o più parti riguardanti transazioni su media digitali o sulla fornitura di servizi ad essi collegati, sono i documenti in cui i diritti di sfruttamento dei contenuti, oggetto d'acquisto/vendita, sono formalmente espressi. Nel mondo digitale in cui tutti operiamo, le necessarie verifiche rispetto alle clausole contrattuali sono efficaci solo con formati elettronici "machine-readable".

Gli standard MPEG-21 "Contract Expression Language" (CEL) e "Media Contract Ontology" (MCO) sono stati sviluppati con questo obiettivo, con il diretto contributo del Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della RAI. Entrambi definiscono un linguaggio per esprimere i contratti media, CEL in XML, MCO come ontologie (OWL), non escludendo altri scenari applicativi grazie ai meccanismi di estensione forniti.

La questione dei diritti è legata alla protezione della proprietà intellettuale, aspetto da tenere presente quando si vogliono sfruttare i media per finalità commerciali e di lucro. Persone e/o organizzazioni inizialmente detengono diritti in quanto autori, co-autori, produttori dell'opera. I diritti di sfruttamento possono poi essere ceduti, in tutto, ma più spesso in parte, da un detentore ad un altro con contratti di vendita/acquisto.

Ma allora perché i diritti sono un problema? In effetti sembra che nell'industria dei media tutto migliori ad eccezione della gestione dei diritti. Perché i diritti, in alcuni casi, diventano addirittura il collo di bottiglia delle attività sui media? Innanzitutto analizziamo i problemi quotidiani di coloro che si occupano di diritti.

Le società che operano sui media hanno a che fare con una molteplicità di contratti, alcuni la cui gestione può essere particolarmente critica. Materialmente nel tempo si sono accumulati contratti nelle forme più svariate: in forma cartacea, scansioni PDF di documenti cartacei, documenti PDF risultanti da strumenti di video scrittura, ma firmati nella forma cartacea, e solo ultimamente documenti digitali firmati digitalmente. Esiste la necessità di accedere a tale insieme di documenti in una forma digitale e omogenea.

Comunque, anche se in un formato digitale, la maggior parte di questi contratti è redatta in forma *narrativa*, cioè i termini sono definiti usando il linguaggio comune, con ampio ricorso alla terminologia legale. La complessità dei vari aspetti della negoziazione si riflette quindi in frasi complesse concepite per la definizione delle clausole. Questo è in parte una conseguenza della tendenza alla frammentazione dei diritti, finalizzata a massimizzare i profitti con la vendita di diritti a molteplici clienti, con diverse condizioni di sfruttamento.

Di per sé le leggi che proteggono la proprietà intel-

lettuale non definiscono i diritti di sfruttamento con lo stesso livello di dettaglio.

La storia dei tentativi di mettere ordine nel caos dei diritti ha visto successi parziali nell'affrontare un insieme comune di difficoltà. L'approccio generale è quello della *traduzione* dei diritti definiti nei *contratti narrativi* in informazione più o meno strutturata, mantenuta su sistemi database. Tipicamente questo implica l'adozione di una *tassonomia dei diritti*, per cui la *traduzione* si risolverebbe, semplificando al massimo, nella compilazione di una serie di *check-box*, e l'indicazione dei dati più comuni, come ad esempio le date di scadenza. Non sempre però l'interpretazione del testo *narrativo* dà luogo a traduzioni univoche e coerenti, nonostante il sostegno di personale esperto di aspetti legali. L'altro problema è dato dalla rigidità delle tassonomie, con difficoltà di traduzione ad ogni comparsa di situazioni nuove non previste in precedenza. Quando poi importanti informazioni sono demandate a *generiche note testuali*, i diritti non sono più *machine readable*. Rischiosa, infine, è l'adozione di tassonomie definite in modo unilaterale, in quanto le controparti potrebbero contestare tali interpretazioni in caso di controversia.

Lo scopo dei *contratti elettronici* è quindi quello di guidare i flussi operativi, all'interno delle organizzazioni, ma anche tra organizzazioni distinte, e di consentire l'integrazione degli sfruttamenti sulla rete. In particolare si vogliono avere documenti *machine readable* e privi di ambiguità su diritti e contratti media, nonché legalmente vincolanti e utilizzabili come prova di accettazione delle *condizioni*, e facilitare, così, l'integrazione dei servizi orientati alla gestione dei *diritti* e dei *contratti* con le piattaforme esistenti per la gestione dei *contenuti* multimediali.

Insomma, un formato elettronico per i contratti media consente di evitare che la gestione dei diritti sia il collo di bottiglia dell'industria dei media. E la **RAI** è ovviamente coinvolta in questa problematica.

2. CASI D'USO E SCENARIO DI BUSINESS

Facendo riferimento a quanto illustrato in figura 1, i contratti media si ritrovano al centro di uno scenario complesso in cui operano varie tipologie di attori. Da un lato si hanno gli *autori* e gli *artisti* (presentatori, commedianti, cantanti, musicisti, ballerini e così via). Dall'altro abbiamo le *organizzazioni* specifiche dell'industria dei media, cioè quelle che agiscono nella produzione, contribuendo economicamente e tecnicamente alla *realizzazione* dell'opera, e quelle che operano la *diffusione*, categoria rappresentata in figura dai *broadcaster*, diffusione da intendersi, però, nell'accezione più ampia che include, per esempio, l'utilizzo del mezzo Internet. Non mancheranno in questo scenario i *fornitori di servizi informatici*, per il ruolo sempre più cruciale che rivestono tecnicamente nel ciclo di vita dei contenuti media, e gli *agenti* che operano sul piano commerciale e legale in rappresentanza di uno qualsiasi degli attori già menzionati.

3. STRUTTURA DEI CONTRATTI MEDIA

Gli esperti che hanno lavorato alle tecnologie **MPEG-21** hanno ricavato la struttura generale comune alla base dei contratti narrativi, analizzando un corpus di testi contrattuali di varia origine, e hanno tenuto conto dei requisiti legali per i contratti elettronici, descritti per esempio in [3].

In un *contratto narrativo* si possono normalmente distinguere un'*intestazione*, o *preambolo*, e un *corpo*.

Nel *preambolo* si troveranno i dati identificativi del contratto stesso, includenti data, numero di protocollo/versione, eventualmente un titolo e i riferimenti ad altri contratti in essere (per esempio, un contratto può sostituirne un altro precedente oppure costituirne un'estensione), l'indicazione delle parti in causa, identificabili con precisione (per esempio con chiave pubblica digitale) e infine un numero di dichiarazioni preliminari (*statements*) che le parti riconoscono come uno stato dei fatti (cioè sono considerate vere).

Fig. 1 – Scenario generale



Il *corpo* del contratto include l'indicazione dell'oggetto del contratto (contenuti media o servizi) e la cosiddetta *parte operativa*, cioè la definizione di un insieme di permessi, obblighi e proibizioni che le parti si impegnano a rispettare e che sono chiamate, per questa ragione, *espressioni deontiche*.

La definizione di un diritto nella parte operativa consiste quindi nello specificare un permesso a svolgere una determinata azione su un dato oggetto, purché un insieme di condizioni siano soddisfatte. Si fa riferimento alle *parti* del contratto in quanto rispettivamente *concedente* e *ricevente* il diritto specificato, con il presupposto che la parte concedente abbia titolo ad esercitarlo.

Diverse clausole possono essere in relazione tra loro. Semplici esempi includono l'obbligo di effettuare un pagamento o una notifica in seguito allo sfruttamento di un diritto oppure la possibilità di esercitare un certo diritto (detto secondario) successivamente allo sfruttamento di un altro diritto (detto principale). Un caso concreto di quest'ultimo esempio è quando **RAI** può mettere a disposizione del pubblico un programma su Internet e per un tempo limitato, soltanto il giorno dopo la messa in onda tradizionale.

Nell'ambito **MPEG-21** le condizioni sono anche chiamate *fatti*, perché se ne valuta la *verità*, cioè possono essere visti come espressioni logiche, che all'interno delle clausole possono essere combinate da operatori di unione e/o di intersezione. Dovendo essere soddisfatte tutte le condizioni, ne deriva che i fatti devono risultare complessivamente veri.

Il *contratto narrativo* generalmente è corredato anche da altre dichiarazioni riguardo, ad esempio, le garanzie, i limiti di responsabilità, i casi di risoluzione, il foro competente e la giurisdizione.

4. DIRITTI E CONDIZIONI

Il diritto di maggior interesse nei contratti media è quello per la *comunicazione al pubblico*, che avviene a partire da un singolo punto di emissione, in cui il

pubblico non è fisicamente presente, per mezzo di una *trasmissione* (messa in onda) o mettendo il contenuto a *disposizione* (per esempio, pubblicandolo *on line*).

Questo e gli altri diritti principali si riflettono nella legislazione a protezione della proprietà intellettuale.

Si hanno quindi: i diritti di *fissazione*, cioè l'azione che permette di concretizzare un'opera in forma di materiale audiovisivo, i diritti di *distribuzione*, di *riproduzione*, di *trasformazione*, che include la possibilità di apportare modifiche e derivare nuove opere, e i diritti di *esecuzione in pubblico*, questi ultimi riferendosi alle situazioni con il pubblico presente (teatri, cinema, sale da concerto).

Tali diritti sono molto ampi, per cui nei contratti sono normalmente limitati dall'imposizione di condizioni che, specialmente nel caso della *comunicazione al pubblico*, si riferiscono alle modalità e al contesto della possibilità di fruizione degli utenti finali.

Per esempio, si discrimina sull'eventualità e i modi di pagamento per la fruizione, oppure sulla possibilità per l'utente di scegliere quando e come vedere il contenuto, oppure sul tipo di tecnologia usata (terrestre/satellite/internet). Altre possibili condizioni riguardano il territorio, la lingua, il numero di passaggi e, naturalmente, la finestra temporale di validità.

Si intuisce quindi che tanto più numerose sono le condizioni imposte tanto più limitato è l'esercizio del diritto.

Le società che operano nei media non sono interessate soltanto allo sfruttamento dei diritti, che è limitato naturalmente dal proprio contesto operativo, ma anche alla commercializzazione oppure alla partecipazione agli utili. Non è raro infatti che i diritti siano detenuti fin dall'origine in modo condiviso da una cordata di *co-produttori*, che successivamente si accordano per spartirsene i benefici.

La **RAI**, ad esempio, ha come obiettivo principale la comunicazione al pubblico gratuita, in italiano

e sul territorio nazionale. Ciò non toglie che contenuti prodotti da **RAI** (anche con altri partner) siano commercializzati e offerti in altri contesti.

5. MACHINE READABLE

Il concetto di *machine readable* si riferisce a documenti che possono essere analizzati e capiti da componenti software, che non solo sono concepiti per aiutare nell'interazione tra sistemi ed operatori umani, ma che sono anche in grado di trarre conclusioni e prendere decisioni al termine della loro elaborazione. Il formato di un documento *machine readable* deve rendere quest'ultimo privo di ambiguità anche dal punto di vista del software/macchina, oltre che dal punto di vista umano. I formati strutturati *machine readable* sono da preferirsi a documenti scansionati, che sono sì digitali, ma non facilmente elaborabili, perché consentono la gestione dei contenuti audiovisivi in sistemi e ambiti più ampi.

Dal punto di vista commerciale i contratti media specificano gli accordi, tra due o più parti, che regolano il trasferimento o la concessione di diritti di sfruttamento su contenuti o servizi media, spesso includendo, ma non necessariamente, anche la fornitura di copie digitali del materiale destinato ad essere l'oggetto dello sfruttamento. Come per qualsiasi altro contratto, sono documenti legalmente vincolanti che possono anche essere usati come prova dell'accettazione dei termini specificati.

Una volta che i contratti media sono formalmente rappresentati con un linguaggio *machine readable* è importante facilitare l'integrazione dei servizi che operano sui contratti con le piattaforme di gestione dei contenuti multimediali nei vari ambiti di archivio, produzione/post-produzione, comunicazione al pubblico. A questo fine devono e possono essere sviluppati servizi e strumenti per creare, caricare, ricercare, presentare (all'utilizzatore umano), validare e autorizzare i contratti media.

I diritti audiovisivi sono beni virtuali, così come lo sono i media digitali. Mantenere una copia digitale

di un contenuto multimediale, a qualsiasi livello di qualità, non costituisce una prova sulla proprietà di diritti. I contratti media *machine readable* possono fornire tale prova, in quanto documenti autentici non ripudiabili. Ad ogni azione verificabile operata su un contenuto o servizio media dovrebbe corrispondere la verificabilità che essa sia stata eseguita da, o per conto di, qualcuno che deteneva il diritto di farlo.

Il contratto elettronico deve rispondere alle esigenze operative del suo ciclo di vita. Durante le fasi di negoziazione e approvazione si definiscono delle offerte e si possono utilizzare dei *template*. Al termine si procede alla firma, che in questo caso è digitale e serve a provare l'integrità e l'accettazione. Infine si deve poter garantire anche la riservatezza, parziale o totale.

Gli standard **MPEG-21 Contract Expression Language (CEL)** [1] e **Media Contract Ontology (MCO)** [2] sono stati sviluppati per uniformare la struttura dei contratti elettronici e per abilitare questo tipo di scenario operativo. Entrambi definiscono un linguaggio per esprimere i contratti media, **CEL** utilizzando il linguaggio **XML**, **MCO** servendosi del **Web Ontology Language (OWL)**, non escludendo altri scenari applicativi grazie ai meccanismi di estensione di cui sono dotati. Entrambi sono stati sviluppati all'interno di **MPEG-21** con il diretto contributo del **Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica** della **RAI**.

6. POSSIBILI USI DI CEL/MCO

Con l'introduzione dei formati *machine readable* ci si pone anche il problema della gestione di diritti risultanti da contratti pre-esistenti, cartacei con o senza scansione PDF.

In questo caso qualcuno deve leggere, e magari anche trascrivere, il testo legale originale ed esprimerlo, tramite **CEL** oppure **MCO**, in termini di permessi, obblighi e proibizioni definite nel testo. Si noti che non esiste in questo caso una trasposizione unica del testo contrattuale in una corrispondente forma *machine readable*. Al contrario, dalle varie

possibili combinazioni tra l'organizzazione narrativa del contratto e la professionalità dell'operatore possono risultare trasposizioni diverse. Per questo motivo può essere utile o necessario avere un meccanismo di collegamento tra le parti operative *machine readable* e le parti del testo originale che rappresentano. Questa capacità è fornita sia da **CEL** che da **MCO**.

Nel ciclo di vita dei contratti media i documenti sono scritti in seguito ad una negoziazione e, successivamente, potranno essere modificati e letti. La figura 2 mostra una vista completa del ciclo di vita del contratto.

Nella gestione dei diritti si opera la *lettura dei contratti* per verificare la conoscenza sui diritti detenuti.

Senza dubbio questo include la cosiddetta attività denominata *rights clearance*, che consiste nella verifica che un determinato tipo di sfruttamento di un certo contenuto sia effettivamente possibile in base ai diritti detenuti. Questo costituisce cioè il nulla-osta ad operare o pianificare lo sfruttamento.

La *scrittura dei contratti* è l'operazione eseguita principalmente in due casi:

1. inserimento di contratti nuovi, che possono essere quindi *machine readable nativi*;
2. trasposizione di *contratti narrativi* pre-esistenti.

I protagonisti della negoziazione all'origine della scrittura di nuovi contratti sono gli *acquisitori* e i *venditori di diritti*. Essi cercano di trarre il maggior vantaggio possibile dalla definizione del contratto e, naturalmente, il prezzo non è un aspetto secondario. È di grande aiuto in questa fase avere **CEL** e **MCO** sullo sfondo della negoziazione, perché in questo modo gli attori possono esprimere i loro intendimenti per mezzo di concetti standard, evitando quindi fraintendimenti. Ciò favorisce un contesto vantaggioso per entrambe le parti, in quanto il contratto esprimerà esattamente e senza ambiguità gli intendimenti degli accordi raggiunti al termine del negoziato. Per facilitare la scrittura dei contratti è possibile ricorrere anche alla definizione di *template*, cioè modelli pre-definiti applicabili a casi ricorrenti

Fig. 2 – Ciclo di vita di un contratto



che possono essere modificati e completati con un minimo sforzo.

Si è già discusso della maggior difficoltà della trasposizione di contratti pre-esistenti. Le differenze da sottolineare rispetto al caso del contratto nuovo sono che:

1. chi effettua la mappatura non è la stessa persona che ha negoziato il *contratto narrativo* originale, per cui ne opera necessariamente una interpretazione soggettiva, che oltretutto non è confermata dalle controparti;
2. essendo il contratto originale steso senza l'ausilio degli standard, magari anche in tempi in cui le tecnologie di riferimento erano particolarmente diverse, il testo potrebbe contenere ambiguità intrinseche, per assenza di definizioni chiare, o addirittura contraddizioni;
3. formalmente il contratto legalmente valido, cioè quello usato in caso di controversia, resta l'originale. Queste difficoltà potrebbero essere superate solo se le parti fossero disponibili a sottoscrivere nuovi contratti, *machine readable nativi*, in sostituzione dei precedenti.

In ogni caso scrivere contratti, o anche solo i diritti, in formato **CEL** o **MCO** è sempre utile perché consente di configurare processi sull'uso dei contenuti media e dei servizi correlati in un modo integrato e assistito da sistema. Quindi ulteriori servizi possono essere implementati traendo vantaggio dai contratti e diritti *machine readable*.

Una funzionalità importante per una collezione di contratti media è quella della *ricerca*. Ci si aspetta che i servizi di ricerca siano implementati in modo efficiente e sofisticato. Gli obiettivi e i contesti della ricerca nei contratti sono molteplici. Infatti gli utilizzatori possono basare la loro ricerca sulle parti contrattuali, sui contenuti e i servizi oggetto dei diritti, sulle caratteristiche dei diritti, sulle date. In molti casi la ricerca è incentrata sulle caratteristiche del contenuto, per cui la verifica dei diritti avviene solo una volta trovato quello di interesse. In altri casi la ricerca è incentrata su una particolare modalità di sfruttamento, per cui prima si troveranno

i contenuti corrispondenti ai diritti auspicati e poi si verificheranno le caratteristiche dei contenuti. La modalità più avanzata prevede la simultanea ricerca in base alle caratteristiche sia dei diritti detenuti che dei contenuti stessi. Per quest'ultima modalità è necessaria l'integrazione, almeno a livello di indicizzazione, tra le gestioni diritti e media.

Un flusso di lavoro completo sui contratti media digitali deve prevedere oltre alle funzionalità di *creazione, ricerca e presentazione*, anche quelle riguardanti la *validazione, l'approvazione* e la *firma digitale*.

La validazione nel merito deve essere fatta dalla persona responsabile della negoziazione. Tuttavia nel corso della realizzazione degli strumenti e dei servizi software, nonché nelle attività di inter-scambio di documenti tra servizi software realizzati in modo indipendente, è consigliabile definire un processo di controllo della congruità dei documenti prodotti. L'approvazione in genere riguarda il merito delle finalità del contratto, della disponibilità del budget corrispondente e delle aspettative rispetto l'esito degli sfruttamenti.

7. CONCLUSIONI

La complessità dei diritti nell'era dei contenuti digitali ha messo le società dell'industria mediatica nella situazione di dover scegliere tra accettare la questione diritti come un possibile collo di bottiglia della loro attività commerciale, fronteggiabile solo con un sempre maggior ricorso ad operatori umani, o adottare dei formati *machine readable* per rappresentare i contratti media e i diritti.

L'uso di contratti *machine readable*, come quelli definiti da **MPEG-21**, con **CEL** (figura 3) e **MCO** (figura 4), fornisce opportunità di migliorare considerevolmente l'attività, basandosi sull'integrazione delle informazioni e sulla conoscenza dei diritti sui media, includendo nuovi strumenti e servizi, per affrontare la questione dei diritti e consentire di ampliare le possibilità di fruizione dei contenuti nuovi e d'archivio.

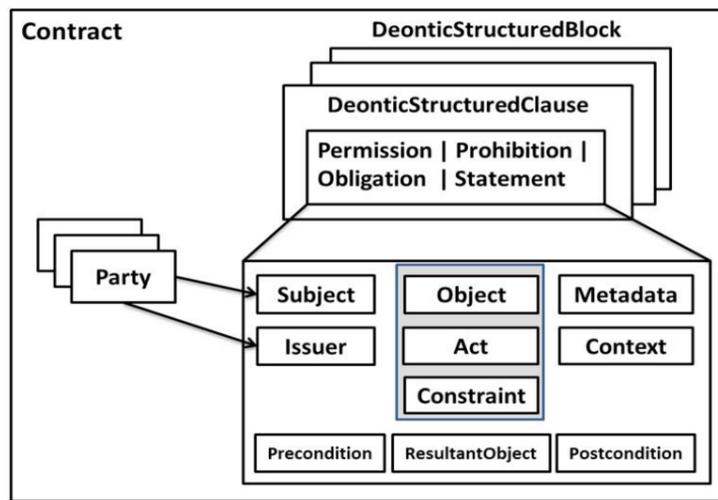


Fig. 3 – Struttura ed elementi principali di CEL, come definiti dagli XML Schema dello standard

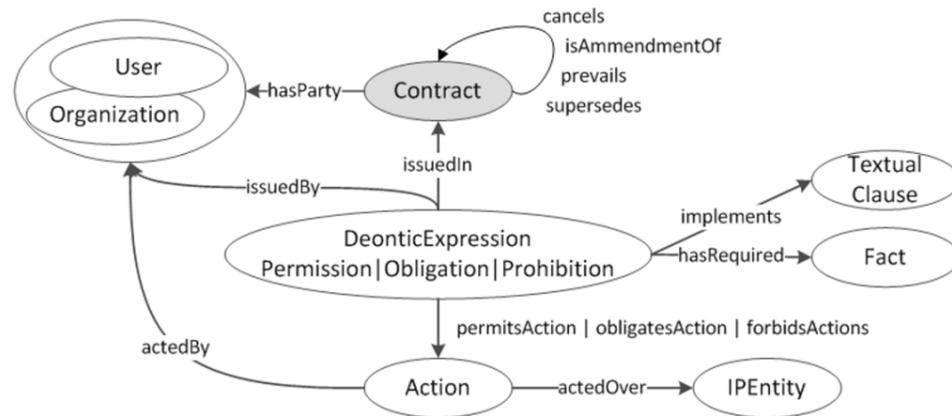


Fig. 4 – Elementi principali del modello MCO, definito in OWL (W3C Web Ontology Language)

La RAI ha contribuito alla definizione di tali standard MPEG-21, dapprima nel quadro del progetto europeo PrestoPRIME ^{Nota 1}, in seguito investendo nella

partecipazione al processo di standardizzazione e infine con un progetto interno per un nuovo sistema di gestione diritti già parzialmente in produzione.

RICONOSCIMENTI

Questo articolo è in parte derivato da:

J. Delgado, S. Llorente, L. Boch, V. Rodríguez, *White Paper on MPEG-21 Contract Expression Language (CEL) and Media Contract Ontology (MCO)*, Meeting MPEG di San Diego (US-CA) - Febbraio 2016.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ISO/IEC 21000: Information technology — *Multimedia framework (MPEG-21)- Part 20: Contract Expression Language*
- [2] ISO/IEC 21000: Information technology — *Multimedia framework (MPEG-21)- Part 21: Media Contract Ontology*
- [3] M. Gisler, K. Stanoevska-Slabeva, and M. Greunz, *Legal Aspects of Electronic Contracts*, in Proc. Central Europe Workshop (CEUR-WS), vol. 30, 2000
- [4] E. Rodríguez, J. Delgado, L. Boch, V. Rodríguez-Doncel, *Media Contracts Formalization Using a Standardized Contract Expression Language*, in "IEEE Multimedia", Volume 22, Numero 2, Aprile -Giugno 2015, pag. 64-74, ISSN: 1070-986X
- [5] V. Rodríguez-Doncel, J. Delgado, S. Llorente, E. Rodríguez, L. Boch, *Overview of the MPEG-21 Media Contract Ontology*, in "Semantic Web Journal", IOS Press, January 2016, pp. 1-22, ISSN: 1570-0844
- [6] A. Di Carlo, *PrestoPrime Project Internal Deliverable ID4.0.5b - Common Rights Ontology*, Agosto 2010
- [7] L. Boch, A. Di Carlo, M. Perrone, *New rights management system of RAI and its use of MPEG-21 Media Contract Ontology*, EBU MDN Workshop 2016, Ginevra, 7-8 Giugno 2016

Nota 1 - PrestoPRIME (2008-2012) - FP7-ICT-2007-3 231161

Verifica sperimentale della trasmissione simultanea di due segnali televisivi DVB-T alla stessa frequenza tramite modi OAM con diversa vorticosità

Andrea Cagliero¹, Rossella Gaffoglio¹, Assunta De Vita², Bruno Sacco²
¹Università di Torino - Dipartimento di Fisica
²Rai - Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica

1. INTRODUZIONE

Come già citato nei numero precedente di questa rivista [1][2], negli ultimi anni si è assistito ad un crescente interesse per la radiazione elettromagnetica che trasporta momento angolare orbitale (**Orbital Angular Momentum, OAM**), con applicazioni rilevanti nelle nanotecnologie [3], in astronomia [4][5][6][7], nella fisica quantistica [8][9][10], in ottica [11][12] e, più di recente, anche nelle comunicazioni radio in spazio libero [13][14]. Come ben noto in letteratura, esistono diverse possibilità per generare fasci OAM alle varie frequenze [15][16][17][18]; tra queste, una delle più adatte per le trasmissioni radio consiste nell'uso di schiere (arrays) di antenne, alimentate attraverso un'opportuna tecnica di sintesi [13][19].

In questo articolo vengono presentati i risultati di un esperimento di trasmissione simultanea di due segnali DVB-T codificati come modi OAM $\ell=1$ e $\ell=-1$, realizzata mediante l'utilizzo di schiere circolari uniformi di antenne nella banda TV VHF (174÷230 MHz). L'esperimento è stato supportato da uno studio numerico preliminare (non riportato nel presente articolo per brevità, ma ampiamente descritto in [20]) e da una sessione sperimentale di misura delle prestazioni della tratta a radiofrequenza, che ha portato ad una stima dell'isolamento ottenibile tra i due modi OAM e alla verifica dell'OAM-link pattern [2][22]. La distanza in gioco, sebbene limitata, è di circa tre volte superiore alla soglia di campo lontano.

Come noto, un primo esperimento sul campo, effettuato sotto la guida del professor Tamburini a Venezia nel 2011, ha dimostrato la possibilità di trasmettere e ricevere simultaneamente due segnali radio incoerenti codificati in due diversi stati OAM alla stessa frequenza.

Partendo da ciò e alla luce degli studi, riportati nel numero precedente di questa rivista, nei quali la regola per la valutazione del link budget nel caso di fasci OAM è stata opportunamente rivisitata tenendo conto della struttura peculiare di tali fronti d'onda, in questo nuovo articolo viene riportato uno studio sperimentale che descrive la trasmissione simultanea di due segnali DVB-T codificati come modi OAM $\ell=1$ e $\ell=-1$, usando un singolo array di antenne circolari uniformi sia in trasmissione che in ricezione, nella banda TV VHF e nella regione di far field.

Dalle analisi sperimentali, supportate anche da una validazione dal punto di vista numerico, emerge che l'eventuale utilizzo dell'OAM per moltiplicare la capacità di un tipico canale VHF/UHF per il servizio televisivo terrestre è possibile, seppur con limitazioni dovute al fatto che sono richiesti un buon isolamento tra i diversi modi OAM ed un perfetto allineamento tra le antenne trasmettenti e riceventi affinché le onde OAM siano ricevute correttamente. L'aspetto più limitante riguarda, però, l'attenuazione che tali onde subiscono con la distanza, attenuazione che risulta molto più elevata di quella relativa all'onda EM convenzionale. Tutti fattori che, in definitiva, limitano la piena applicabilità di questa soluzione in ambito broadcast.

Lo scopo principale dell'esperimento è consistito nella verifica pratica della possibilità di riutilizzare più volte il canale tramite l'impiego dell'OAM, evidenziando sia gli aspetti innovativi sia quelli critici di tale tecnologia. Altri obiettivi sono stati:

1. la validazione del concetto di OAM-link pattern per il calcolo del link budget nel caso OAM;
2. la verifica della validità dell'algoritmo di sintesi dei dispositivi di trasmissione e ricezione del fascio (mode sorters), appositamente progettati per l'esperimento [23];
3. la verifica della funzionalità della trasmissione con array dotati di un numero minimo di radiatori (quattro antenne ciascuno).

L'esperimento rappresenta, al meglio delle nostre conoscenze, il primo caso di trasmissione/ ricezione multipla simultanea di segnali OAM DVB-T mediante l'impiego della stessa singola schiera di radiatori sia in trasmissione che in ricezione.

2. PROGETTO DELL'ESPERIMENTO

La scelta di utilizzare array di antenne è dettata dal fatto che essi sono adatti ad implementare una trasmissione multimodo, in generale non ottenibile con la maggior parte delle tipologie di antenne OAM comunemente note. Infatti, un singolo array alimentato mediante una speciale rete di beamforming (mode sorter) può supportare la trasmissione simultanea di diversi modi OAM indipendenti, a

differenza di altre antenne quali i riflettori parabolici twistati [18], le spiral plates [15][21] e altri.

Come anticipato, uno degli scopi dell'esperimento consisteva nella possibilità di validare le funzionalità dei mode sorters, dispositivi elettronici progettati e brevettati durante la fase preliminare [23]. Tali dispositivi, nel prototipo realizzato, sono costituiti da componenti RF reperiti in commercio che coprono l'intervallo di frequenza 100÷250 MHz: per questo motivo si è scelto di effettuare i test nella banda televisiva VHF (banda III). Per semplicità tecnica e al fine di verificare l'applicabilità dell'OAM utilizzando un numero minimo di antenne si è deciso di adottare un array di soli quattro elementi. Inoltre, sebbene tale schiera sia in grado di supportare i modi $\ell=-1,0,1$, l'analisi è stata limitata alle sole configurazioni $\ell=\pm 1$.

Gli array trasmettente e ricevente sono identici (figura 1): ciascuno dei due è stato costruito mediante quattro antenne commerciali Yagi-Uda a quattro elementi Fracarro BLV4F, che forniscono un guadagno di 7 dBi. Al fine di mantenere i cavi di alimentazione ortogonali agli elementi delle Yagi, le antenne sono state disposte orizzontalmente: la polarizzazione utilizzata è dunque quella orizzontale. Gli array, che sono sostenuti da una struttura costituita da tubi in materiale plastico (PVC), sono circolari, nel senso che i quattro elementi Yagi-Uda sono disposti lungo una circonferenza di diametro $D=3.1$ m, da cui risulta una distanza di campo lontano pari a $2D^2/\lambda \sim 13$ m alla frequenza di 205 MHz.

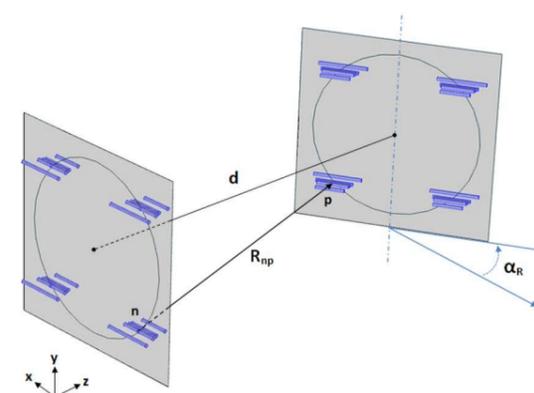


Fig. 1 – Illustrazione schematica del link (sinistra) e immagine di una delle due UCA utilizzate nell'esperimento (destra)



Fig. 2 – Due diverse vedute del sito dell’esperimento (Torino, Italia, 45° 01’ 48.4” N, 7° 39’ 15.7” E, riprodotta da Google Earth, ©2015 Google)

Come mostrato in figura 2, i due sistemi sono stati collocati sulle due ali del tetto della vecchia sede del Centro Ricerche RAI di Torino. La scelta di tale posizione per l’esperimento è essenzialmente motivata da due fattori: l’altezza e la forma dell’edificio, che insieme garantiscono riflessioni trascurabili da parte del terreno sottostante, e l’intenzione di dimostrare una trasmissione in *far field* (una distanza di collegamento di 40 m corrisponde a poco più di tre volte la soglia $2D^2/\lambda$ per il caso considerato).

3. ANALISI PRELIMINARI

Seguendo l’approccio descritto in [22], è possibile valutare il *link budget* per una coppia di schiere circolari uniformi poste una di fronte all’altra e costituite da dipoli a mezz’onda. Nel caso di un array circolare uniforme (**Uniform Circular Array, UCA**) composto da N elementi, i coefficienti di sintesi per la generazione di un fascio **OAM** con indice ℓ vengono semplicemente definiti imponendo che la differenza di fase tra ogni coppia di elementi successivi sia $\delta\varphi=2\pi\ell/N$ [13]. La relazione che determina quanti modi **OAM** tale array è in grado di supportare è $-N/2 < \ell < N/2$.

Allo scopo di conformare la nostra analisi all’esperimento, consideriamo due **UCA** identiche e composte da quattro antenne, disposte su un cerchio con raggio $R=1.5$ m e separate da una distanza $d=40$ m, come mostrato in figura 1.

L’utilizzo di antenne Yagi-Uda come elementi della schiera rende il diagramma di radiazione degli array più direttivo rispetto al caso in cui si impieghino semplici dipoli a mezz’onda, focalizzando maggiormente la radiazione emessa lungo la direzione di propagazione in trasmissione e incrementando la capacità dell’array ricevente di intercettare il fascio incidente lungo la stessa direzione.

La figura 3, ottenuta con MATLAB applicando la formula dell’*OAM link budget* [22] al caso della coppia di array di antenne Yagi-Uda considerata, riporta l’andamento del rapporto tra la potenza ricevuta e quella trasmessa in funzione dell’angolo α_R relativo alla rotazione dell’array ricevente intorno all’asse y e passante lungo il suo centro.

Grazie all’ortogonalità dei modi **OAM**, avendo il fascio trasmesso un indice azimutale $\ell_T=1$, solo un *rifasamento* con indice $\ell_R=\ell_T=1$ massimizza il segnale ricevuto per $\alpha_R=0$, mentre una configurazione distruttiva è ottenuta laddove $\ell_R \neq \ell_T$.

Per completezza, la figura 4 descrive il comportamento di P_{out}/P_{in} per $\alpha_R=0$ al variare della distanza del collegamento tra gli array. Come si può osservare, la curva corrispondente alla corretta ricezione del modo **OAM** incidente (ossia la linea verde continua) segue il ben noto comportamento asintotico $d^{-2\ell_T-2}$.

Nel caso degli array di radiatori isotropici, il *link*

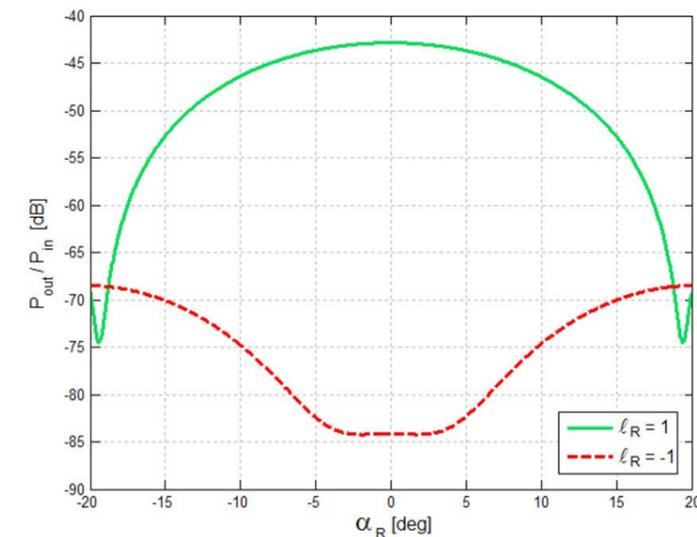


Fig. 3 – Potenza totale ricevuta normalizzata alla potenza totale irradiata in funzione dell’angolo di rotazione α_R dell’array ricevente. Gli array considerati sono UCAs composti da antenne Yagi-Uda e separati da una distanza $d=40$ m. Il fascio **OAM** trasmesso con indice azimutale $\ell_T=1$ alla frequenza 205 MHz è ricevuto secondo due diverse configurazioni di rifasamento

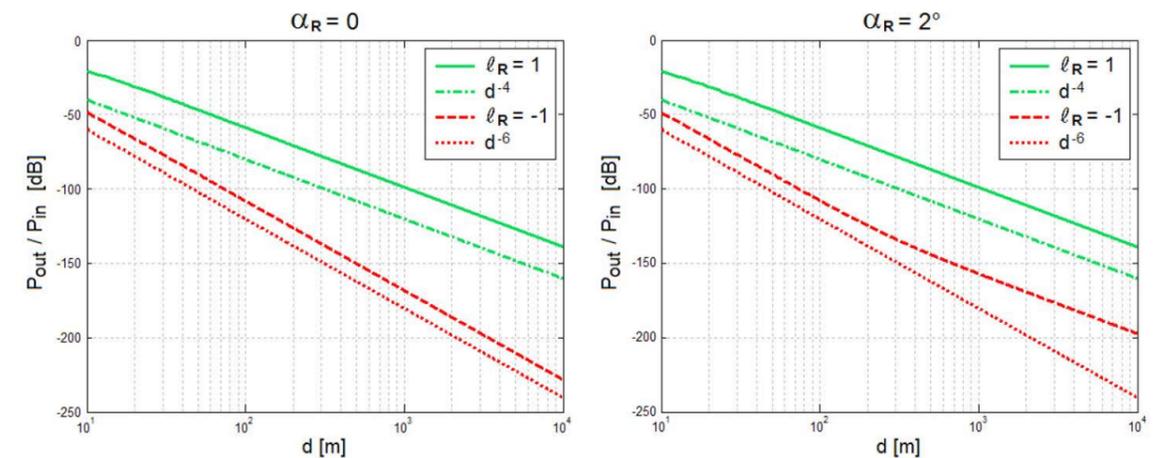


Fig. 4 – Potenza totale ricevuta normalizzata alla potenza totale irradiata in funzione della distanza del collegamento d

budget relativo alla configurazione distruttiva $\ell_R=-\ell_T$ cadrebbe a zero per $\alpha_R=0$, dove l’ortogonalità dei modi **OAM** raggiunge il suo massimo. A causa della direttività degli elementi dell’array considerato, nel caso delle schiere di Yagi Uda l’ortogonalità non è ottimale e il *link budget* per la configurazione ricevente $\ell_R=-\ell_T$ approssima quello degli array composti da elementi isotropici solo per grandi distanze, come si può vedere in figura 4 (linea rossa tratteggiata).

Poiché l’intensità del lobo principale dei fasci **OAM** segue il comportamento standard d^2 , la possibilità di massimizzare la potenza intercettata mediante trasmissioni inclinate sembrerebbe offrire una soluzione al problema del decadimento quadratico con la distanza. Tuttavia, questo approccio fuori asse non consente una discriminazione dei segnali basata sull’ortogonalità azimutale dei modi **OAM**, che invece rappresenta il punto chiave della tecnica sperimentale qui presentata.

4. GENERAZIONE ED ESTRAZIONE DEI MODI OAM: I MODE SORTERS

Nei comuni array di antenne, il circuito che provvede a fornire le varie alimentazioni ai singoli elementi dell'array viene solitamente progettato per ottenere diagrammi d'antenna su specifica.

Una tipica schiera planare (non OAM) che trasmette in direzione perpendicolare al piano (*broadside*) non richiede fasature differenti tra elementi che si trovano equidistanti dal centro.

Al contrario, per applicazioni OAM, il circuito di alimentazione della schiera deve assolvere in primo luogo a un compito di *fasatura azimutale* di tali elementi. Nel caso più semplice, quello delle UCA, i coefficienti richiesti sono di pura fase, la fasatura è esclusivamente azimutale e totalizza ℓ rotazioni di fase elettrica in un giro completo dell'angolo azimutale; così facendo il fronte d'onda OAM viene sintetizzato direttamente alla sorgente. Analogamente vale in ricezione, per il teorema di reciprocità.

In ottica esistono dispositivi, noti come *mode sorters*, che permettono di separare diverse componenti OAM da un fascio composito. Analogamente, con funzionalità inversa, può essere impiegato per raggruppare diversi modi OAM su un unico fascio.

Il dispositivo che è stato utilizzato per l'esperimento (figura 5) permette, proprio come un *mode sorter*, di estrarre le due componenti OAM $\ell = \pm 1$ dal fascio incidente sulla schiera ricevente. In modo analogo, quando collegato alle quattro antenne dell'array trasmittente, lo stesso dispositivo permette di confezionare un fascio costituito dalla sovrapposizione

di questi due contributi OAM. Il dispositivo utilizza componenti RF a larga banda ed è stato progettato secondo un algoritmo di sintesi ottimizzato [23]. Naturalmente, a causa della limitata tolleranza dei componenti RF, un certo crosstalk può essere presente tra i modi OAM generati, con conseguente riduzione dell'isolamento tra i canali che veicolano i segnali.

5. TEST PRELIMINARI

5.1 CARATTERIZZAZIONE DEI MODE SORTERS

I due *mode sorters* sono stati testati singolarmente in laboratorio. Il massimo sbilanciamento in ampiezza tra le quattro porte dell'antenna è stato misurato intorno a 0.2 dB e il massimo errore di fase stimato rispetto ai valori nominali (multipli interi di 90°) tra le quattro porte dell'antenna è risultato pari a 2.8° (ossia, 5% del vettore errore).

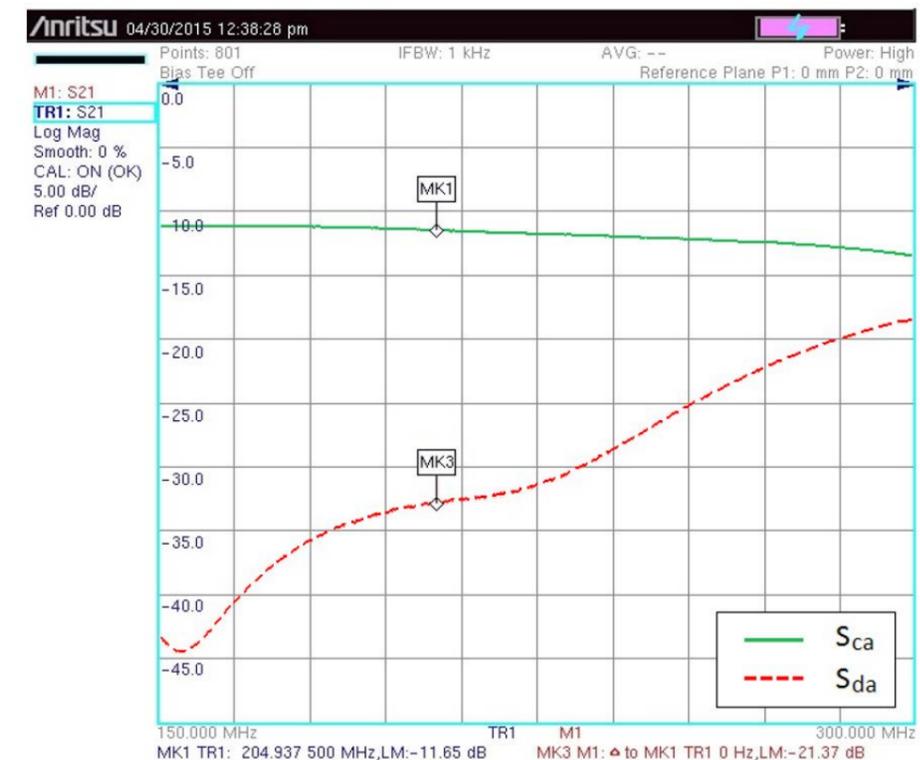
Essendo un dispositivo a banda larga analogico, operante alle alte frequenze e senza capacità di tuning, le prestazioni ottenute sono state considerate accettabili per gli scopi del nostro esperimento.

Al fine di definire un limite superiore all'isolamento tra i canali OAM ottenibile da questa coppia di *mode sorters*, sono state valutate le prestazioni della connessione a cascata dei due dispositivi. Il segnale in ingresso alla *porta a* del *mode sorter* in trasmissione risulta sostanzialmente convogliato alla *porta c* del *mode sorter* in ricezione. Analogamente, il segnale alla *porta b* risulta in ampia parte convogliato alla *porta d*.

Per le misure è stato utilizzato un *Vector Network Analyzer (VNA) Anritsu MS2026C*; in figura 6 è mostrato, in funzione della frequenza, il parametro di trasmissione S_{21} , che definisce, in un dispositivo a due porte, la potenza trasferita dalla *porta 1* alla *porta 2*. La curva verde continua corrisponde al parametro di trasmissione dalla *porta a* alla *porta c* al variare della frequenza, mentre quella rossa tratteggiata si riferisce al transito dalla *porta a* alla *porta d*. L'isolamento del canale è definito come il rapporto tra la potenza relativa al percorso principa-

le e quella relativa al percorso indesiderato, ovvero, in unità logaritmiche, la differenza tra le due curve. In particolare, alla frequenza utilizzata, l'isolamento è la differenza tra i valori indicati dai markers MK1 e MK3 in figura. Come si può osservare, dunque, alla frequenza di interesse l'isolamento del canale è pari a 21.4 dB. Nelle trasmissioni in spazio libero, naturalmente, questo isolamento sarà alterato da altri fattori quali sbilanciamenti dei cavi, imperfezioni sulle antenne e riflessioni da ostacoli nelle vicinanze.

Fig. 6 – Prestazioni dei mode sorters in cascata: andamento del parametro di trasmissione S_{21} rispetto alla frequenza



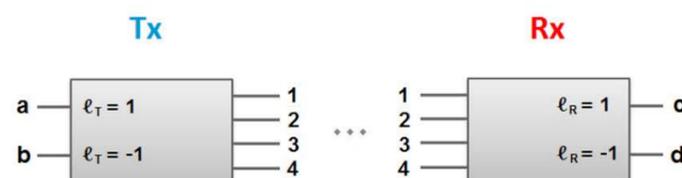
5.2 MISURE PRELIMINARI SUL COLLEGAMENTO

Una sessione di misure sul tetto dell'edificio ha permesso infine di valutare quale livello di degradamento introducano gli aspetti poc'anzi citati. In quest'occasione è stato inoltre possibile validare sperimentalmente il concetto di *OAM-link Pattern*, sia per il calcolo del link budget per il caso OAM,

sia per valutare il diagramma d'antenna ottenibile nel caso OAM.

Per misurare i parametri di trasmissione RF è stato utilizzato un *Vector Network Analyzer (VNA) Hewlett-Packard HP8753B*, che, per quanto non recentissimo,

Fig. 5 – Immagine (sinistra) e schema (destra) dei mode sorters impiegati nell'esperimento



	P_r/P_t (dB) ($\ell = 0$)	P_r/P_t (dB) ($\ell = 1$)
Approccio teorico	-24.54	-42.85
Equazione di Friis	-24.40	-
Simulazione COMSOL	-24.69	-42.96
Esperimento	-25.5	-43

Tab. 1 – Link budget P_r/P_t valutato tramite quattro diversi approcci per la coppia di UCA considerata. Le configurazioni riceventi sono $\ell_r = \ell_t = \{0, 1\}$

dispone degli accessi RF diretti a valle della sezione *S-parameter Test Set*. Ciò ha permesso di misurare simultaneamente i segnali $\ell_r=1$ e $\ell_r=-1$.

Dall'uscita del **VNA** parte il segnale sorgente, che è stato indirizzato al sito trasmittente mediante un cavo coassiale a basse perdite lungo 100 m, per alimentare una delle due porte del *mode sorter* in trasmissione. In ricezione, i segnali risultanti dalle porte **c** ($\ell_r=1$) e **d** ($\ell_r=-1$) del *mode sorter* sono stati connessi alle porte d'ingresso del **VNA**, mentre l'ingresso **R** è stato alimentato con il segnale di riferimento trasmesso dagli accoppiatori direzionali. Il diagramma a blocchi del setup è mostrato in figura 7.

Una calibrazione preliminare è stata effettuata connettendo direttamente le quattro uscite del *mode sorter* in trasmissione con gli ingressi del *mode sorter* in ricezione, compreso il cavo da 100m; i risultati, incluse le perdite del cavo, sono stati memorizzati su un file per calibrazione offline. La **UCA** trasmittente è stata posta su un cavalletto, mentre quella

ricevente è stata montata su un supporto rotante professionale con goniometro a 360°. Purtroppo la disposizione meccanica ha permesso di esplorare soltanto $\pm 2^\circ$ in elevazione. In ogni sessione, prima della scansione angolare, la direzione dell'asse del fascio è stata opportunamente ottimizzata sia in azimut che in elevazione. In tutti i test eseguiti con il **VNA** è stato preso in esame l'intero intervallo di frequenze 150÷300 MHz, che comprende la banda TV VHF. I dati misurati sono stati acquisiti su un PC connesso al **VNA**.

Dai dati raccolti è stato quindi possibile valutare, al variare dell'angolazione dell'antenna, il parametro di trasmissione S_{21} , per il modo desiderato e l'isolamento tra i due canali. In condizioni di puntamento ottimale, il rapporto P_r/P_t tra potenza ricevuta e potenza trasmessa risulta pari a -43 dB, mentre l'isolamento tra i modi è pari a circa 15 dB. La tabella 1 riporta la stima del rapporto P_r/P_t valutato con i diversi approcci considerati nella nostra analisi, mostrando un buon accordo tra risultati teorici, numerici e sperimentali.

Fig. 7 – Diagramma a blocchi del setup sperimentale per la trasmissione del modo $\ell_t=1$

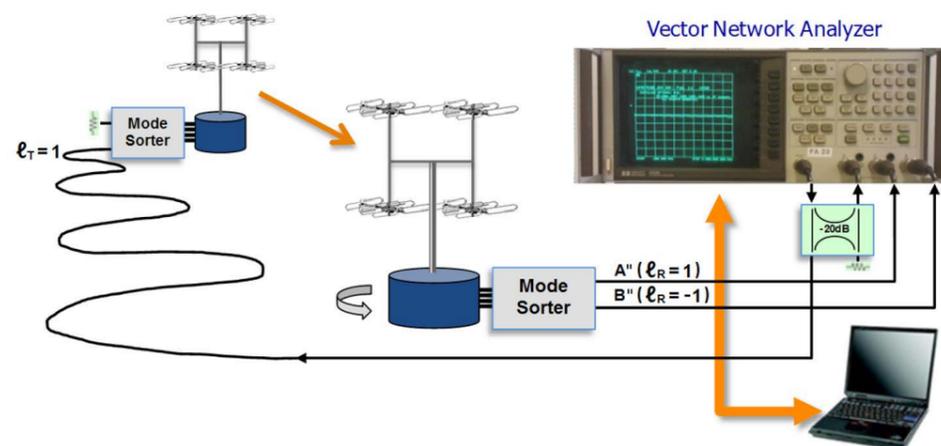


Fig. 8 – Setup della postazione trasmittente

6. TRASMISSIONE SPERIMENTALE SIMULTANEA DI DUE SEGNALI DVB-T

6.1 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DELL'ESPERIMENTO

Com'è ben noto, il fattore cruciale nelle prestazioni di un collegamento RF è il rapporto $C/(N+I)$, dove C è la *potenza di segnale ricevuto*, N la *potenza di rumore del ricevitore*, mentre I è un qualsiasi *disturbo incoerente* nella banda del segnale. Nel nostro caso, naturalmente, l'interferenza proveniente da ciascun altro modo **OAM** può essere considerata incoerente, poiché i due flussi dati modulanti sono statisticamente indipendenti, ed è sostanzialmente gaussiana nel caso di segnale OFDM e uniforme nello stesso segmento spettrale. Pertanto, è possibile assimilare I a rumore gaussiano bianco. Nel caso di un collegamento breve, N è di diversi ordini di grandezza inferiore a I , quindi $C/(N+I) \sim C/I$. Quest'ultimo, nel nostro caso, è l'isolamento ottenibile tra i due canali **OAM**, qui di seguito assimilato al rapporto segnale rumore (**SNR**). Avendo dunque a disposizione un $C/I=15$ dB, si è trattato di individuare quale tipo di modulazione fosse adeguata per il collegamento in questione. Lo standard DVB-T (ETSI EN 300 744,

v1.5.1 (2004-06)) permette all'operatore di rete di adattare lo schema di modulazione e il code rate all'**SNR** disponibile. In tabella 2 sono riportate alcune configurazioni, con i code rate e l'**SNR** richiesto per ricezione *quasi error free* (**QEF**), ossia con meno di un errore visibile a video all'ora, corrispondente ad un tasso di errore sul bit di 10^{-11} .

In realtà tali prestazioni dichiarate sul documento ETSI sono simulate: un'ulteriore perdita di implementazione (approssimativamente di 1 dB) si riscontra nei ricevitori TV commerciali. Al fine di riservare un po' di margine al valore atteso di 15 dB, è stata adottata la modulazione **16-QAM** con code rate 3/4. Questa configurazione ha permesso di trasmettere due flussi video/audio di 15.8 Mbit/s. In figura 8 è riportata la struttura del sistema trasmittente dell'esperimento con l'annotazione dei principali parametri.

I due diversi flussi TV con programmi video/audio in alta-definizione (**HD**), precedentemente immagazzinati su un PC, sono stati riprodotti simultaneamente mediante due adattatori di interfaccia con uscita **DVB-ASI** (*Asynchronous Serial Interface*).

Tab. 2 – Bit rate e SNR richiesti per una ricezione QEF (*quasi error free*)

Modulation	Code rate	SNR	Bitrate (Mbit/s)	
			@ $\Delta/TU = 1/32$, 7 MHz VHF mode	@ $\Delta/TU = 1/32$, 8 MHz UHF mode
QPSK	7/8	7.7	9.237	10.56
16-QAM	1/2	8.8	10.556	12.06
16-QAM	2/3	11.1	14.075	16.09
16-QAM	3/4	12.5	15.834	18.10
16-QAM	5/6	13.5	17.594	20.11
16-QAM	7/8	13.9	18.473	21.11
64-QAM	1/2	14.4	15.834	18.10

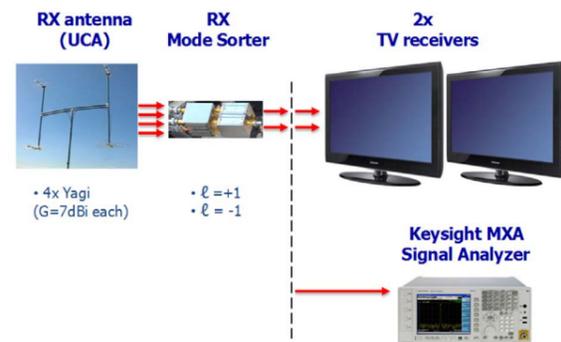


Fig. 9 – Setup della postazione ricevente

I flussi ASI sono stati quindi inviati a due modulatori DVB-T PT5780, entrambi operanti su 198.5 MHz, in modalità con larghezza di banda di 7 MHz. La potenza RF utilizzata in uscita a ciascun modulatore è stata impostata a 1 mW.

La struttura della postazione ricevente è mostrata in figura 9. I segnali ricevuti dal sistema antenna sono stati separati nelle componenti OAM $l=1$ e $l=-1$ dal mode sorter ricevente, a sua volta collegato a due ricevitori DVB-T commerciali identici. Entrambi i ricevitori TV sono stati sintonizzati sul canale 198.5 MHz. Dopo l'esperimento di ricezione, ciascun ricevitore TV è stato disconnesso e il segnale è stato inviato ad un analizzatore di segnale Keysight MXA N9020A con opzione di analisi DVB-T/T2 per una valutazione oggettiva della qualità del segnale OFDM ricevuto.

6.2 RISULTATI SPERIMENTALI E DISCUSSIONE

Assumendo un corretto puntamento tra le schiere considerate, entrambi i ricevitori TV hanno dimostrato di ricevere simultaneamente e in modo corretto i due programmi TV (figura 10). Occorre sottolineare che l'esperimento è stato condotto in una giornata molto ventilata e la limitata rigidità meccanica del palo in PVC dell'antenna non ha aiutato a garantire un puntamento costante e ottimale.

Come noto, in presenza di rumore e/o interferenza, un sistema di trasmissione digitale TV non presenta errori sullo schermo fino a quando l'SNR non si avvicina ad una soglia critica. Quindi, il margine nella qualità del segnale ricevuto non può essere stimato dall'immagine sullo schermo, ma deve es-

sere valutato solo tramite apposite apparecchiature. L'analizzatore di segnale MXA con opzione DVB-T/T2 è in grado di misurare diversi parametri di qualità del segnale ricevuto. In particolare, questo strumento può stimare l'SNR e il MER (*Modulation Error Ratio*), che è il rapporto tra la potenza *root mean square* del vettore di riferimento e la potenza del vettore errore, definito in decibel come: $MER = 10 \cdot \log_{10}(P_{signal}/P_{error})$.

In figura 11 è mostrata la risposta all'impulso del canale misurato (CIR) per il canale OAM $l=1$. Il picco principale, Time = 0, Amptd = 0 dB, è relativo al percorso di propagazione diretto; a circa 300 ns altre componenti sono visibili ad un livello di circa -22 dB. Questo indica che alcuni percorsi di propagazione con un ritardo di circa 300 ns erano presenti, 22 dB sotto il livello del segnale principale (per $l=1$) e dà un'idea dell'ambiente riflettente attorno al sito

scelto per l'esperimento: 300 ns di ritardo temporale indicano una differenza della distanza di propagazione di 100 m.

Durante la nostra osservazione con l'analizzatore MXA, l'isolamento tra i canali OAM fluttuava da circa 11.2 dB (cattivo puntamento) a 15 dB (buon puntamento) a causa del vento. L'ultimo valore è in linea con l'isolamento trovato durante i test preliminari. In corrispondenza di episodi forti di vento alcuni errori potevano comparire sullo schermo. In questo caso, il problema si risolveva passando alla modulazione 16-QAM, code rate 2/3. Tuttavia, è importante sottolineare come un dispositivo con capacità di cancellazione di interferenza adattativa sarebbe in grado di ridurre l'inaccuratezza dovuta ad un puntamento non perfetto e alla presenza del vento, migliorando l'isolamento tra i canali.

Fig. 11 – Sinistra: schermata dell'Analizzatore di segnale, in un momento in cui l'SNR misurato è 12.77 dB. Destra: risposta all'impulso del canale (CIR) per il canale relativo al modo OAM $l=1$.



Fig. 10 – Immagine dei due canali TV ricevuti simultaneamente

7. CONCLUSIONI

In questo articolo è stata presentata un'analisi sperimentale riguardante la trasmissione simultanea di fasci OAM tra schiere circolari di antenne. La realizzazione di tale esperimento ha dimostrato la possibilità:

1. di implementare una comunicazione OAM multimodo alla stessa frequenza e nella regione di *far-field* usando un singolo array di antenne sia in trasmissione che in ricezione;
2. di effettuare una trasmissione affidabile utilizzando un numero minimale di antenne in entrambe le schiere.

I test effettuati hanno permesso inoltre di:

3. validare sperimentalmente il concetto di *OAM-link pattern*, ottenendo dati di misura che sostanzialmente coincidono con i risultati analitici;
4. testare le funzionalità dei *mode sorters* da noi progettati per il multiplexing/demultiplexing di fasci OAM tramite schiere circolari uniformi di antenne, mostrando un soddisfacente isolamento tra i modi e una buona operatività in banda larga.

Dalla seppur limitata sperimentazione effettuata si possono trarre alcune importanti conclusioni riguardanti l'eventuale utilizzo dell'OAM per moltiplicare la capacità di un tipico canale VHF/UHF per il servizio televisivo terrestre.

E' dunque possibile riutilizzare il canale a radiofrequenza?

Entro certi limiti, sì: l'esperimento ha permesso di moltiplicare per due la capacità, e, se si fosse leggermente complicata la struttura dei *mode sorters*, si sarebbe potuto facilmente trasmettere simultane-

amente, con le stesse antenne, anche il modo base $\ell=0$, moltiplicando la capacità per tre.

Si noti che questo riutilizzo della frequenza con tecnica OAM non ha fatto uso della separazione delle polarizzazioni, da cui si potrebbe ottenere un ulteriore raddoppio della capacità.

Un aspetto limitante, come si è visto, è l'isolamento tra i diversi modi OAM. Nell'esperimento si sono ottenuti 15 dB di isolamento: indubbiamente questo valore potrebbe essere ampiamente migliorato con l'utilizzo di tecniche di *signal processing* adattative simili a quelle adottate nei ponti radio per la cancellazione da polarizzazione incrociata.

Per ricevere correttamente le onde OAM è necessario che il vortice incida esattamente sul sistema ricevente, cosa che di solito viene ottenuta allineando le antenne trasmittente e ricevente. Tale esigenza poco si concilia con il caso della diffusione televisiva, in cui da un sito trasmittente si deve tipicamente servire un vasto settore angolare. Anche riuscendo ad ovviare in parte a questa limitazione mediante qualche soluzione tecnica (è prevedibile che con *signal processing* adattativo si riesca ad andare in questa direzione), rimane un aspetto negativo piuttosto grave, già anticipato dai risultati delle analisi teoriche, e confermato ora dall'esperimento: i modi OAM subiscono un'attenuazione con la distanza che è molto più elevata di quella dell'onda EM convenzionale. Per i modi $\ell=\pm 1$ qui utilizzati la potenza ricevuta decade infatti con la quarta potenza della distanza dal trasmettitore.

Sebbene queste soluzioni non sembrino essere facilmente applicabili in ambito broadcast, il loro impiego per trasmissioni a breve raggio, quali wireless LAN, potrebbe comunque rappresentare una valida alternativa alle tecniche convenzionali.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Cagliero, R. Gaffoglio, A. De Vita e B. Sacco, *Onde vorticoso: una nuova prospettiva per le comunicazioni radio?*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno LXV, Numero 1, Giugno 2016, pp. 5-15.
- [2] A. Cagliero, R. Gaffoglio, A. De Vita e B. Sacco, *Momento Angolare Orbitale: rivisitazione del concetto di Link Budget per un collegamento radio*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno LXV, Numero 1, Giugno 2016, pp. 16-21.
- [3] D. G. Grier, *A revolution in optical manipulation*, in "Nature", vol. 424, pp. 810-816, 2003.
- [4] M. Harwit, *Photon orbital angular momentum in astrophysics*, in "The Astrophysical Journal", vol. 597, Novembre 2003, pp. 1266-1270.
- [5] G. Anzolin, F. Tamburini, A. Bianchini, G. Umbrico e C. Barbieri, *Optical vortices with starlight*, in "Astronomy and Astrophysics", vol. 488, Numero 3, 2008, pp.1159-1165.
- [6] G. Berkhout e M. Beijersbergen, *Method for probing the orbital angular momentum of optical vortices in electromagnetic waves from astronomical objects*, in "Physical Review Letters", vol. 101, 100801, 2008.
- [7] N. M. Elias II, *Photon orbital angular momentum in astronomy*, in "Astronomy & Astrophysics", vol. 492, Numero 3, Dicembre 2008, pp. 883-922.
- [8] G. Molina-Terriz, J. P. Torres e L. Torner, *Management of the Angular Momentum of Light: Preparation of Photons in Multidimensional Vector States of Angular Momentum*, in "Physical Review Letters", vol. 88, 013601, 2001.
- [9] A. Vaziri, G. Weihs e A. Zeilinger, *Superpositions of the orbital angular momentum for applications in quantum experiments*, in "Journal of Optics B: Quantum Semiclassical Optics", vol. 4, Numero 2, 2002, pp. S47-S51.
- [10] B. Jack, A. M. Yao, J. Leach, et al., *Entanglement of arbitrary superpositions of modes within two-dimensional orbital angular momentum state spaces*, in "Physical Review A", vol. 81, 43844, Aprile 2010.
- [11] G. Gibson, J. Courtial, M. J. Padgett et al., *Free-space information transfer using light beams carrying orbital angular momentum*, in "Optics Express", vol. 12, Issue 22, 2004, pp. 5448-5456.
- [12] J. Wang, J.-Y. Yang, I.-M. Fazal et al., *Terabit free-space data transmission employing orbital angular momentum multiplexing*, in "Nature Photonics", Numero 6, 2012, pp. 488-496.
- [13] B. Thidé, H. Then, J. Sjöholm et al., *Utilization of photon orbital angular momentum in the low-frequency radio domain*, in "Physical Review Letters", vol. 99, Issue 8, 087701, 2007.
- [14] F. Tamburini, E. Mari, A. Sponselli, B. Thidé, A. Bianchini e F. Romanato, *Encoding many channels on the same frequency through radio vorticity: first experimental test*, in "New Journal of Physics", vol. 14, Issue 3, 2012.
- [15] M. J. Padgett e L. Allen, *Light with a twist in its tail*, in "Contemporary Physics", vol. 41, Issue 5, 2000, pp. 275-285.
- [16] M. V. Berry, *Optical vortices evolving from helicoidal integer and fractional phase steps*, in "Journal of Optics A: Pure and Applied Optics", vol. 6, Numero 2, Gennaio 2004, pp. 259-268.
- [17] J. Salo et al., *Holograms for shaping radio-wave fields*, in "Journal of Optics A: Pure and Applied Optics", vol. 4, Numero 5, Agosto 2002, pp. S161-S167.
- [18] J. R. Trinder, *Parabolic reflector*, WIPO Patent Application WO/2005/069443, pubblicazione 2005.
- [19] S. M. Mohammadi, L. K. S. Daldorff, J. E. S. Bergman et al., *Orbital angular momentum in radio - A system study*, in "IEEE Transactions on Antennas and Propagation", vol. 58, Issue 2, 2010, pp. 565-572.

- [20] R. Gaffoglio, A. Cagliero, A. De Vita e B. Sacco, *OAM multiple transmission using uniform circular arrays: Numerical modeling and experimental verification with two digital television signals*, in "Radio Science", vol. 51, Numero 6, Giugno 2016, pp. 645-658.
- [21] F. Tamburini, E. Mari, B. Thidé, C. Barbieri e F. Romanato, *Experimental verification of photon angular momentum and vorticity with radio techniques*, in "Applied Physics Letters", vol. 99, Numero 20, Novembre 2011.
- [22] A. Cagliero, A. De Vita, R. Gaffoglio e B. Sacco, *A New Approach to the Link Budget Concept for an OAM Communication Link*, in "IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters", vol. 15, pp. 568 - 571, 2016.
- [23] B. Sacco e A. De Vita, *System for transmission and/or reception of signals having electromagnetic modes with orbital angular momentum, and device and method thereof*, WIPO Patent Application WO/2015/159264, pubblicazione 2015.

Leggi questo articolo, una tua amica lo ha trovato interessante.

Un'introduzione alle opportunità e criticità dei recommender system per la personalizzazione dei contenuti audiovisivi.

Paolo Casagrande, Sabino Metta
Rai - Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica

1. COSA C'È STASERA IN TV?

Quante volte, tornati a casa e magari in procinto di sederci a tavola, lo abbiamo domandato ai nostri familiari? E quante volte ci siamo messi a sfogliare (sì, su carta) la guida TV per cercare di trovare il programma di nostro gradimento o che mettesse tutti d'accordo? Ecco. In un futuro neanche troppo lontano, questa semplice domanda potrebbe cambiare radicalmente significato. E potrebbe essere formulata in maniera differente: "Cosa ci propone stasera la TV?"

In realtà, in molti casi questo scenario è già il presente. A proporci la migliore serie televisiva oppure il paio di scarpe di cui proprio non potevamo fare a meno, ora ci pensa una *macchina*. Per essere precisi un *Recommender System (RS)*, un *Sistema di Raccomandazione*. Non si tratta di un replicante di "Blade Runner" o dell'onnipotente "Grande Fratello" di Orwell: il suggerimento arriva da un algoritmo che tenta di intercettare le nostre preferenze.

I *RS* rappresentano una soluzione tecnologica di cui molti di noi fanno quotidianamente esperienza senza esserne consapevoli. Di più. I *RS* sono sempre più richiesti al fine di migliorare la qualità della nostra abituale fruizione di contenuti multimediali e di servizi digitali in genere.

L'articolo presenta brevemente l'evoluzione del panorama radiotelevisivo avvenuta negli ultimi anni e descrive il concetto di Recommender System e delle sue più importanti declinazioni tecnologiche, sottolineandone potenzialità, limiti e criticità.

L'avvento di internet e la proliferazione dei servizi digitali hanno determinato un radicale cambiamento della modalità di fruizione televisiva. La miriade di prodotti, servizi e contenuti disponibili su Internet ha abituato i suoi utenti all'interattività, alla possibilità di ricercare e scegliere quando e quale contenuto multimediale fruire, trasformando il tradizionale 'ascoltatore' televisivo in un attivo 'consumatore' in grado di esprimere i propri gusti e le proprie preferenze. Paradossalmente, la grande quantità di contenuti disponibili ha creato un sovraccarico informativo e reso centrale il problema di trovare i più adatti all'utente.

I Recommender System rappresentano la risposta tecnologica alla domanda di rilevanza. In questo contesto, il broadcaster ha l'opportunità di far evolvere il proprio paradigma comunicativo: oltre a diffondere i propri contenuti, può proporre all'utente i più rilevanti.

Prima di trarne qualunque conclusione, cerchiamo di capire meglio quale è il contesto in cui sono nati. Approfondiamo, senza entrare troppo nei dettagli, le loro principali caratteristiche. E cerchiamo di analizzare le loro potenzialità e criticità.

2. COME È CAMBIATA LA TELEVISIONE NEGLI ULTIMI ANNI

Facendo un salto indietro di qualche decennio, la televisione nasce come un oggetto, costituito da uno schermo e degli altoparlanti, in grado di sintonizzarsi attraverso una antenna al segnale trasmesso da un emittente televisivo, il *broadcaster*. Una volta acquisiti i diritti, il *broadcaster* aveva ed ha tuttora il compito di trasmettere via etere i programmi televisivi e radiofonici ^{Nota 1}: la *radio* e la *TV lineare*, così come l'abbiamo sempre conosciuta.

Oggi l'oggetto *televisore* appare decisamente diverso e più sfaccettato rispetto a quello di una volta. A parte le caratteristiche estetiche, molti televisori in vendita sono ormai dotati di una funzionalità tipica dei computer: la possibilità, cioè, di collegarsi ad Internet. Ed è così che sorgono i servizi *on-demand* in grado di erogare contenuti audiovisivi mettendoli a disposizione dell'utente, su richiesta: la cosiddetta *TV non lineare*. Al televisore tradizionale si aggiungono oggi altri dispositivi, come *tablet* e *smartphone*, spesso utilizzati come televisore o come *companion screen*, cioè in aggiunta ad esso.

Questa metamorfosi compiuta dalla televisione porta con sé una prima importante conseguenza: il palinsesto lineare viene potenzialmente ignorato dall'utente che decide autonomamente quale contenuto selezionare. E questo avviene mentre la

varietà di contenuti disponibili, tra programmi di cultura, serie televisive, rubriche, film è in continua crescita. Tra milioni di siti Internet e migliaia di canali televisivi e stazioni radio, tra tutte le informazioni ed i servizi disponibili ed accessibili, l'ascoltatore è sovraccaricato di informazioni e fa sempre più fatica ad orientarsi: il cosiddetto *information overload*. Di qui la necessità di restituire all'utente quanto sia per lui davvero rilevante.

Pertanto se da un lato è difficile pronosticare quale sarà domani il ruolo della TV, dall'altro ciascun editore è posto con sempre più urgenza di fronte alla sfida di accontentare in maniera puntuale i bisogni dei suoi utenti. Oltre a proporre all'utente nuovi contenuti, l'editore è chiamato a mettere a punto un *servizio di raccomandazione* in grado di proporre al singolo utente il contenuto giusto al momento opportuno e di personalizzare così la sua esperienza di fruizione. È quindi chiaro che tali *sistemi di raccomandazione* permettono la personalizzazione della singola esperienza di fruizione dell'utente.

Nel caso dei servizi di fornitura di contenuti multimediali, quello che l'utente desidera ricevere non è, ad esempio, una serie televisiva scelta a caso. Ma esattamente quella che stava aspettando e che poi deciderà di guardare. Come fa il servizio di raccomandazione ad *indovinare* i gusti dell'utente? A proporgli proprio quella serie televisiva che stava aspettando e non un'altra per lui meno interessante?

Proviamo in queste poche pagine a descrivere brevemente le funzionalità, complessità e criticità dei *Recommender System*.

3. UTENTI E CONTENUTI

Al fine di suggerire all'utente il contenuto per lui di maggiore rilevanza, i *RS* utilizzano *informazioni* sugli utenti e sui contenuti (*metadati*) e opportuni *algoritmi* per elaborare tali informazioni.

Per quanto riguarda i contenuti, la loro descrizione è affidata ai cosiddetti metadati in grado di catturare

le peculiarità del contenuto stesso ed in questo modo di renderlo il più possibile visibile all'utente particolarmente interessato. Nel caso ad esempio di un film, i metadati possono essere rappresentati semplicemente dal genere (commedia, fantasy, documentario) oppure da rappresentazioni più precise, come titolo, cast, regista, anno di uscita, scenografia. La generazione di tali metadati rappresenta per un editore una attività molto onerosa e tutt'altro che scontata.

La raccolta e l'analisi dei dati relativi agli utenti, al loro contesto ed alle interazioni degli utenti con i contenuti, prende il nome di *profilazione dell'utente* ed ha lo scopo di descrivere, con un certo livello di affidabilità, il comportamento degli utenti in generale. Le pratiche di profilazione legate all'uso di Internet, dello *streaming musicale* e della *TV smart* possono essere estremamente sofisticate. Cerchiamo di approfondire meglio le ragioni.

Oggi la realtà in cui viviamo è assolutamente iper-connessa. E per affermarlo non dobbiamo guardare cosa succedeva un secolo fa. Da quando sono nati *Internet* ed il *World Wide Web* (quest'ultimo nel 1991), il mondo sembra avere cambiato marcia. In maniera rapida e fluida qualunque utente può fruire un video musicale, creare un filmato e condividerlo, ascoltare una canzone, acquistare un prodotto (un paio di scarpe, un divano), usufruire di un determinato servizio digitale (pagare con un bonifico bancario, consultare le previsioni meteorologiche) o lasciare un commento su un *social network*. Qualunque utente può creare informazioni, accedervi, salvarle e condividerle.

È stato stimato che ogni giorno vengano scambiate 294 miliardi di e-mails e 20 miliardi di messaggi, mentre su *Facebook* vengano pubblicate 250 milioni di fotografie [15]. Secondo Cisco, la multinazionale specializzata nella fornitura di apparati di rete, attualmente il traffico dati globale su rete mobile si aggira sui 10 exabyte ^{Nota 2} mensili [16].

^{Nota 2} - Un exabyte equivale ad un miliardo di gigabyte, cioè 10¹⁸ byte

A produrre continuamente informazioni e dati non ci sono solo gli utenti che ascoltano una canzone, acquistano una lampadina su Amazon o esprimono il loro stato d'animo su un social network. Ogni giorno enormi quantità di dati vengono prodotti e condivisi anche dalle macchine, vedi ad esempio i sensori che raccolgono informazioni climatiche, immagini satellitari, fotografie e video, segnali GPS. Molti di questi sensori risiedono nei dispositivi mobili e connessi di cui quotidianamente ciascun utente fa uso. E la mole di tali dati, sia pur prodotta dalle macchine, contribuisce a fornire ulteriori informazioni sugli utenti. In particolare sul contesto in cui gli utenti vengono a trovarsi.

Tutti questi dati vengono generati in maniera continua da molteplici fonti, con formati diversi crescendo a velocità impressionanti. Lo scenario appena descritto è quello che oggi viene definito con il termine **Big Data**: dati che vengono prodotti velocemente, in grande quantità, da fonti eterogenee e difficili da trattare con tecniche tradizionali.

La gestione dei **Big Data** rappresenta una sfida concettuale e tecnologica. In presenza di **Big Data** non è assolutamente conveniente fare affidamento sulle metodologie e tecnologie impiegate dalla cosiddetta *business intelligence* che opera su insiemi di dati limitati, puliti ed omogenei. I **Big Data** richiedono l'utilizzo di strumenti matematici e statistici più sofisticati e complessi. Si passa da una statistica *descrittiva* ad una *inferenziale*, da *modelli lineari* a *modelli non-lineari*.

Per trattare queste moli di dati, accanto alle tradizionali tecniche di *machine-learning* ne sono state messe a punto altre con l'obiettivo di analizzare flussi continui di dati [14]. Ai database tradizionali, quelli relazionali (*RDBMS*), vengono spesso preferiti quei sistemi software che non memorizzano i dati con campi uniformi (i cosiddetti *DB NoSQL*, tra cui database a grafo, orientati al documento, etc.). Al fine di gestire l'enorme mole di dati si passa ad elaborazioni in parallelo in grado di distribuire e poi recuperare correttamente le operazioni di calcolo effettuate su un certo numero di *nodi* (unità di elaborazione).

^{Nota 1} - non entreremo nei dettagli relativi agli obblighi di legge per le emittenti televisive (vedi ad esempio le fasce orarie di protezione dei minori, l'affollamento pubblicitario, l'informazione sportiva). Per approfondimenti rimandiamo alle direttive ed alle regolamentazioni dell'AGCOM e al Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR 2016/679) dell'Unione Europea.

4. PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DEI RECOMMENDER SYSTEMS

Cercando di riassumere quanto descritto finora, i **Recommender Systems (RS)** comprendono tecniche e strumenti software in grado di suggerire all'utente gli oggetti più rilevanti tra i tanti a disposizione, e sono stati creati con lo scopo di aiutare a ridurre il sovraccarico informativo [19]. In un **RS**, il contenuto più rilevante per un determinato utente viene inferito sulla base dei dati a disposizione ed attraverso l'implementazione di specifiche logiche.

Nella sua forma più semplice un *sistema di raccomandazione* produce per ogni utente una lista di oggetti con relativa valutazione dell'utilità (*ranking*). Un oggetto, sia materiale sia intellettuale, rappresenta un qualunque contenuto multimediale e/o servizio digitale che possa essere suggerito: ad esempio il prodotto di un supermercato, un video, un programma radiofonico, una canzone, una notizia.

I diversi sistemi di raccomandazione possono essere classificati sulla base della specifica logica e dello specifico algoritmo attraverso i quali la lista finale di oggetti viene prodotta. Partendo dalla classificazione proposta da Burke [1], possiamo raggruppare i **RS** nelle sei seguenti categorie: *Collaborative*, *Content-based*, *Demographic*, *Knowledge-based*, *Community-based* e *Hybrid*. Riportiamo qui di seguito una loro sommaria descrizione aggiungendo la categoria *Editorial* che rappresenta la tradizionale raccomandazione fornita dall'editore.

Editorial: i suggerimenti vengono scelti e creati dall'editore del canale televisivo manualmente e valendosi della competenza di professionisti esperti. Chiaramente tale tipo di raccomandazione dipende dalla cultura e dalla particolare lingua (o dalle particolari lingue) adottate dal Paese di riferimento. I media diffusivi lineari come la TV digitale tradizionale si basano esclusivamente su questo tipo di raccomandazioni.

Collaborative: i suggerimenti per uno specifico utente vengono generati sulla base di giudizi o valutazioni (*ranking*) che altri utenti, in passato, hanno dato a determinati oggetti a disposizione. Dopo avere rappresentato tali informazioni (*utenti*, *oggetti*, *ranking*) attraverso una matrice, è necessario definire e quantificare una relazione di somiglianza o distanza tra gli utenti o tra gli oggetti che verranno raccomandati. Ad esempio, due oggetti **O** e **O'** sono definiti simili se sono stati scelti da molti utenti. Allora la raccomandazione potrebbe essere quella di suggerire **O'** a chi precedentemente ha scelto **O**. Un approccio detto *item-item*. Oppure, due utenti **U** e **U'** sono definiti simili se ad esempio hanno scelto categorie di oggetti simili. In questo caso la raccomandazione potrebbe essere quella di suggerire ad **U** un oggetto che in passato è stato scelto da **U'**. Un approccio detto *user-user*. Un esempio di *Collaborative Filtering* più sofisticato basato su fattorizzazione matriciale è riportato in Appendice A.

Content-based: il **RS** suggerisce ad uno specifico utente una lista di oggetti i quali risultano essere simili ad altri oggetti che quello stesso utente ha scelto in passato. In questa categoria, vengono confrontati gli oggetti stessi o le loro descrizioni, senza prendere in considerazione le azioni e/o il ranking che altri utenti potrebbero avere dato. Questo approccio presuppone la definizione appropriata di similitudine o distanza tra due o più oggetti. Ad esempio, assumendo una relazione di similitudine tra i programmi "Report" e "Presa diretta" (entrambi rappresentano programmi contenenti un giornalismo di inchiesta), poiché l'utente in passato ha guardato "Report", allora per l'utente potrebbe essere rilevante ricevere la raccomandazione del programma "Presa diretta".

Demographic: il suggerimento del *recommender system* si basa sulla caratterizzazione demografica dell'utente, ad esempio l'età, il sesso, la residenza. Si basa sull'assunto che segmenti demografici diversi richiedano prodotti diversi.

Knowledge-based: i suggerimenti si basano su regole derivate da una conoscenza esplicita dell'utente o degli oggetti.

Community-based o Social Recommender Systems: riassunto in [2], i suggerimenti tengono conto delle scelte e delle valutazioni degli amici dell'utente sui social networks, partendo dall'evidenza che tendiamo a tenere in maggiore considerazione i suggerimenti degli amici rispetto a raccomandazioni anonime.

Hybrid: le tecniche descritte sopra vengono combinate per ottenere suggerimenti più precisi cercando di far fronte alle debolezze di ciascun metodo. Molti **RS** commerciali sono di tipo ibrido.

Negli ultimi anni l'informazione relativa allo specifico *contesto* in cui si trova l'utente ha assunto sempre più importanza nella creazione del suggerimento. Per questa ragione, alle categorie sopra descritte si è affiancata la categoria **Context-Aware Recommender Systems (CARS)**, vedi [3]. Il *contesto* è definito da svariati fattori quali profilo, stato emotivo, attività, posizione geografica, condizioni atmosferiche, e qualsiasi altra cosa concorra alla definizione dello stato dell'utente, dell'oggetto o dell'interazione tra essi. Un esempio di fattore di contesto è il *tempo*: l'orario può influire sulla propensione di un dato utente a fare attività sportiva, il giorno della settimana può influire sulla sua scelta di fare una gita fuoriporta (più probabile nel weekend) e la stagione estiva sulla possibilità di acquistare un gelato. Altri fattori importanti sono ad esempio l'attività dell'utente, la sua posizione, l'eventuale compagnia.

La personalizzazione dei contenuti non è però l'unico fattore da tenere in considerazione. Anche i ricercatori di **Netflix** ammettono che accanto ai video raccomandati per il singolo utente, un criterio fondamentale è quello della popolarità dei video proposti [4]: la personalizzazione quindi è completata dalla presenza dei video più popolari, in modo simile per tutti gli utenti.

5. ALCUNI ESEMPI: NETFLIX, SPOTIFY, AMAZON

A titolo esemplificativo, proviamo a descrivere in questa sezione alcuni servizi basati su tecniche di raccomandazione e di cui probabilmente ciascuno di noi ha già fatto esperienza: **Netflix**, per il *video streaming*, **Spotify**, per lo *streaming di musica*, **Amazon.com**, per l'*e-commerce*.

5.1 NETFLIX

Netflix, il popolare servizio Internet di video streaming, utilizza i dati sulle valutazioni degli utenti ma anche data e ora di visione, il luogo dove il video è stato trovato nel sistema ed il dispositivo di visione (smartphone? Smart-tv?). Circa l'80% delle ore di visione sono influenzate dall'implementazione degli algoritmi di raccomandazione [4]. Il punto di accesso principale per l'utente, e quindi il principale luogo dove creare l'esperienza di raccomandazione, è la homepage del sito. Tale homepage è composta da molte sezioni (righe di video) e ciascuna beneficia di algoritmi diversi: non esiste quindi un unico schema di raccomandazione dei contenuti. Esempi di sezioni sono le *righe di genere*, che espongono suggerimenti di video personalizzati per l'utente secondo un genere (utilizzando un *Personalized Video Ranker*), i *Top picks*, che presentano le migliori raccomandazioni indipendentemente dal genere (secondo un *Top-N Video Ranker*) e così via.

Netflix ha esplorato in maniera sistematica le tecniche di raccomandazione fin da quando il suo maggiore obiettivo era vendere DVD, arrivando a mettere in palio nel 2006 un premio, il *Netflix Prize*, di un milione di dollari a chi avesse migliorato l'errore quadratico medio delle previsioni di almeno il 10% rispetto all'algoritmo allora in uso (competizione vinta nel 2009 dal team *BellKor's Pragmatic Chaos*).

5.2 SPOTIFY

L'azienda svedese **Spotify** ha lanciato nel 2008 un servizio streaming di musica divenuto negli anni molto popolare e arrivato a 100 milioni di utenti attivi nel 2016 (di cui 40 milioni a pagamento). Le playlist di canzoni suggerite dal servizio vengono

create con un RS basato principalmente su algoritmi di *collaborative filtering*. Il sistema è però in costante evoluzione per migliorare l'esperienza degli utenti.

5.3 AMAZON.COM

Dalle informazioni presenti sul web si evince che **Amazon.com**, uno dei più popolari servizi di commercio elettronico del mondo, utilizza un algoritmo di raccomandazione basato sulla *similarità item-item*. Nelle *raccomandazioni item-item*, generalmente, si calcola prima la similarità tra ogni coppia di prodotti A e B, partendo dagli utenti che hanno acquistato entrambi i prodotti. Se un utente acquista il prodotto A, gli vengono consigliati i prodotti B più simili ad A.

6. INIZIATIVE EUROPEE

6.1 EBU RecSys

La **European Broadcasting Union (EBU)** ha riconosciuto il ruolo chiave delle raccomandazioni nella personalizzazione dei contenuti radiotelevisivi, ed ha creato il gruppo **EBU RecSys**. Il gruppo si occupa di facilitare lo scambio di informazioni tra Media Company pubbliche che utilizzano tecnologie di raccomandazione, condividendo linee guida e conoscenza su aspetti tecnici e scientifici, legati alla normativa e alla standardizzazione. **EBU RecSys**

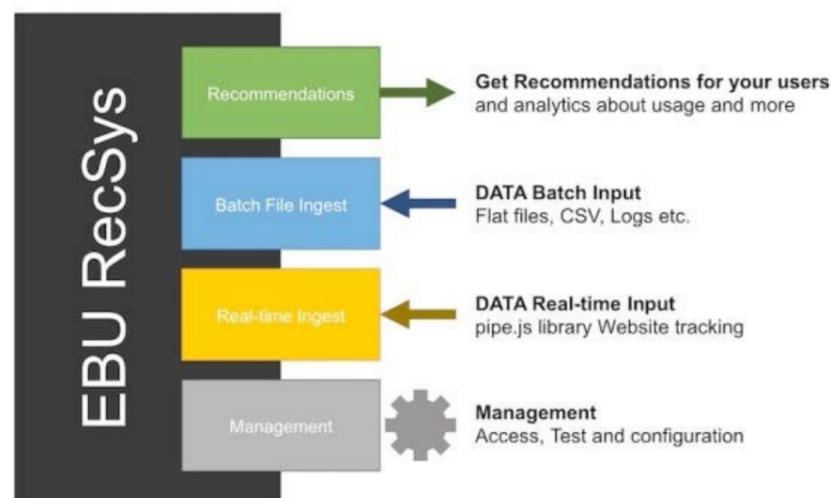


Fig. 1 – Il gruppo EBU RecSys sviluppa anche un raccomandatore per test ed uso da parte dei collaboratori

organizza inoltre lo sviluppo e l'evoluzione di un motore di raccomandazione reale, sviluppato partendo da componenti open source.

Attualmente, i servizi Radiotelevisivi pubblici europei che partecipano all'iniziativa stanno seguendo lo stesso approccio del gruppo nello sviluppo di soluzioni di raccomandazione: sviluppare all'interno dell'azienda il *Recommender System* che soddisfi i requisiti voluti.

Al fine di personalizzare l'esperienza di uno specifico utente è necessario innanzitutto riconoscere in maniera univoca l'originalità dell'utente stesso. A tal proposito l'autenticazione, o semplicemente il riconoscimento di sessioni con mezzi simili alle cookies dei browser web, rappresenta un punto chiave. Alcuni servizi permettono già di usare i cosiddetti *social login*, che semplificano le operazioni di autenticazione associando l'identità di un utente alle informazioni di base di un social network (ad es. Facebook o Twitter come avviene in *Rai Play*).

Il riconoscimento dell'utente su dispositivi connessi con input limitato, come le radio o le TV, è più laborioso. Una possibile soluzione è rappresentata dallo standard **Cross-Platform Authentication** [10] il quale risulta essere compatibile con il protocollo *OAuth 2.0* utilizzato dai principali social network per associare in modo semplice un utente ad un dispositivo.

6.2 UN PROTOTIPO: LA HYBRID CONTENT RADIO

La **Hybrid Content Radio (HCR)** è un esempio di servizio audio personalizzato basato su raccomandazioni, ideato da Rai ed altri broadcaster pubblici della EBU [6]. HCR consiste nella personalizzazione del palinsesto di un servizio radio broadcast o streaming tradizionale, mediante la sostituzione di contenuti audio lineari con clip audio personalizzati, suggeriti in modo dipendente dal contesto. Il RS, fornendo suggerimenti sui contenuti, permette in altre parole di personalizzare il servizio di radio lineare.

Il prototipo realizzato consente di passare dall'ascolto live ad una lista di podcast suggeriti, sia manualmente (tasto skip), sia automaticamente, in modo proattivo, quando le condizioni di contesto siano appropriate [7][8]. La possibilità di fornire raccomandazioni in modo proattivo, quindi senza una richiesta esplicita dell'utente, è un ambito di ricerca aperto per i sistemi di raccomandazione.

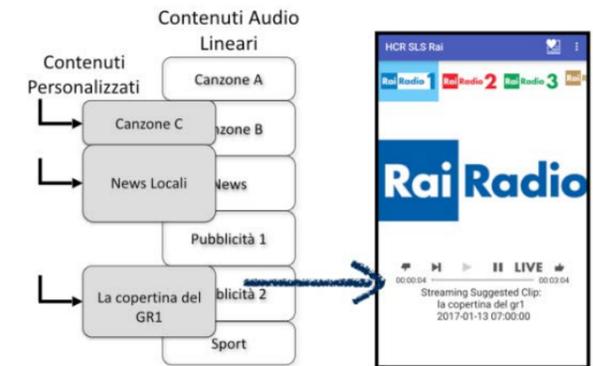


Fig. 2 – Hybrid Content Radio: la radio lineare viene personalizzata con contenuti raccomandati, dipendenti dal contesto.

7. LIMITI DEI RECOMMENDER SYSTEMS

L'efficacia degli algoritmi nell'aiutare l'utente nella scelta di un oggetto o di un servizio è soggetta a limitazioni che dipendono dal tipo di algoritmo, dal contesto e dal tipo di suggerimento che si vuole ottenere. Non esiste un unico algoritmo che risolva in modo ottimale ogni tipo di problema. Di seguito sono elencati alcuni limiti e sfide da superare.

Cold Start: alcune tecniche di raccomandazione necessitano di un insieme di dati iniziali per fornire suggerimenti validi. Ad esempio, perché un algoritmo di *Collaborative Filtering* dia risultati sensati è necessario che un oggetto sia già stato valutato da diversi utenti, e, analogamente, che un utente abbia già valutato alcuni oggetti. Ad esempio, il servizio social "GoodReads", che si focalizza sui libri, impone all'utente di valutare almeno 20 libri prima di fornire un suggerimento. Un algoritmo *Content-based* potrà, invece, fornire un suggerimento valido anche per un oggetto nuovo, a patto che a questo siano associati metadati adeguati.

Discovery: una lista di prodotti suggeriti da un RS dovrebbe consentire all'utente di esplorare anche prodotti nuovi e diversi tra loro, secondo un concetto di *discovery* o scoperta. Una eccessiva somiglianza tra i prodotti è in questo caso poco utile e spesso l'utente desidera anche esplorare nuovi tipi di prodotto rispetto ai soliti.

Filter Bubbles (bolle di filtraggio): è un concetto introdotto esaurientemente da Eli Pariser [9], che riguarda le informazioni che gli algoritmi lasciano arrivare all'utente. L'utente è come se fosse confinato in una bolla immaginaria costruita dagli algoritmi, bolla che permette il passaggio di alcune informazioni soltanto. In questo modo l'utente rischia di crearsi una visione molto parziale di molti fatti. Un esempio è il servizio *social Facebook*, che riordina, filtra e consiglia le informazioni anche in base alla storia dell'utente. Oltre alla rilevanza, altri fattori devono quindi essere tenuti in considerazione: ad esempio l'importanza in contesti economici e sociali più ampi o la possibilità di dare voce ad altri punti di vista anche scomodi.

Privacy: il *Recommender System* fornisce suggerimenti rilevanti per l'utente estraendo così un ordine dal caos e dalla complessità delle informazioni a disposizione. L'efficacia di questo processo dipende dalla quantità e dalla precisione dei dati personali messi a disposizione dall'utente. Il problema fondamentale in questo caso è garantire la trasparenza delle informazioni raccolte, dando la possibilità all'utente di accedere ad esse o di ritrarle. E poi, è assolutamente importante garantire la sicurezza di tali informazioni assicurando che esse non possano essere utilizzate da altri soggetti o per scopi diversi da quelli consentiti. La creazione di meccanismi standard per la memorizzazione, lo scambio e l'accesso alle informazioni dell'utente è un punto di grande interesse ancora aperto su cui anche MPEG sta lavorando (si veda [11]).

L'Unione Europea ha anche emanato nel 2016 una direttiva ed un regolamento sulla protezione dei dati personali che avranno valore negli stati membri a partire dai prossimi anni (si vedano [12] e [13]) e che richiedono trasparenza nel trattamento dei dati generati dagli utenti.

8. CONCLUSIONI

In questo articolo abbiamo cercato di dare un'idea di cosa siano i *Recommender System*, descrivendo brevemente il loro funzionamento e citando alcuni esempi di aziende che adottano tali sistemi all'interno dei loro servizi. Abbiamo descritto la relazione tra RS e personalizzazione di un servizio, e come, in un mondo in cui le informazioni e i prodotti si moltiplicano, i sistemi di raccomandazione siano uno strumento necessario, capace di rendere più efficaci le ricerche ed ottenere prodotti più adatti a noi.

L'utilizzo appropriato dei RS deve tenere in adeguata considerazione la nostra privacy ed evitare la creazione di *filter bubbles* che ci confinino in un mondo chiuso, rendendoci troppo sicuri della completezza dell'informazione che stiamo ricevendo. Per questo è importante che gli algoritmi implementati tengano in considerazione anche aspetti che vanno oltre la rilevanza personale, e in questo il ruolo dell'editore è di primaria importanza.

Come molti altri prodotti dell'ingegno umano, anche i RS presentano grandi vantaggi ed enormi opportunità per il futuro, ma il buon senso e la trasparenza nella gestione delle informazioni sono fondamentali per mitigarne le criticità.

Fig. 3 – I limiti dovuti alle *filter bubbles* descritte da Pariser sono una delle sfide che gli algoritmi di raccomandazione devono superare. (foto di Clint Mason, flickr, CC BY 2.0)



APPENDICE A

UN ESEMPIO DI COLLABORATIVE FILTERING OTTENUTO CON LA FATTORIZZAZIONE MATRICIALE SVD

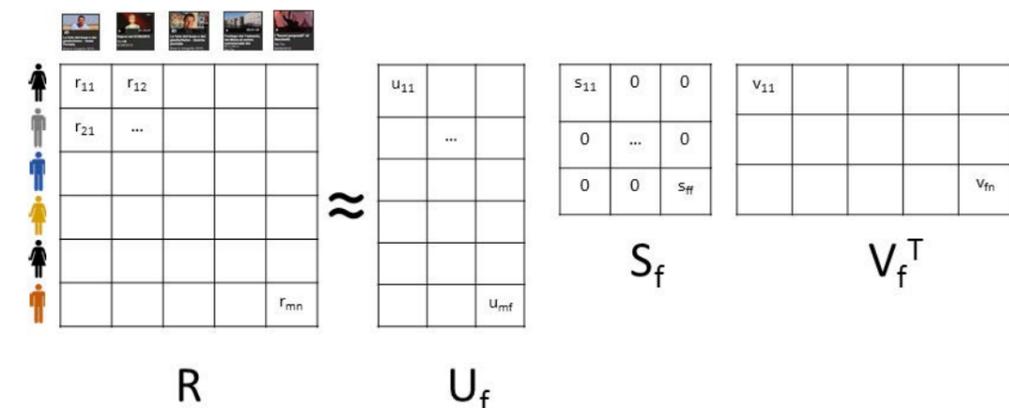
Diamo concretezza alle tecniche individuate descrivendo un esempio classico di *Collaborative Filtering*. Una tecnica molto efficace nella predizione delle scelte degli utenti è la *Fattorizzazione Matriciale*. Qui verrà presentata una tecnica chiamata *Singular Value Decomposition* (si veda per dettagli [5]). Sono stati presentati successivamente miglioramenti e tecniche più efficaci rispetto ad essa (si veda [18] e [19]) ma presenta il vantaggio di descrivere intuitivamente i concetti alla base della fattorizzazione. Il punto di partenza è una matrice **M** le cui righe rappresentano gli *m* utenti, e le cui colonne rappresentano gli *n* oggetti. La matrice conterrà i giudizi che gli utenti hanno dato agli oggetti (ad esempio un voto da 1 a 5).

Definiamo uno spazio di *fattori latenti*: nel caso di programmi televisivi può essere immaginato come una serie di caratteristiche del programma, come ad esempio se è un documentario, ben interpretato, con protagonisti affidabili, con attori famosi e così via. Esprimiamo poi gli utenti *m* con una matrice **U** in base all'importanza che assegnano a questi fattori latenti, e gli oggetti con una matrice **V** in base alla loro rappresentabilità con i fattori latenti. La fattorizzazione consiste nell'espressione della matrice **R** utilizzando una *matrice diagonale S* e due *matrici* di fattori latenti **U** e **V** in questo modo: $R=USV^T$. La

matrice **S** è una matrice diagonale $g \times g$ (con *g* righe e *g* colonne) i cui elementi sono i valori singolari della matrice **R** e *g* è il suo rango. Possiamo ridurre la complessità usando solo gli *f* valori singolari di **S** più significativi, con $f < g$: ciò porta ad una approssimazione $R_f = U_f S_f V_f^T$ che si dimostra essere la migliore di rango *f* e che riesce a catturare i fattori latenti più importanti rendendo i calcoli più veloci e riducendo la dimensione delle matrici, si veda figura 4.

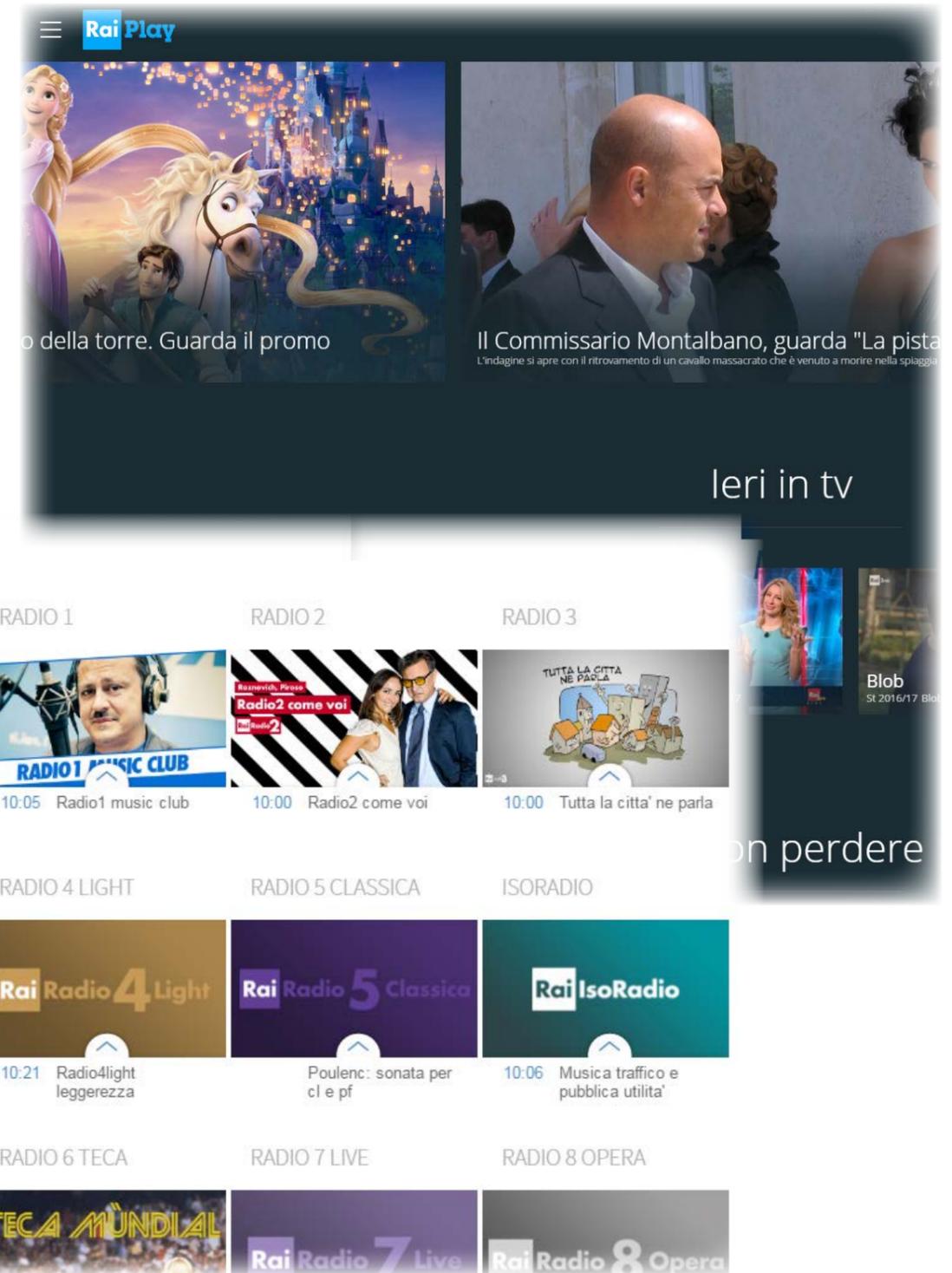
Si dimostra che un numero maggiore di fattori (fino a *g*) aumenta la precisione della rappresentazione, a discapito della velocità di calcolo. Le matrici **U**, **V** e **S** vengono calcolate con tecniche di approssimazione. In questo modo esprimiamo utenti e oggetti come combinazione di *fattori latenti* e utilizziamo questa rappresentazione per calcolare velocemente la vicinanza di un oggetto da raccomandare ad un utente. La predizione di una valutazione r_{ui} , che verrà usata per la raccomandazione, sarà del tipo $r_{ui} = \mu + U_f \sqrt{S_f}(u) \sqrt{S_f} V_f^T(i)$ dove (*u*) indica la riga corrispondente all'utente *u* e (*i*) indica la colonna dell'oggetto *i* e μ è la media di tutti i giudizi. Si può poi tenere in conto il discostamento dalla media dei giudizi di utenti e oggetti specifici, e aggiungere i termini b_u e b_i , discostamenti dalla media per l'utente *u* e l'oggetto *i*. Si noti che la tecnica descritta non assegna un significato ai *fattori latenti*: potrebbero avere un significato intuitivo, legato ad esempio al genere del programma, ma non è necessariamente così: sono fattori utili a creare un modello approssimato di utenti e oggetti.

Fig. 4 – Una rappresentazione delle matrici utilizzate nella fattorizzazione matriciale SVD. L'approssimazione è dovuta al fatto che viene scelto $f \ll g = \text{rank}(R)$



BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Burke, *Hybrid recommender systems: Survey and Experiments*, in "User Modeling and User-Adapted interaction", vol. 12, Numero 4, Novembre 2002, pp. 331-370.
- [2] F. Ricci, L. Rokach e B. Shapira, *Recommender systems: introduction and challenges*, in "Recommender Systems Handbook", Springer US, 2015, pp. 1-34.
- [3] G. Adomavicius, B. Mobasher, F. Ricci e A. Tuzhilin, *Context-Aware Recommender Systems*, in "AI Magazine", vol. 32, Numero 3, Autunno 2011, pp. 67-80.
- [4] C. A. Gomez-Uribe e N. Hunt, *The Netflix Recommender System: Algorithms, Business Value, and Innovation*, in "ACM Transaction on Management Information Systems", vol. 6, Numero 4, Gennaio 2016, Articolo 13.
- [5] B. Sarwar, G. Karypis, J. Konstan e J. Riedl, *Application of dimensionality reduction in recommender systems - a case study*, ACM WebKDD-2000 Workshop, 2000
- [6] P. Casagrande, A. Erk, S. O'Halpin, D. Born e W. Huijten, *A Framework for a Context-Based Hybrid Content Radio*, in "Proceedings of 2015 International Broadcasting Convention (IBC)", 2015.
- [7] M. Braunhofer, F. Ricci, B. Lamche e W. Worndl, *A context-aware model for proactive recommender systems in the tourism domain*, in "MobileHCI '15 Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct", Agosto 2015, pp. 1070-1075
- [8] P. Casagrande, M. L. Sapino e K. S. Candan, *Context-Aware Proactive Personalization of Linear Audio Content*, in "Proceedings of the 20th International Conference on Extending Database Technology (EDBT)", Marzo 2017, pp. 574-577
- [9] E. Pariser, *The filter bubble: What the Internet is hiding from you*, Penguin UK, 2011.
- [10] ETSI TS 103 407 - V1.1.1 (2016-04), *Cross Platform Authentication for limited input hybrid consumer equipment*
- [11] S. Metta, P. Casagrande, A. Messina, M. Montagnuolo e F. Russo, *Leveraging MPEG-21 user description for interoperable recommender systems*, in "Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC'16)", pp. 1072-1074, 2016.
- [12] *DIRETTIVA (UE) 2016/680 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 27 aprile 2016 relativa alla protezione delle persone fisiche con riguardo al trattamento dei dati personali da parte delle autorità competenti a fini di prevenzione, indagine, accertamento e perseguimento di reati o esecuzione di sanzioni penali, nonché alla libera circolazione di tali dati e che abroga la decisione quadro 2008/977/GAI del Consiglio*
- [13] *REGOLAMENTO (UE) 2016/679 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO, 27 aprile 2016 relativo alla protezione delle persone fisiche con riguardo al trattamento dei dati personali, nonché alla libera circolazione di tali dati e che abroga la direttiva 95/46/CE (regolamento generale sulla protezione dei dati)*
- [14] J. Leskovec, A. Rajaraman e J. Ullman, *Mining of Massive Datasets*, Cambridge University Press, 2014
- [15] M. Rasetti, *I Big Data: rivoluzione tra scienza e conoscenza*, in "Oxygen", Numero 22, Febbraio 2014, pp. 110-113
- [16] *Cloud and Mobile Network Traffic Forecast - VNI*, Cisco, ultimo accesso 1 Febbraio 2017
- [17] Commissione Europea, *Building a European Data Economy*
- [18] Y. Koren, R. Bell e C. Volinsky, *Matrix factorization techniques for recommender systems*, in "IEEE Computer", vol. 42, Numero 8, Agosto 2009, pp. 42-49
- [19] F. Ricci, L. Rokach e B. Shapira, *Recommender Systems Handbook*, Springer, 2015.



A cura della Redazione

Rai Like

Analisi dei social network in ambito televisivo



La profonda trasformazione nel modo di fruire contenuti televisivi è ormai un dato di fatto, emerge sempre più che i *second screen* (pc, tablet, smartphone) siano diventati un'estensione strutturale del mezzo televisivo, al punto che i produttori di contenuti sono chiamati ad affrontare la sfida di fornire vere e proprie esperienze di intrattenimento e informazione visualizzabili attraverso diversi strumenti di fruizione in sinergia tra loro.

Da queste considerazioni derivano nuove opportunità per l'intero comparto della produzione televisiva. I *social media*, in particolare, possono incrementare la conoscenza della percezione dell'utente rispetto ai programmi e allo stesso tempo massimizzare l'audience raggiungibile da più schermi. Il quadro che ci si prospetta richiede di offrire non più semplici prodotti televisivi come *audio/video lineari* ma veri e propri *percorsi esperienziali*, una profonda trasformazione dell'offerta televisiva non solo multi device ma ritagliata sulle necessità dell'utente, in grado di cogliere l'utente nelle più diverse situazioni. Questo impone una conoscenza sempre più approfondita dei comportamenti del consumatore.

In questo contesto diventa essenziale individuare quali sono le sinergie tra il mondo televisivo e quello WEB, con particolare attenzione verso i *social network*, e quale livello di integrazione e collaborazione si può raggiungere tra i due mondi.

RAI RICERCA E BIG DATA - UN MODELLO PER L'INTEGRAZIONE E LA SINTESI

Presso il *Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica Rai*, il settore *Piattaforme IP Fisse e Mobili e Social Networks*, sotto la guida del Dott. Luca Vignaroli, è impegnato ormai da alcuni anni nello studio delle

tecniche di analisi proprie dei *Big Data*. L'esperienza maturata in questo ambito ha portato alla realizzazione di un prototipo dimostrativo completo in grado di mettere a fattor comune diverse sorgenti informative provenienti dal *mondo televisivo* e dal *mondo WEB*. Tale sistema è in grado di raccogliere e mettere in relazione i dati tipici delle trasmissioni televisive, quali *EPG (Guida Elettronica dei Programmi)* e archivi, e i dati provenienti dai *social network (Twitter e Facebook)*.

La piattaforma analizza le diverse sorgenti di dati utilizzando tecniche di *Natural Language Processing (NLP)* ed estrae concetti che vengono associati ad ontologie (per esempio utilizzando i *Linked Open Data*). Tutte le informazioni così ottenute vengono memorizzate e messe in relazione utilizzando un modello di integrazione e sintesi di dati non strutturati fortemente dinamici.

Su questo modello di rappresentazione unificato multi-sorgente è possibile eseguire interrogazioni tramite query mirate e poi passare le informazioni ottenute a moduli di analisi e visualizzazione diversificati a seconda di quanto si vuole far emergere.

LA PIATTAFORMA RAI LIKE

La piattaforma *Rai Like*, nata per effettuare l'analisi, la visualizzazione e l'interpretazione dei dati contenuti all'interno del modello unificato multi-sorgente, è costituita da un'applicazione web che consente di navigare nello spazio dei concetti provenienti dalle *reti sociali* e associato al mondo televisivo grazie, anche, all'integrazione della guida dei programmi TV.

Tramite la piattaforma *Rai Like* è possibile individuare e visualizzare i fenomeni che avvengono sui

social network in riferimento al mondo televisivo: fenomeni emergenti, la loro evoluzione temporale e le relazioni tra le entità coinvolte. La *rete di navigazione concettuale* messa a disposizione permette di percorrere un cammino attraverso i concetti menzionati all'interno degli eventi televisivi in un particolare intervallo temporale. Tale percorso è basato sull'andamento delle menzioni durante gli eventi televisivi e permette, inoltre, di individuare il contesto dei concetti e gli eventi televisivi simili.

Sicura rilevanza ricopre l'ambito dell'analisi delle *comunità*. Una *comunità* è un insieme di persone interessate ad un determinato argomento o con un approccio comune alla vita di relazione, che comunicano tra loro attraverso i *social network* costituendo una *rete sociale* con caratteristiche peculiari. Il sistema permette il riconoscimento, l'analisi e la caratterizzazione delle *comunità*, evidenziando le differenti reti di interazione tra gli utenti, con la possibilità di individuare gli *utenti influenti* e l'evoluzione nel tempo delle *comunità* stesse. Questo strumento è di particolare interesse per i *sistemi di raccomandazione* usati per la personalizzazione dei servizi verso gli utenti.

Sono stati, inoltre, condotti esperimenti di analisi del *flusso migratorio* degli utenti tra i differenti eventi televisivi, con il riconoscimento e la caratterizzazione di argomenti emergenti, di relazioni di dipendenza *entità-topic* e *utente-topic* e l'evoluzione nel tempo di tali relazioni. Ulteriori sperimentazioni sono state effettuate integrando i dati di audience al fine sia di predire temi di interesse sui *social media* a partire dall'analisi dei programmi TV andati in onda, sia di stimare il potenziale successo di una trasmissione TV analizzando i dati provenienti dai *social media*.

La piattaforma *Rai Like* può, quindi, essere sfruttata come valido strumento a supporto del *Social Media Marketing* anche in ambito televisivo. Il *Social Media Marketing* è quella branca del marketing che si occupa di analizzare e di generare visibilità sui *social media* e verso le *comunità virtuali*. Prevede una serie di pratiche che vanno dalla gestione dei rapporti online all'ottimizzazione delle pagine web fatta per i *social media* e riguarda, comunemente, la gestione della comunicazione integrata su tutte le diverse piattaforme che il Web mette a disposizione.

DIGITAL STORYTELLING

Il *Digital Storytelling*, ovvero la *narrazione realizzata con strumenti digitali*, consiste nell'organizzare contenuti selezionati dal web in un sistema coerente, retto da una struttura narrativa, in modo da ottenere un racconto costituito da molteplici elementi di vario formato (video, audio, immagini, testi, mappe e così via). Si tratta, quindi, di una modalità di narrazione particolarmente indicata per forme comunicative come quelle proprie del giornalismo (*Data journalism*), della politica, del marketing, dell'autobiografia, della didattica e nuova frontiera per il mondo televisivo, in grado di offrire esperienze di fruizione godibili tramite dispositivi diversi in sinergia tra loro.

In questo ambito la piattaforma *Rai Like* può servire come sorgente di dati per *raccontare* gli eventi televisivi dal punto di vista degli utenti che li hanno vissuti e commentati, dando vita ad un racconto inedito che vede come protagonisti i telespettatori stessi con la loro percezione e le emozioni da loro provate durante la messa in onda di un programma televisivo.

PER SAPERNE DI PIÙ

R. Del Pero, C. Schifanella e L. Vignaroli, *Tv e Social WEB - La seconda vita del contenuto televisivo*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno LXIV, Numero 1, Maggio 2015, pp. 30-41

A. Antonini, L. Vignaroli, C. Schifanella, R. G. Pensa e M.L. Sapino, *MeSoOnTV: A media and social-driven ontology-based tv knowledge management system*, in "Proceedings of the 24th ACM Conference on Hypertext and Social Media, Paris, France, May 1-3, 2013", Maggio 2013, pp. 208-213

A cura della Redazione

EBU RecSys



Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica Rai ha ospitato nei giorni 13-14-15 giugno 2016 uno dei meeting del gruppo **EBU RecSys Recommender Systems**. L'organizzazione dell'evento è stata curata dall'Ing. Paolo Casagrande e dal Dott. Sabino Metta del CRIT.

Questo gruppo, emanazione dell'**European Broadcasting Union (EBU)**, si occupa della personalizzazione dei contenuti e dello studio e dello sviluppo di sistemi di raccomandazione per i broadcaster e permette ai membri dell'**EBU** di condividere periodicamente aggiornamenti tecnici su tali sistemi e di proseguire lo sviluppo di un sistema focalizzato sui media radio televisivi.

Maggiori informazioni sulla pagina ufficiale del gruppo **EBU RecSys Recommender Systems** <https://tech.ebu.ch/home/groups/recsys.html>

LA RAI, LA RICERCA E LE NUOVE TECNOLOGIE PER IL SOCIALE



Nel mese di dicembre 2017 la Dott.ssa Carmen Marino, ricercatrice presso il **Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica Rai**, su invito del **Dipartimento di Otorinolaringoiatria della Città della Salute e della Scienza di Torino**, ha presentato al corso di **Impianti cocleari e protesi impiantabili** i progetti di **e-inclusion** attivi presso il CRIT.

La presentazione si è tenuta presso l'Aula Magna del presidio ospedaliero **Molinette di Torino**.

BRIDGET: FOCUS GROUP E USER TRIALS



Nell'ambito del progetto europeo **BRIDGET (BRIDging the Gap for Enhanced broadcast)**, a cui la **RAI** ha partecipato tramite il **Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica**, il gruppo di lavoro **CRIT** ha avuto, tra i vari compiti, anche quello di organizzare una doppia sessione di test incentrata sull'**applicazione utente** sviluppata dal consorzio durante il periodo di vita del progetto.

Le sessioni di test, tenutesi il 27 e il 28 luglio 2016, sono state guidate in maniera interattiva da personale di **Telecom Italia**, partner anch'essa del progetto, esperto del campo; durante i test dell'applicazione gli utenti hanno avuto modo di provare le funzionalità sviluppate nell'applicazione e di fornire una valutazione sia attraverso una discussione di gruppo guidata, sia per iscritto, compilando un breve questionario.

I partecipanti alle due sessioni di test sono stati selezionati essenzialmente in base all'età. Si è deciso, infatti, di considerare per il primo gruppo persone con un'età compresa all'incirca tra i 55 ed i 65 anni, mentre il secondo gruppo è stato formato da persone con un'età compresa tra i 18 ed i 20 anni.

Entrambi i **Focus Group** si sono tenuti, in momenti diversi, presso l'insediamento **RAI** di Via Cavalli 6, a Torino. Durante il paio d'ore necessarie per testare l'applicazione, i partecipanti hanno potuto usufruire di un piccolo rinfresco e ad ognuno di loro è stato consegnato, al termine della sessione di test, un piccolo gadget.

I risultati hanno evidenziato, contrariamente a quanto si potesse immaginare, pochissime differenze nella valutazione dell'applicazione tra i due diversi gruppi. La maggior parte dei partecipanti, infatti, ha valutato il concetto alla base dell'**applicazione utente** come molto interessante e utile nella vita quotidiana, pur evidenziando aspetti migliorabili a livello implementativo.

Accanto all'**applicazione utente** il progetto **BRIDGET** ha anche sviluppato un **Authoring Tool** destinato agli autori per la creazione di prodotti multimediali arricchiti da **bridget** (nome dato dal progetto agli elementi multimediali associati al programma principale).

Per testare le nuove funzionalità introdotte nell'**Authoring Tool** durante l'ultimo anno del progetto, il 26 e 27 settembre 2016 sono state organizzate a cura del **CRIT** diverse sessioni di test presso il **Centro di Produzione TV di Torino** con personale **RAI** sia con competenze in ambito prettamente editoriale sia con competenze in ambito tecnologico.

Registi, produttori esecutivi ma anche esperti della tecnologia 3D hanno potuto provare, in maniera supervisionata, le funzionalità **LIVE** e **Ricostruzione**

3D integrate nell'**Authoring Tool** e successivamente, attraverso un questionario dettagliato, hanno potuto fornire specifiche valutazioni sulle singole componenti.

I test hanno dato, in generale, risultati piuttosto positivi e l'**Authoring Tool** presentato è stato ritenuto ben progettato e adeguato per andare incontro ai requisiti di un ipotetico workflow per la creazione dei **bridget**. Questo tipo di servizio è considerato molto valido in prospettiva, anche se rimane da verificare in concreto l'impatto che potrebbe avere, in termini di risorse, sull'attuale catena produttiva di un broadcaster.

Sia i **Focus Group** che gli **User Trials** sono stati organizzati e supervisionati dagli Ingg. Fulvio Negro e Alberto Messina del **CRIT**.



DIGIMASTER: NUOVE ATTIVITÀ

Il progetto **DigiMaster** relativo alla digitalizzazione in alta qualità dei contenuti audiovisivi RAI pone come obiettivo principale la preservazione del materiale d'archivio aziendale rivolgendosi alle tecnologie digitali e all'utilizzo dei file. La maggior parte dei contenuti storici sono immagazzinati su supporti appartenenti alla tipologia *film 16 mm* (per lo più bianco e nero) e nastri magnetici appartenenti alla famiglia *Betacam*.

La preservazione è necessaria per scongiurare la possibilità di perdita definitiva dei contenuti dovuta al naturale invecchiamento dei supporti e al difficile reperimento e manutenzione delle apparecchiature necessarie alla loro riproduzione quali i videoregistratori.

A fine giugno 2016 è partito operativamente il processo per la preservazione dei nastri *Betacam* nella sede di Roma via Salaria con i primi sistemi robotizzati ciascuno dei quali lavora sessanta nastri per carico ed è dotato di tre videoregistratori e di un apparato per la pulizia dei nastri.

I file master a qualità idonea alla post-produzione così generati sono valutati al controllo qualità da operatori addetti, processo che permette in seguito ad esito positivo di salvare i file nel sistema di content management aziendale, di farne una copia di sicurezza su nastro dati digitale (**LTO Linear Tape Open**) e di dismettere infine i vecchi supporti.

Nel mese di dicembre 2016 sono stati consegnati i primi *film scanner*, appositi apparati che consentono di ottenere file in alta qualità a partire dai film, includendo la digitalizzazione dell'audio associato spesso disponibile su bobine magnetiche separate. Per il 2017 è in programma l'avvio delle linee di digitalizzazione pellicola.

STANDARD MPEG-21

A dicembre è stata pubblicata dall'ISO/IEC la seconda edizione dello standard **MPEG-21 Contract Expression Language (CEL)**, con il numero



ISO/IEC 21000-20:2016, che sostituisce la prima edizione del 2013.

Entrambe le versioni dello standard hanno avuto il contributo del **Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica di RAI**. Lo standard specifica un formato elettronico in **XML** per la definizione di contratti relativi ai diritti di sfruttamento delle opere audiovisive.

Attesa ad inizio 2017 anche la pubblicazione della seconda edizione di **MPEG-21 Media Contract Ontology (MCO)**, già approvato, che costituisce il formato corrispondente per l'ambito semantico (**OWL/RDF**). <https://www.iso.org/standard/68926.html>

PRODUZIONI UHD E IL CRIT

Grazie ad una partnership tra **Eutelsat**, **Struttura Satelliti Rai** e **Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica**, si sono potute trasmettere sulla piattaforma *TivùSat* le fasi finali delle partite degli Europei 2016 in **Ultra HD/4K**, ovvero a **3840 x 2160 pixel, 50P**. Si è trattato del primo esperimento in casa Rai per la trasmissione del nuovo segnale ad altissima risoluzione.

Il contributo del **Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica** è stato, sostanzialmente, di coordinamento tecnologico e in particolare di gestione della catena di codifica del segnale con il nuovo sistema di compressione **HEVC (High Efficiency Video Codec)** ad un bit rate di 25 Mbps. Il segnale 4K di contribuzione, proveniente dall'**IBC (Internatio-**

nal Broadcasting Center) di Parigi, transitava su un mezzo mobile situato presso il centro trasmittente **Eutelsat** di Rambouillet, a 40 Km da Parigi, dotato di mixer video per le commutazioni dello stesso con il segnale di Rai 1 HD up-convertito anch'esso in 4K per gli stacchi pubblicitari e gli interventi in studio e per l'inserimento del commento tecnico personalizzato del giornalista di **Rai Sport Marco Civoli**. Gli utenti dotati di scheda *TivùSat* e soprattutto di un televisore di nuova generazione 4K HEVC, hanno potuto godere delle immagini di altissima qualità.

Altri esperimenti simili, hanno riguardato la trasmissione degli otto episodi de **'I Medici'** in 4 serate tra ottobre e novembre 2016 e, il 26 dicembre 2016, dello speciale **'Stanotte a San Pietro'** di **Alberto Angela**, produzione tutta interna Rai che ha avuto un ottimo riscontro tra il pubblico.



