

Tecnologie per i Beni Culturali

ARCHEOMATICA



**ESPERIENZE IMMERSIVE
TRA DIGITALE E VIRTUALE**

VERSO LA TECNOLOGIA 6G

SENSORIALITÀ AUMENTATA

ARTE DIGITALE



■ **QUANDO C'È TROPPIA SCELTA
È FACILE PERDERSI.**

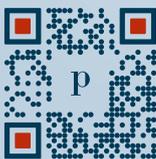
Oggi c'è un nuovo modo semplice e flessibile per acquistare le immagini satellitari più adatte per te con tutto il supporto dell'esperienza Planetek Italia.

imageryPack

Un innovativo servizio di acquisto di immagini satellitari con un abbonamento "a consumo" dove tu ci dici quello di cui hai bisogno e il team di Planetek Italia si occupa di tutto il resto. Avrai sempre un referente a tua disposizione che ti supporterà nella **scelta delle immagini più adatte alle tue esigenze**, riducendo tempi di ricerca e burocratici.

Sottoscrivendo ImageryPack, avrai accesso a un database pressoché infinito di **immagini satellitari di tutto il mondo ad altissima risoluzione**, sia di nuova acquisizione che di archivio, con la certezza di ottenere sempre e rapidamente l'immagine più adatta all'applicazione specifica.

E se cambiano le tue esigenze, non c'è problema: di volta in volta potrai chiederci quello di cui hai bisogno, **senza costi aggiuntivi e senza sprecare tempo.**



Scopri il nuovo modo semplice e flessibile per acquistare le immagini satellitari, contattaci per saperne di più su ImageryPack.

ESPERIENZE IMMERSIVE DIGITALI E IL METAVERSO

Le esperienze immersive digitali e il metaverso sono due concetti strettamente correlati che stanno guadagnando sempre più popolarità e importanza nella cultura digitale contemporanea. Di fatto si tratta di qualsiasi tipo di esperienza in cui l'utente viene completamente immerso in un ambiente digitale attraverso l'uso di tecnologie avanzate come la realtà virtuale (VR) e la realtà aumentata (AR).

Il metaverso, d'altra parte, è un termine che descrive un ambiente virtuale in cui gli utenti possono interagire tra loro attraverso avatars e in cui è possibile creare e condividere contenuti digitali in tempo reale e viene spesso associato ai videogiochi online e ai mondi virtuali, ma sta diventando sempre più utilizzato anche in altri settori, come l'architettura e la progettazione e i beni culturali.

Tecnologie digitali e di Realtà Virtuale sono solitamente impiegati ma per creare esperienze immersive possono essere utilizzate anche per creare mondi virtuali all'interno del metaverso. In questo modo, gli utenti possono interagire con l'ambiente virtuale in modo più completo e coinvolgente e nella cultura digitale contemporanea offrono nuove opportunità per l'intrattenimento, la formazione e la comunicazione.

Il metaverso, gli NFT (Non-Fungible Token) e la blockchain sono concetti che si stanno unendo in un nuovo ecosistema digitale. Il metaverso, come già detto, è un ambiente virtuale in cui gli utenti possono interagire tra loro attraverso avatars e creare e condividere contenuti digitali in tempo reale. Gli NFT, d'altra parte, sono token digitali che rappresentano oggetti unici o collezionabili e che possono essere scambiati sulla blockchain.

La blockchain, a sua volta, è una tecnologia decentralizzata e sicura che consente la registrazione e la convalida di transazioni digitali.

Ciò che collega questi tre concetti è la possibilità di creare e scambiare oggetti digitali all'interno del metaverso utilizzando gli NFT e la blockchain. Gli NFT possono essere utilizzati per rappresentare oggetti unici all'interno del metaverso, come collezioni digitali: è questo infatti il caso di AerariumChain e Artence. Inoltre, la blockchain può essere utilizzata per gestire e registrare le transazioni di questi NFT in modo sicuro e trasparente.

In questo modo, l'ecosistema digitale che si sta creando intorno al metaverso, agli NFT e alla blockchain offre nuove opportunità per l'economia digitale, come la creazione di mercati per oggetti virtuali unici e il finanziamento di progetti creativi attraverso la vendita di NFT. Tuttavia, è importante anche considerare le possibili implicazioni etiche e sociali di queste nuove tecnologie, come la sostenibilità ambientale e la regolamentazione del mercato degli NFT.

*Buona lettura,
Valerio Carlucci*

IN QUESTO NUMERO



In copertina una immagine del modello virtuale del Teatro Romano di Benevento.

DOCUMENTAZIONE

6 Verso la tecnologia 6G per i luoghi della cultura

DI LUCA PAPI E FRANCESCO PAOLO RUSSO



10 Pannelli a “Sensorialità Aumentata” sull’Appia Antica: cronistoria, principi, realizzazione di un metodo innovativo

DI PAOLO ROSATI

16 L'informazione allo "stato naturale" - Le potenzialità del virtuale per la valorizzazione del patrimonio culturale nell'ottica di un rinnovato paradigma di interazione.

DI GIOVANNI CATURANO



SEGUI L'ACCOUNT DI ARCHEOMATICA SU TWITTER, FACEBOOK E INSTAGRAM

ARCHEOMATICA
TECNOLOGIE PER I BENI CULTURALI
ANNO XV, N° 1 - 2023

Archeomatica, trimestrale pubblicata dal 2009, è la prima rivista italiana interamente dedicata alla divulgazione, promozione e interscambio di conoscenze sulle tecnologie per la tutela, la conservazione, la valorizzazione e la fruizione del patrimonio culturale italiano ed internazionale. Pubblica argomenti su tecnologie per il rilievo e la documentazione, per l'analisi e la diagnosi, per l'intervento di restauro o per la manutenzione e, in ultimo, per la fruizione legata all'indotto dei musei e dei parchi archeologici, senza tralasciare le modalità di fruizione avanzata del web con il suo social networking e le periferiche "smart". Collabora con tutti i riferimenti del settore sia italiani che stranieri, tra i quali professionisti, istituzioni, accademie, enti di ricerca e pubbliche amministrazioni.

DIRETTORE
RENZO CARLUCCI
DIR@ARCHEOMATICA.IT

DIRETTORE RESPONSABILE
MICHELE FASOLO
MICHELE.FASOLO@ARCHEOMATICA.IT

COMITATO SCIENTIFICO
GIUSEPPE CERAUDO, ANNALISA CIPRIANI, MAURIZIO FORTE, BERNARD FRISCHER, GIOVANNI ETTORE GIGANTE, MARIO MICHELI, STEFANO MONTI, LUCA PAPI, MARCO RAMAZZOTTI, ANTONINO SAGGIO, FRANCESCA SALVEMINI, RODOLFO MARIA STROLLO

REDAZIONE
MARIA CHIARA SPEZIA
REDAZIONE@ARCHEOMATICA.IT

MATTEO SERPETTI
MATTEO.SERPETTI@ARCHEOMATICA.IT
VALERIO CARLUCCI
VALERIO.CARLUCCI@ARCHEOMATICA.IT

RIVELAZIONI



22 Arte Digitale: espressione di un valore innovativo ancora da scoprire

DI FEDERICA LISSANDRELLO, MILA ALBERT,
GIORGIO REA, MAURIZIO REA

MUSEI

30 L'ecosistema digitale
Artence basato su
blockchain per la
valorizzazione e scambio di
Non Fungible Tokens (NFT)

A CURA DI ARTENCE



INTERVISTA



34 Intervista a Grazia Tucci
Direttrice del SIMPOSIO CIPA
2023 Documenting, Understanding,
Preserving Cultural Heritage

A CURA DELLA REDAZIONE

RUBRICHE

40 AZIENDE E PRODOTTI

Soluzioni allo Stato
dell'Arte

43 AGORÀ

Notizie dal mondo delle
Tecnologie dei Beni
Culturali

46 EVENTI

INSERZIONISTI

CIPA HERITAGE	21
ESRI	46
GTER	20
HUBSTRACT	39
PLANETEK	2
STONEX	39
STRUMENTI TOPOGRAFICI	47
TECHNOLOGYFORALL	48

una pubblicazione

mediaGEO
Science & Technology Communication

DIFFUSIONE E AMMINISTRAZIONE
TATIANA IASILLO
T.IASILLO@MEDIAGEO.IT

MEDIAGEO SOC. COOP.
VIA PALESTRO, 95
00185 ROMA
TEL. 06.64.87.12.09
FAX. 06.62.20.95.10
WWW.ARCHEOMATICA.IT

PROGETTO GRAFICO E IMPAGINAZIONE
DANIELE CARLUCCI
DANIELE@ARCHEOMATICA.IT

EDITORE
MEDIAGEO SOC. COOP.
Archeomatica è una testata registrata al
Tribunale di Roma con il numero 395/2009
del 19 novembre 2009
ISSN 2037-2485

STAMPATO DA BONA DIGITAL PRINT SRL

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO

La quota annuale di abbonamento alla rivista è di € 45,00. Il prezzo di ciascun fascicolo compreso nell'abbonamento è di € 12,00. Il prezzo di ciascun fascicolo arretrato è di € 15,00. I prezzi indicati si intendono Iva inclusa. Per abbonarsi: www.archeomatica.it

Gli articoli firmati impegnano solo la responsabilità dell'autore. È vietata la riproduzione anche parziale del contenuto di questo numero della Rivista in qualsiasi forma e con qualsiasi procedimento elettronico o meccanico, ivi inclusi i sistemi di archiviazione e prelievo dati, senza il consenso scritto dell'editore.

DATA CHIUSURA IN REDAZIONE: 30 aprile 2023

VERSO LA TECNOLOGIA 6G PER I LUOGHI DELLA CULTURA

TRASMISSIONE DI ENORMI QUANTITÀ DI DATI E INFORMAZIONI IN POCHI SECONDI

di Luca Papi e Francesco Paolo Russo



Considerato il notevole patrimonio storico, artistico, monumentale, demoetnoantropologico, archeologico, archivistico e librario nazionale, per migliorare la gestione e la sicurezza dei luoghi della cultura diventa fondamentale focalizzare l'attenzione sulla nuova tecnologia 6G che consentirà la fusione del mondo digitale con il mondo fisico capace di trasmettere enormi quantità di dati e informazioni in pochi secondi. I luoghi della cultura (aree archeologiche, parchi archeologici, musei, monumenti, archivi, biblioteche), come altri luoghi costruiti, grazie alla tecnologia 6G e alla sua flessibilità, versatilità, sostenibilità, affidabilità, potranno diventare completamente interconnessi.

L'evoluzione delle comunicazioni nell'era digitale ha fatto crescere vertiginosamente il volume di dati e, di conseguenza, la pressione che questi dati esercitano sulle reti di telecomunicazione. La maggior parte dei dispositivi connessi in wireless che utilizziamo tutti i giorni occupa frequenze che si trovano all'interno dello spettro radio, pensiamo agli smartphone, alle radio, agli smart speaker e a tutti gli oggetti IoT che popolano le nostre case. Il risultato è che l'aumento della domanda di trasmissione dati sta superando l'offerta di frequenze disponibili. Secondo Ericsson Mobility Report il

traffico dati mobile globale raggiungerà i 325 Exabyte (1 EB = un milione di Terabyte) per mese entro il 2028 contro i 100 EB raggiunti nel 2022.

Inoltre, secondo lo stesso rapporto, il 70% di tutto il traffico dati mobile ad oggi è costituito da video, che richiedono molte più risorse di trasmissione rispetto ai dati testuali o alle immagini statiche. Questo trend è in crescita ed arriverà all'80% entro il 2028. Ciò significa che le reti mobili si stanno trovando a gestire una quantità sempre maggiore di dati in tempo reale e che, in buona sostanza, la loro capacità di sopportare questo aumento del traffico dati sta spingendo le reti mobili al limite, mettendo a rischio la capacità di fornire connessioni di alta qualità ai clienti.

DAL 3G AL 5G E VERSO IL 6G

In questi anni, abbiamo assistito alle evoluzioni degli standard, passando dalle comunicazioni 3G introdotte nel 2001 a quelle 4G introdotte nel 2010 che hanno portato significativi miglioramenti, raggiungendo velocità di download di 100 Mbps che hanno reso possibile l'esplosione di servizi basati su internet.

Con l'avvento della quinta generazione di connettività 5G, siamo passati a latenze minime (pochi millisecondi) grazie all'utilizzo di onde millimetriche e ad una nuova architettura di rete denominata "Network Slicing", che consente ad un insieme di reti logiche e virtuali tra loro indipendenti, di funzionare contemporaneamente. Questo permette, almeno in linea teorica, il raggiungimento di velocità di trasmissione dati nell'ordine di diversi gigabit al secondo.

La rivoluzione di cui si farà portatrice la sesta generazione di connettività (6G) sarà tutta basata sulla flessibilità e sulla completa interconnessione del mondo tra fisico e digitale, in un'immersione continua senza caratteri di discontinuità.

I PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DEL 6G

Il *Telecommunication Standardization Bureau* dell'International Telecommunication Union (ITU), organizzazione internazionale che si occupa di regolare le telecomunicazioni telefoniche e telegrafiche, si sta già occupando di definire le linee guida del 6G (Fig. 1).

Data la mole di dati generati e alla capacità delle diverse applicazioni di intelligenza artificiale sempre più evolute di elaborarli e interpretarli secondo logiche cognitive, mediante il 6G sarà possibile generare una nuova era di servizi capaci di prevedere ed analizzare le emozioni anticipando desideri e problemi.

Il 6G abbraccerà pienamente le frequenze della luce Thz (onde



Fig. 1 - 6G, sesta generazione dei servizi di telecomunicazioni wireless (standard 6G).

submillimetriche) dal visibile al non visibile (infrarosso), e ci porterà dalla Giga Economy alla Tera Economy, un mondo in cui oggetti, persone e ambienti saranno interconnessi.

Ma come sarà il mondo con il 6G? Ecco alcuni esempi: esperienze personalizzate grazie a tecnologie di ubiquitous computing, ologrammi 3D in grado

di adattarsi in tempo reale agli ambienti e alle circostanze, reagendo in funzione delle interazioni con le persone; *personal device* immersivi annienteranno veramente le distanze fra le persone supportando i bisogni comunicativi con un controllo in termini di sicurezza molto accurato monitorando accessi e identità. Sarà un



Fig. 2 - Trasmissione di enormi quantità di dati e informazioni in pochi secondi.

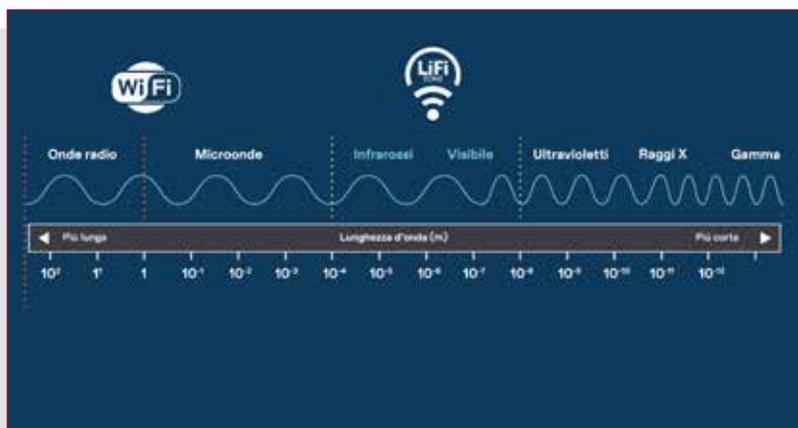


Fig. 3 - Spettro elettromagnetico.

mondo certamente più connesso ma anche più accessibile e democratico per tutti.

I VANTAGGI DEL 6G PER I LUOGHI DELLA CULTURA

Considerando il notevole patrimonio storico, artistico, monumentale, demo-etno-antropologico, archeologico, archivistico e librario nazionale, per migliorare la gestione e la sicurezza dei luoghi della cultura, diventa fondamentale focalizzare l'attenzione sulla nuova tecnologia 6G che permetterà la fusione del mondo digitale con il mondo fisico capace di trasmettere enormi quantità di dati e informazioni in pochi secondi (Fig. 2).

I luoghi della cultura (aree archeologiche, parchi archeologici, musei, monumenti, archivi, biblioteche), come altri luoghi costruiti, grazie alla tecnologia 6G e alla sua flessibilità, versatilità, sostenibilità, affidabilità, potranno diventare completamente interconnessi rispettando la privacy e cercando di perseguire l'obiettivo dell'equità sociale. Utilizzando le bande nelle gamme THz

e della luce visibile (Fig. 3) si può arrivare fino alla totale integrazione dei sensori nelle infrastrutture di comunicazione e nei sistemi di illuminazione generando luoghi della cultura immersivi e accessibili a tutti gli utenti e nello stesso tempo interpretando le emozioni (*affective computing*) scaturite magari al termine di una visita di un museo o mentre si osserva un quadro come ritratto di Eleonora di Toledo con il figlio Giovanni di Sandro Botticelli o L'Annunciazione di Leonardo da Vinci o il Tondo Doni di Michelangelo presso Le Gallerie degli Uffizi a Firenze.

LIFI (LIGHT FIDELITY): UNO DEI PARADIGMI DEL 6G

Il LiFi, (*Light Fidelity*), è una tecnologia che consente la trasmissione di dati ed informazioni attraverso la modulazione della luce LED e rappresenta, ad oggi, una tecnologia all'avanguardia che ci consente di toccare con mano i vantaggi e le possibilità che si possono avere utilizzando la luce non solo per illuminare un ambiente ma anche per connetter-

lo. Si tratta a tutti gli effetti di uno dei paradigmi del 6G di cui si possono trovare già delle implementazioni in diversi contesti applicativi: dai musei agli ospedali, dalle scuole agli uffici fino agli ambienti sensibili in termini di cyber sicurezza. Questa tecnologia è in grado di offrire numerosi vantaggi, tra i quali una maggiore larghezza di banda e un'alta velocità di trasmissione dati che arriva oggi ad 1Gbps e che arriverà nel 2025, secondo studi di settore, ad 1 Tbit/s.

Lo spettro della luce, essendo 10 000 volte più ampio dello spettro radio dedicato al Wi-Fi, offre l'infrastruttura necessaria allo sviluppo delle industrie IoT, Industria 4.0 e SmartCity. Utilizzando la luce e non emettendo radiofrequenze, questa tecnologia può essere utilizzata in ambienti sensibili ed ostili alle interferenze come ospedali, aerei e basi militari. Inoltre, l'utilizzo di una soluzione che per fornire connettività sfrutta la luce, per sua natura circoscritta entro i limiti dello spazio di riferimento, tutela maggiormente da potenziali attacchi hacker esterni, rendendo la trasmissione di informazioni e dati veloce e sicura.

APPLICAZIONI PRATICHE IN ALCUNI MUSEI ITALIANI

Infratel Italia, società in house del Ministero delle Imprese e del Made in Italy, ha promosso all'interno del progetto WiFi Italia, l'impiego di tecnologie LiFi in diversi musei del sud Italia per la valorizzazione del territorio attraverso esperienze di visita interattive ed inclusive (Fig. 4).

La luce che illumina le opere d'arte e le aree musealizzate trasmette al visitatore, direttamente sul proprio smartphone tramite un'applicazione che sfrutta la fotocamera per la ricezione del segnale, contenuti multimediali in funzione della sua posizione e di ciò che sta guardando. Un nuovo approccio phygital, precursore del mondo 6G, in grado di colmare la distanza tra i visitatori, l'arte e la cultura.

Questa esperienza è in funzione in circa 20 musei in Italia, tra cui il museo Castel del Monte, l'Archeologico di Altamura ed il Parco Archeologico di Pompei.

CONCLUSIONI

Con la tecnologia 6G aumenteranno le tipologie dei servizi e la relativa qualità degli stessi a beneficio dei luoghi della cultura e di tutti gli utenti, migliorando non solo l'accesso a tali luoghi ma anche l'esperienza di una più completa fruizione emotiva e cognitiva fino alle reti di scopo (reti di reti), per esempio reti di droni per il monitoraggio di siti archeologici ed altro.

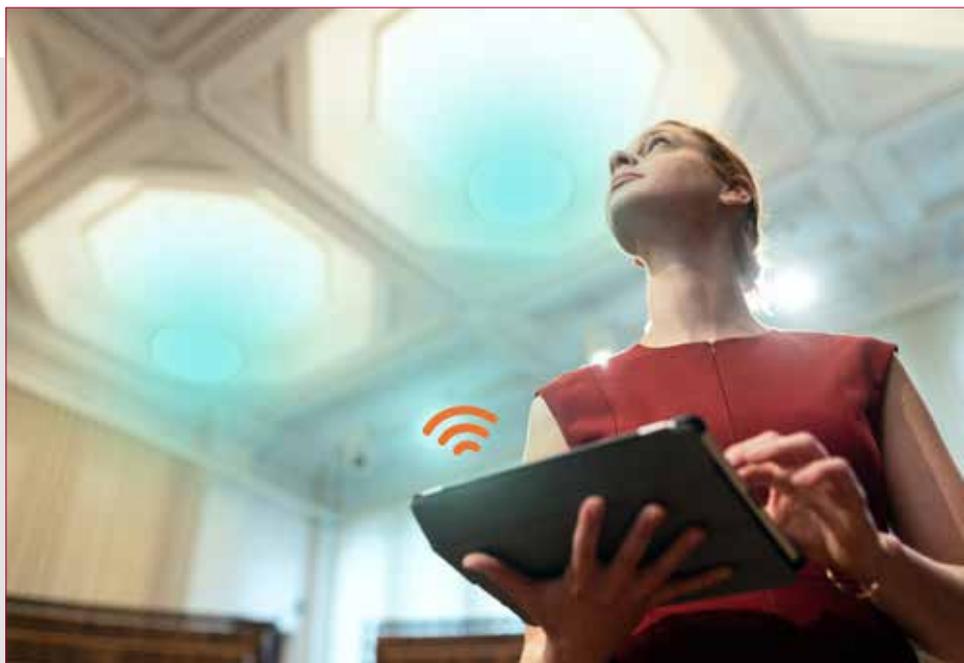


Fig. 4 - Esperienza di visita interattiva ed inclusiva in un museo.

END NOTE

- Ericsson (2022), Ericsson Mobility Report, <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/dataforecasts/mobile-traffic-forecast>
- Giangrande Antonio Filippo (2022), Col 6G tutto il mondo sarà interconnesso, ma noi siamo pronti? Ecco cosa cambierà, <https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/con-il-6g-tutto-il-mondo-sara-interconnesso-ma-noi-siamo-pronti-ecco-cosa-cambiera/>
- D'Elia Dario (2021), Il futuro di Pompei è una smart city 5G, <https://www.wired.it/attualita/tech/2021/03/06/pompei-smart-city-5g/>
- Samad Ali, Walid Saad, Daniel Steinbach (Eds.) (2020) - White Paper on Machine Learning in 6G Wireless Communication Networks, 6G Research Visions, No. - <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789526226736.pdf>
- Bruni Alberto, Papi Luca (2019), Un modello tecnologico integrato per andare verso Smart@POMPEI. Il progetto pilota MiBAC - CNR è replicabile anche in altri contesti. Smart for City (1). pp. 38-44. ISSN 2612-324X

ABSTRACT

Considering the remarkable historical, artistic, monumental, demethno-anthropological, archaeological, archival and national library heritage, in order to improve the management and safety of places of culture, it becomes essential to focus attention on the new 6G technology which will allow the fusion of digital world with the physical world capable of transmitting huge amounts of data and information in seconds. The places of culture (archaeological areas, archaeological parks, museums, monuments, archives, libraries), like other built places, thanks to 6G technology and its flexibility, versatility, sustainability, reliability, will be able to become completely interconnected.

PAROLE CHIAVE

6G; INTELLIGENZA ARTIFICIALE (AI); MACHINE LEARNING; BENI CULTURALI; LiFi

AUTORE

LUCA PAPI - LUCA.PAPI@CNR.IT
INGEGNERE DELLA SICUREZZA E PROTEZIONE CIVILE E PRIMO TECNOLOGO DEL DIPARTIMENTO SCIENZE UMANE E SOCIALI, PATRIMONIO CULTURALE DEL CNR - ROMA
FRANCESCO PAOLO RUSSO
FRANCESCO@TOBE-SRL.IT
INNOVATORE E LiFi EXPERT