

La nuova era delle telecomunicazioni: una prospettiva tecnologica verso reti e sistemi intelligenti

Francesco Chiti, Romano Fantacci

La sorprendente evoluzione delle tecnologie *wireless* a cui stiamo assistendo nel corso dell'ultimo decennio mette a disposizione numerosi standard di comunicazione, sia in ambito *short* che *long range*. Ciò sta rendendo, di fatto, gli ambienti in cui si svolge normalmente l'esistenza assolutamente infrastrutturati e predisposti per un'interazione più pervasiva con e tra gli utenti presenti. Una significativa potenzialità di questo nascente paradigma consiste nella capacità del sistema nel suo complesso di interfacciarsi intelligentemente con gli utenti, autoconfigurandosi dinamicamente in base ai loro profili e offrendo dei servizi *ad hoc*. Ciò può essere perseguito agevolmente attraverso un'integrazione dei differenti domini, mettendo a fattor comune il supporto a flussi di traffico *Internet oriented*. La comunicazione si configura, di conseguenza, come una proprietà *emergente* dell'ambiente che, da una semplice attribuzione spazio-temporale, assume le caratteristiche di *medium* relazionale che interconnette *soggetti* tecnologicamente senzienti e volenti. Nonostante la copiosità di standard esistenti o in fase di studio, va, comunque, sottolineato che la specializzazione in corso d'opera verso applicazioni e requisiti imprevedibili e la loro integrazione a parti variabili necessita della progettazione di un *piano di controllo* virtualmente centralizzato. Tale metodologia di *design*, denominata *Software Defined Networking* (SDN), applicata con successo alla gestione di *Cloud* geograficamente estesi o a rete di accesso *single-provider*, potrebbe essere vantaggiosamente generalizzata al contesto dell'*Internet of Things* (IoT), costituendone l'asse di sviluppo portante.

Attualmente, le nuove architetture Internet hanno come obiettivo primario quello di integrare nelle infrastrutture esistenti nuove tecnologie per una più efficiente gestione della mobilità degli utenti, sicurezza delle comunicazioni, promuovendo una sinergia tra ambiti diversi (economici, sociali, tecnologici) e coinvolgendo competenze tecniche e non allo scopo di abilitare nuove funzionalità relative a:

- Awareness dei dati e dei servizi;
- Awareness dell'ambiente circostante;
- Awareness economica e sociale.

Francesco Chiti, University of Florence, Italy, francesco.chiti@unifi.it, 0000-0002-0267-4733
Romano Fantacci, University of Florence, Italy, romano.fantacci@unifi.it, 0000-0001-5934-3321

Referee List (DOI 10.36253/fup_referee_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

Francesco Chiti, Romano Fantacci, *La nuova era delle telecomunicazioni: una prospettiva tecnologica verso reti e sistemi intelligenti*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.16, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 65-68, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

In questo orizzonte si svolge la ricerca condotta dal Laboratorio Data Communications and Network System (DaCoNetS) del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Firenze, attraverso interessanti collaborazioni con il territorio in termini di realtà amministrative e imprenditoriali. In particolare, il Laboratorio ha svolto e sta svolgendo una intensa attività di trasferimento tecnologico mediante l'istituzione di laboratori di ricerca congiunti con importanti realtà industriali quali Telecom Italia Mobile (TIM), Duratel S.p.A. e Leonardo S.p.A. allo scopo di coordinare e rafforzare il collegamento tra il mondo della ricerca e quello delle imprese locali e nazionali. Ciascuna aggregazione è poi focalizzata su uno specifico ambito tecnologico e applicativo ritenuto strategico per il settore delle Reti di Telecomunicazione e delle nuove tecnologie Internet e di specifico interesse per il contesto territoriale. Occorre inoltre ricordare che, a seguito dell'istituzione del Laboratorio congiunto Comunicazioni Avanzate è nato il Consorzio TICom (Tecnologie dell'Informazione e Comunicazione): si tratta di una importante iniziativa che testimonia l'opportunità di una sinergia funzionale tra settore industriale avanzato e tecnologicamente evoluto (Leonardo S.p.A.) ed Accademia (Università di Firenze). Il Consorzio non ha fine di lucro; esso integra le competenze e le conoscenze della componente accademica nel settore delle reti e delle comunicazioni digitali con le capacità operative di Leonardo S.p.A. allo scopo di promuovere il coordinamento dei consorziati nelle attività di ricerca scientifica e tecnologica nel settore dell'Information and Communications Technology, con particolare attenzione al settore dei sistemi e reti di telecomunicazioni e ai sistemi per la sicurezza dei cittadini. La missione del Consorzio è quella di unire competenze specifiche dell'Azienda e dell'Università per migliorare l'interazione fra i due soggetti attraverso uno strumento effettivamente compartecipato di supporto ai centri di ricerca e sviluppo dell'Azienda, ma anche di supporto alla formazione universitaria tramite il finanziamento di borse di studio e dottorati di ricerca, posti di ricercatore a tempo determinato e la possibilità di svolgere tirocini fortemente orientati al mondo del lavoro.

Il laboratorio DaCoNetS si è impegnato in diverse iniziative progettuali con ricadute effettive nel contesto territoriale locale, sia nell'ambito di soluzioni finalizzate a rendere reale il paradigma di città sostenibili e sicure, che rappresenta, ad oggi, uno degli obiettivi principali delle pubbliche amministrazioni, sia nell'ambito del controllo ambientale finalizzato sia alla tutela della salute dei cittadini sia alla prevenzione di catastrofi naturali. A questo riguardo, una recente iniziativa progettuale finanziata dalla Regione Toscana che ha visto il presente gruppo di ricerca collaborare efficacemente con realtà del territorio alla realizzazione di un sistema di monitoraggio di bacini idrologici è stata l'esperienza di HYDROCONTROLLER. In particolare, l'obiettivo è stato quello di sviluppare una piattaforma informatica automatizzata per il monitoraggio e la previsione dell'ammontare delle risorse idriche che consenta di controllare le condizioni idro-meteorologiche di un'area di interesse e che fornisca dettagli sui progressi in tempo reale e sui possibili sviluppi. La piattaforma è composta da reti eterogenee per tecnologie e tipologie di informazione, come dati di osservazione satellitare, di previsione, dati provenienti da sensori o reti ad hoc. L'architettura che è stata progettata applica il principio avanzato delle reti basate sull'impiego di tecnologie SDN alle *Wireless Sensor Networks* (WSN) e considera una interazione funzionale con risorse di calcolo localizzate (Fog Computing) allo scopo di rendere disponibile all'utenza finale in tempo reale i risultati di complesse elaborazioni al fine di attuare con latenze trascurabili le azioni di controllo e prevenzione opportune. A titolo esemplificativo, la Figura seguente mostra l'architettura di riferimento generale del sistema proposto attualmente in fase di completamento realizzativo.

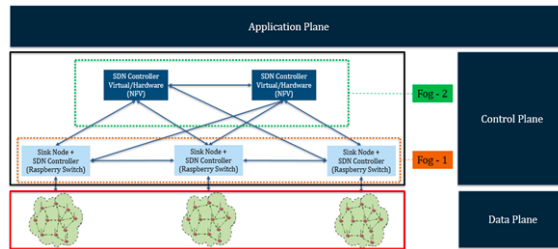


Figura 32 – Architettura di rete proposta per il monitoraggio di bacini idrologici.

Il Laboratorio DaCoNetS è poi stato di recente coordinatore scientifico, per conto dell'Università di Firenze, delle attività di sperimentazione pre-commerciali delle nuove tecnologie di rete di quinta generazione (5G) nell'ambito dell'iniziativa *5G Action Plan* supportata dal Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) localizzate nella città di Prato. In questo specifico contesto, le tematiche di ricerca hanno riguardato, in collaborazione con altre realtà, la definizione, l'integrazione in rete e la sperimentazione di una piattaforma per la telemedicina, il telemonitoraggio e l'analisi delle abitudini comportamentali di soggetti affetti da specifiche patologie, in modo da abilitare processi innovativi a garanzia della continuità di cura e assistenza. Nello scenario di sperimentazione proposto per la città di Prato è stato considerato il caso d'uso relativo al controllo ed assistenza remota di persone in ambito residenziale. In generale, l'assistenza medica remota consiste nella raccolta continua dei dati vitali del paziente tramite numerosi sensori eterogenei installati e/o indossati dalla persona o posizionati nell'ambiente. L'elaborazione dei dati raccolti ha consentito di effettuare diagnosi precoci e coordinare trattamenti medici in caso di problemi clinici. La sperimentazione delle nuove tecnologie IoT in ambito 5G è stata poi la principale attività di ricerca che DaCoNetS ha sviluppato in collaborazione con ESTRA; nello specifico questa attività ha riguardato essenzialmente applicazioni di raccolta massiva di dati provenienti da sensori eterogenei collegati in rete in ottica *Internet of Everything* (IoE) con riferimento ad applicazioni di:

- *Smart City Management* (in ottica Smart City);
- Monitoraggio utenze in modo smart;
- *Industrial Automation* (in ottica Industria 4.0).

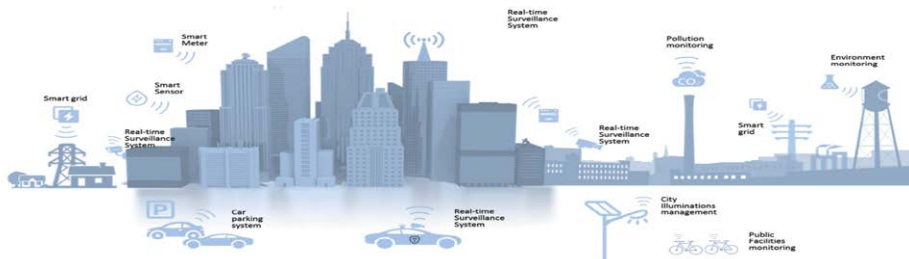


Figura 33 – Scenario applicativo di riferimento per la tecnologia 5G.

Sperimentare l'integrazione di servizi diversi su un'unica piattaforma di servizi IoT costituisce oggi un target fondamentale dal punto di vista del contenimento dei costi di realizzazione e gestione, ed abilita scenari di interazione e cross correlazione

importanti e innovative: controllo remoto in tempo reale delle condizioni operative di processi o impianti e della città con i suoi servizi; gestione di sensori ed attuatori per il controllo della città, controllo remoto di sistemi industriali.

Guardando verso il futuro prossimo, il laboratorio DaCoNetS è impegnato nell'ambito Transizione Digitale – i4.0, che rappresenta un settore nel quale occorre promuovere nuove e sfidanti tecnologie e metodologie, perseguendo una integrazione funzionale di competenze e conoscenze multidisciplinari, significativamente negli ambiti di Informatica, Elettronica e di Telecomunicazioni, caratterizzanti la nuova era delle reti di telecomunicazione. Tale approccio è oggi ritenuto obiettivo irrinunciabile per mettere a sistema e valorizzare pienamente il potenziale dell'innovazione tecnologica a vantaggio delle diverse esigenze e prospettive che possono emergere a livello individuale e di contesto territoriale. Tutto questo assume una importanza particolare nell'ottica di offrire alla comunità a cui apparteniamo un sostegno tecnologico concreto per gestire la complessa situazione creatasi in conseguenza della pandemia attuale.

Le attuali attività di ricerca di DaCoNetS, proprie della nuova era delle reti di telecomunicazione sono orientate a sostenere l'innovazione continua, secondo il paradigma *Open Innovation*, valorizzando le potenzialità della transizione digitale in accordo con il paradigma *Human-in-the-Loop*, che considera l'individuo come il primo attore e fruitore del cambiamento di paradigma derivante dalle nuove proposte tecnologiche. In questo contesto, fondamentale è poi svolgere una intensa attività di ricerca rivolta al progetto, ottimizzazione, integrazione di Reti di Sistemi Intelligenti, indispensabili allo sviluppo resiliente e autenticamente sostenibile della nostra società. Al fine di perseguire questo obiettivo, occorre definire infrastrutture di rete ad alte prestazioni, sicure, con accesso pervasivo ad alta velocità. Ciò richiede la convergenza di metodologie di reti di telecomunicazione e tecnologie dell'informazione in un'unica infrastruttura integrata, portando a compimento la visione dell'ecosistema 5G e successivi. A tal fine, si rende necessaria la ricerca su innovativi paradigmi di gestione e controllo che permettano alle architetture di rete di evolvere secondo i paradigmi di virtualizzazione delle risorse e funzionalità autonome e dinamiche. Ad esempio, sotto la supervisione di *Hypervisor*, elementi di rete e terminali dovranno cooperare per fornire le necessarie risorse di calcolo e memorizzazione, secondo i nuovi paradigmi *Edge/Fog Computing* per poter raccogliere e gestire al meglio le informazioni di contesto. Il laboratorio affronta poi tematiche di ricerca più sfidanti e maggiormente proiettate verso il futuro prossimo della nuova era delle reti di telecomunicazioni inerenti l'integrazione di metodologie di Intelligenza artificiale in un contesto di reti di telecomunicazione evolute, metodologie di progetto ed ottimizzazioni in reti di generazione successiva al 5G di nuovi servizi, es. realtà virtuale ed aumentata, comunicazioni quantistiche e, infine, *Tactile Internet*, quest'ultima una nuova e sfidante tecnologia che si pone l'obiettivo di integrare strutture di elaborazione dell'informazione in prossimità dell'utilizzatore finale, soprattutto in ottica *Edge Computing*, al fine di abilitare nuove sfidanti applicazioni basate su VR e AR mediante interazioni sensoriali e tattili.