POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea di II Livello

La rivoluzione del 5G:

nuovi modelli di business e casi d'uso

Relatore:
Prof. Carlo Cambini

Candidato:
Eugenio Barresi

Anno Accademico 2018/2019

Ai miei genitori,

per aver creduto in me e

per avermi sempre sostenuto

anche quando tutto sembrava troppo complicato.

Abstract

Le reti mobili sono un argomento di notevole interesse, in quanto le telecomunicazioni sono una parte indispensabile dell'infrastruttura nella nostra società. Col presente lavoro di tesi si intende fornire una panoramica sugli aspetti tecnologici della quinta generazione di reti mobili, con lo scopo principale di approfondirne gli aspetti economici. Infatti, in questo momento di transizione è indispensabile analizzare tutti gli aspetti finanziari che tale tecnologia porta con sé, affinché sia economicamente sostenibile. Ciò è particolarmente importante per gli operatori di rete mobile che forniscono l'infrastruttura necessaria all'implementazione ma, al tempo stesso, il potenziale commerciale del 5G è di interesse per tutti gli attori che intendono usufruire della tecnologia per innovare le loro offerte e i loro business. Alcuni esempi di questi attori sono fornitori di servizi, fornitori di contenuti e imprese che vendono apparecchiature di telecomunicazione (hardware). Dopo aver sviluppato uno studio dettagliato di requisiti, obiettivi, legislazione e standardizzazione attuali, sono stati esaminati i driver e le barriere per l'implementazione del 5G. Infine, sono state analizzate le possibili applicazioni di questa tecnologia e il modo in cui influenzerà l'ambiente economico e sociale.

Sommario

CAPITOLO 1 10
Cosa è il 5G? 10
1.1 Introduzione al 5G 10
1.2 Perché il 5G è necessario? 12
1.3 Le tre dimensioni del 5G 14
1.4 Tecnologie chiave a sostegno del 5G 18
1.4.1 Tecnologie caratterizzanti il 5G 18
1.4.1.1 Network slicing 18
1.4.1.2 Massive MIMO con beamforming 20
1.4.1.3 NFV e SDN 21
1.4.1.4 CUPS ed Edge Compunting 22
1.5 Is 5G disruptive? 25
1.6 La roadmap generale 3GPP per lo standard 5G 26
1.6.1 Release 15 27
1.6.2 Release 16 28
1.6.3 Release 17 29
CAPITOLO 2 31
Il mercato del 5G 31
2.1 Integrazione 5G – Fibra 31
2.2 Investire in Fibra o in 5G? 33
2.3 La situazione oggi 34
2.4 Rimedio all'investimento in fibra 35
2.5 Conviene essere il First Mover? 36
2.6 Condividere o non condividere gli investimenti 37
2.7 TIM e Vodafone 39
2.8 Come appare oggi la situazione sul fronte delle Telco italiane? 42
2.9 Ostacoli per la diffusione del 5G 43
2.10 Attrattività del settore: le Forze di Porter 45
2.10.1 Concorrenza dei prodotti sostitutivi 45
2.10.2 Minaccia di nuovi entranti 46
2.10.3 Rivalità tra concorrenti già affermati 48
2.10.4 Potere contrattuale dei fornitori 50
2.10.5 Potere contrattuale dei clienti 53
2.11 Modelli di Business 54
2.12 Aspetto economico 55
2.13 Costi 55
2.14 Ricavi 57
CAPITOLO 3 60

Mercati verticali e casi d'uso ... 60
3.1 Mercati verticali ... 60
3.1.1 Il settore della sanità e dell'e-Health ... 61
3.1.2 Il settore dei media e dell'intrattenimento ... 63
3.1.2.1 Il settore del gaming ... 64
3.1.2.2 Il settore dei musei ... 65
3.1.3 Il settore dell'automotive ... 66
3.1.4 Il settore della Public Safety ... 67
3.1.5 Il settore dell'energia ... 68
3.1.6 Il settore delle Smart City ... 69
3.1.7 Il settore dell'educazione ... 70
3.1.8 Il settore della finanza ... 71
3.1.9 Il settore della Smart Agriculture ... 73
3.1.10 Il settore del manufacturing e dell'Industry 4.0 ... 74
CAPITOLO 4 ... 77
Attività di stage ... 77
4.1 Studio dei casi d'uso pensati per i clienti della Pubblica Amministrazione ... 78
4.1.1 Public Safety ... 78
4.1.2 Visita museale immersiva ... 79
4.1.3 Realtà virtuale – Video 360° live ... 80
4.1.4 Monitoraggio strutturale statico ... 81
4.1.5 Connected bus ... 82
4.1.6 Smart Lighting ... 83
4.2 Proof of Concept ... 84
4.2.1 Fase 1: Innovation Day ... 85
4.2.2 Fase 2: Creazione dei concept ... 86
4.2.3 Presentazione del concept al cliente ... 86
4.2.4 Concretizzazione del POC ... 87
4.3 Assistenza nella creazione di un CTIO portfolio 5G packages ... 87
4.4 Bando MiSE ... 88
4.4.1 Descrizione generale dei casi d'uso presentati ... 91
4.4.2 Dislocazione delle sedi di sperimentazione ... 91
4.4.3 Caso d'uso: ImmersiveLAB ... 92
4.4.4 Caso d'uso: campus tecnologico innovativo ... 94
4.4.5 Caso d'uso: Digital Corner ... 94
4.4.6 Sostenibilità e replicabilità dei risultati ... 95
4.4.7 Cantierabilità immediata del progetto ... 96
4.4.8 Costo e durata del progetto ... 96
Conclusioni ... 97

Bibliografia e sitografia 98
Ringraziamenti 108

Introduzione

Al giorno d'oggi, le comunicazioni mobili svolgono un ruolo molto importante nelle nostre vite. Dal momento in cui ci svegliamo la mattina fino alla fine della giornata, utilizziamo costantemente almeno un tipo di dispositivo mobile ed effettuiamo un traffico dati sempre maggiore. È per questo motivo che siamo stati motivati a sviluppare una quinta generazione di comunicazione mobile (5G), che ci aiuti a far fronte all'alto e maggiore utilizzo della rete e che ci consenta un nuovo stile di vita.

L'importanza delle comunicazioni elettroniche e specialmente di Internet si riflette sul ruolo strategico che assume il settore dello sviluppo dell'economia di un paese. Nel corso degli anni l'industria delle telecomunicazioni è cresciuta fino a diventare un'enorme industria su base globale e una di quelle in più rapida crescita. Oggigiorno tutti i più grandi player del mercato mondiale stanno rivolgendo particolare attenzione al 5G, ma cosa è in realtà questa tecnologia al centro dei principali dibattiti del settore (e non solo)?

Come punto di partenza per comprendere la strada verso il 5G, verrà brevemente spiegata l'evoluzione delle precedenti generazioni di reti cellulari. Da quando l'1G è emerso negli anni '80, una nuova generazione di reti mobili è stata lanciata ogni dieci anni circa. All'inizio, i servizi vocali o la telefonia mobile erano al centro dell'attenzione e, nel corso degli anni, si è verificato un netto passaggio dalla telefonia fissa a quella mobile.

Alla fine del 2010 c'erano quattro volte più abbonamenti per la telefonia mobile rispetto alla telefonia fissa e non ci sono prove circostanziali che affermino che questa tendenza sarà invertita (Sharma, 2013). Oggi i servizi voce sono semplicemente una parte della totale comunicazione per la quale gli utenti devono fare affidamento sulle reti mobili. Il dispositivo dell'utente non è più semplicemente un telefono cellulare, ma piuttosto un piccolo computer. Gli utenti si aspettano una connessione wireless della stessa qualità del massimo delle capacità del dispositivo, simile alla qualità di una connessione cablata su un desktop a casa o in ufficio (Patel et al., 2012). Inoltre, se gli utenti soffrono di una scarsa connessione Wi-Fi o cablata e si trovano in aree con una buona copertura cellulare, passeranno facilmente a una connessione cellulare, basandosi sul fatto che questo risolverà i loro problemi di connessione.

Un’opinione diffusa ritiene che il 5G sia un semplice upgrade della “vecchia” connettività 4G, ovvero che sia una tecnologia dedicata, come sempre, solo ed esclusivamente al mondo dei cellulari e che abiliti una maggiore velocità di connessione. In realtà 5G significa tutt’altro. Tale straordinaria tecnologia riuscirà a cambiare tutti i paradigmi dei vari settori industriali e di conseguenza cambierà la vita delle persone.

Il presente lavoro di tesi ha l’obiettivo di dare una descrizione generale dell’architettura sottostante tale tecnologia. Sarà descritto il motivo per cui il 5G può essere utilizzato per tantissime applicazioni e sarà illustrato il piano mondiale di sviluppo di tale tecnologia. Successivamente sarà approfondito, dal punto di vista economico, il beneficio della condivisione degli investimenti tra i vari operatori di telefonia mobile e fissa, ma anche la convenienza di essere i primi nell’esplorare questo nuovo mondo. Come già sappiamo, quando un player riesce ad affermarsi per primo in un nuovo mercato, riesce solitamente ad acquisirne un’enorme fetta, ottenendo di conseguenza numerosi vantaggi. A tal proposito sarà approfondito l’accordo siglato da TIM e Vodafone per condividere gli investimenti in infrastruttura e dimezzare così i costi di ricerca e sviluppo.

Visto che la strategia per la crescita della capacità e delle prestazioni del 5G deve essere economicamente sostenibile, sarà fatta un’attenta analisi di mercato per capire la relazione che può esserci tra fornitori, operatori e clienti finali, ma anche l’eventuale presenza di barriere all’entrata. A tal proposito è bene citare l’intervento regolatorio che ha portato alla famosa asta per l’assegnazione delle frequenze ai vari operatori.

Nella seconda parte dell’elaborato saranno descritti i cosiddetti “mercati verticali” abilitati dalla nuova tecnologia. Tra i tanti, è bene citare quelli dell’intrattenimento, della medicina, dei trasporti, della sicurezza, dell’industria e tanti altri.

Per finire sarà presentato il lavoro di stage svolto in TIM dal 13 maggio al 27 settembre. Sono stato inserito nell’area Nord-Ovest del gruppo di Progettazione per clienti Business. Il mio ruolo è stato quello di supportare i team nella realizzazione di vari progetti. Ho iniziato studiando le reti cellulari, dall’1G fino all’odierno 5G. Successivamente ho partecipato alla definizione di vari casi d’uso da proporre a clienti della Pubblica Amministrazione ed infine ho partecipato ad

una gara d’appalto che prevedeva la realizzazione di servizi innovativi basati su tecnologia 5G.

CAPITOLO 1

Cosa è il 5G?

1.1 Introduzione al 5G

La storia del mercato della telefonia mobile è relativamente breve, ma anche molto intensa. Infatti, tale mercato ha subito notevoli e rapidi cambiamenti sia dal punto di vista tecnologico, sia dal punto di visto di applicazioni business (Figura 1).

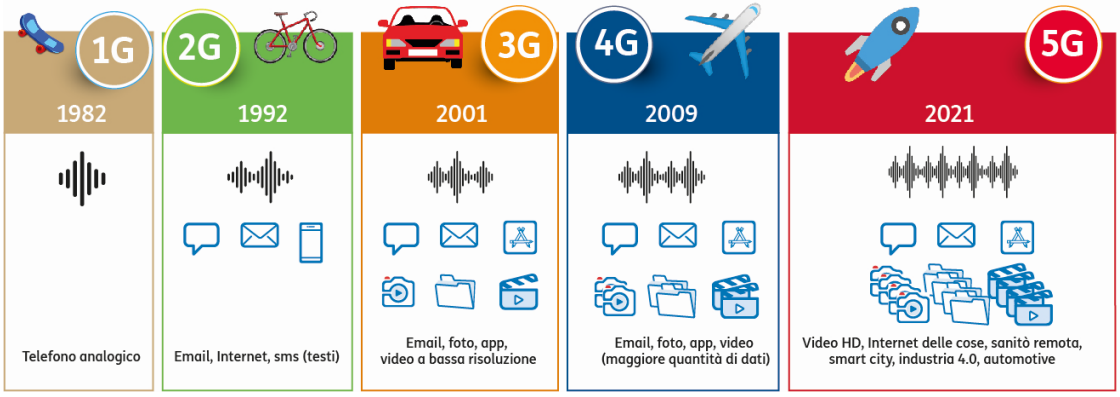

Figura 1: Le 5 generazioni di telecomunicazioni mobili

Ciascuna delle successive generazioni di comunicazioni mobili ha mirato sia a generare nuovi driver di concorrenza all'interno del settore sia a creare nuovi mercati in cui crescere gli operatori di rete mobile (MNO).

Da un punto di vista tecnico, passare da 1G a 2G comportava il passaggio da sistemi analogici a digitali, mentre da un punto di vista commerciale significava passare da un numero ristretto di ricchi clienti aziendali a un mercato di massa. C'è stato un cambiamento radicale dai sistemi analogici a banda stretta all'era della comunicazione digitale che forniva canali di comunicazione sicuri ed affidabili. Allo stesso modo, l'evoluzione da 2G a 3G ha trasformato l'infrastruttura di comunicazione incentrandola sui dati anziché sulla voce, dando vita a un nuovo mercato che ha superato in termini di ricavi quello della fonia. Le reti mobili 3G sono diventate popolari grazie alla capacità degli utenti di accedere a Internet tramite dispositivi mobili e laptop. La velocità di trasmissione dei dati su una rete 3G è fino a 2 Mbps, pertanto la rete consente non solo di fare chiamate vocali, ma anche

chiamate video, trasmissione di file, navigazione in Internet, TV online, giochi e molto altro.

Il passaggio da 3G a 4G ha significato il passaggio da basse velocità di dati all'accesso mobile a Internet ad alta velocità e ha fornito un nuovo driver per la concorrenza, piuttosto che entrate aggiuntive per gli MNO. I key requirements del 4G hanno specificato velocità di servizio 4G di picco di 100 Mbps per comunicazioni ad alta mobilità (come treni e automobili) e 1 Gbps per comunicazioni a bassa mobilità (come pedoni e utenti fissi). Un sistema 4G non solo fornisce servizi voce e altri 3G, ma fornisce anche accesso alla rete a banda ultra-larga ai dispositivi mobili. Le applicazioni variano da telefonia IP, televisione mobile HD, videoconferenza a servizi di gioco e cloud computing. Esistono due tecnologie 4G: evoluzione a lungo termine (LTE) e interoperabilità mondiale per l'accesso a microonde (WiMAX).

Il passaggio dal 4G al 5G, invece, non è poi più così lineare. Infatti, è sbagliato vedere il 5G come un upgrade delle funzionalità 4G con nuovi sistemi di accesso e core, maggiore banda, migliori prestazioni e ridotti consumi. Il 5G è stato previsto per fornire agli utenti di dispositivi mobili ciò che alcuni autori hanno definito un'esperienza "simile a una fibra". In una frase, il 5G si preannuncia come un’innovativa piattaforma di rete e servizi end-to-end capace di soddisfare le future richieste dei mercati consumer e business della Società Digitale. Il 5G è presentato come una “rivoluzione sistemica”, espressione della maturazione e della convergenza di una serie di trend tecnico-economici, quali: la diffusione e “trasparenza” dell’accesso ultra-broadband fisso-mobile, lo straordinario aumento delle prestazioni dei sistemi hardware (accompagnato dal contemporaneo abbattimento dei costi), la diffusione di soluzioni e piattaforme software in open source, l’evoluzione del Cloud Computing verso Edge e Fog Computing, i progressi dell’Intelligenza Artificiale e lo sviluppo di terminali, e smart things, sempre più potenti in termini di capacità di comunicazione, elaborazione e memorizzazione.

È bene precisare che dal punto di vista tecnico, la tecnologia 5G non prevede un semplice aggiornamento o rinnovamento delle attuali reti radiomobili ma di fatto obbliga gli operatori a riprogettare completamente l’infrastruttura di rete e a ripensare la tipologia e la qualità dei servizi offerti prima ancora che si sia costituita una concreta domanda per gli ambiti applicativi che devono utilizzarli. Questa è una

novità non trascurabile e disegna una netta demarcazione tra il mercato delle comunicazioni radiomobili prima e dopo il 5G. Il lavoro viene svolto cercando di coinvolgere come requisiti e use case le industrie verticali, modificando il processo tradizionale del mondo delle telecomunicazioni.

A differenza delle precedenti generazioni di reti, progettate come piattaforme di connettività per scopi generici con limitate capacità di differenziazione tra i casi d'uso, il 5G mira a creare un ecosistema in grado di soddisfare le esigenze tecniche delle cosiddette "industrie verticali", come quella automobilistica, dell'energia, dei trasporti, sanitaria, industria 4.0, intrattenimento e media. Dal punto di vista commerciale, questo nuovo mercato che fornisce capacità di rete personalizzate accelererà la domanda di servizi 5G e consentirà modelli di business innovativi e fonti di entrate diverse dalle sottoscrizioni a banda larga che giustificherebbero gli investimenti.

1.2 Perché il 5G è necessario?

Quindi, se il 4G offre già una banda larga mobile decente, c'è davvero bisogno del 5G? Sì, e ciò è dovuto a diversi motivi. Quando fu sviluppato il 4G, la banda larga mobile era il driver principale. Per il 5G, la banda larga mobile è ancora un driver importante, ma insieme a requisiti ulteriori come maggiore affidabilità, minore latenza, maggiori produttività, volume di dati e mobilità (Rost et al., 2014). In futuro si prevede che i sistemi 5G offriranno guadagni significativi rispetto al 4G in termini di velocità dati più elevate, livelli di connettività molto migliori e migliore copertura (Ch´avez-Santiago et al., 2015). Nel complesso, la necessità di aumentare la capacità della rete è la sfida principale che il 5G deve risolvere. Negli ultimi anni c'è stata un'enorme crescita nell'uso di Internet wireless e non ci sono segni che questa straordinaria crescita rallenterà; poiché la crescita della domanda lo richiede continuano ad aumentare sia le velocità dei dati degli utenti sia la capacità della rete. La crescita del traffico dati in aggiunta al crescente volume di dispositivi collegati rende necessaria l'evoluzione di LTE verso il 5G (Yazici et al., 2014). Rost et al. (2014) hanno riassunto i seguenti motivi per i quali aumenta la domanda di dati mobili:

- Più dispositivi connessi (soprattutto a causa dell'Internet of Things).

- I dispositivi collegati sono più potenti e più complessi di prima.
- I servizi richiesti sono diversi, più complessi e più affamati di velocità e quindi di larghezza di banda.
- I terminali utente vengono utilizzati come gateway per accedere ai servizi cloud.

L'uso della tecnologia wireless è esploso, con una crescita del 92% della banda larga mobile all'anno dal 2006 (Wang et al., 2014). Con la crescita esistente, saranno presto raggiunti i limiti di capacità delle reti mobili esistenti. Dato che le reti 4G di oggi non saranno in grado di gestire la quantità prevista di traffico in futuro, è necessario il 5G per superare i limiti degli attuali sistemi (Nokia, 2014). Per ottenere un aumento significativo della capacità di un sistema wireless, è necessario un numero maggiore di nodi di infrastruttura wireless, l'aumento dell'uso dello spettro radio e il miglioramento dell'efficienza del collegamento (Bhushan et al., 2014). Yazici et al. (2014) descrivono il costo e la rigidità delle attrezzatture sottostanti le reti e la complessità delle soluzioni per il piano di controllo delle reti stesse, come fattori che ne rendono difficile migliorarne la capacità, per soddisfare le richieste del mercato.

Stante queste premesse, la strategia per la crescita della capacità e delle prestazioni del 5G deve essere economicamente sostenibile.

Per l'operatore ciò significa che dovrebbe offrire una copertura e un'esperienza utente sempre migliori, a un costo inferiore rispetto ai sistemi wireless esistenti, incluso LTE (Bangerter et al., 2014). Poiché i lavori su questa strategia sono in corso e il periodo di transizione al 5G è avviato, Bangerter et al. (2014) dichiarano che l'era del 5G è di fatto già iniziata. Questa è una parte naturale dell'evoluzione della rete in quanto la tecnologia 4G è maturata negli anni da quando è stata lanciata per la prima volta.

Ci stiamo muovendo verso una società in rete, dove ci sarà un accesso illimitato alle informazioni. La condivisione dei dati sarà disponibile per tutti e ovunque. Questo cambiamento implica che i futuri sistemi mobili dovranno gestire sfide e aspettative molto diverse rispetto ai sistemi esistenti (Olsson et al., 2013). Lo scopo principale del 5G è progettare una società completamente mobile e connessa (NGMN, 2014) e il miglior mondo wireless, esente dalle limitazioni e dagli ostacoli

delle generazioni precedenti (Hossain, 2013). Il 5G è inoltre posizionato per potenziare le trasformazioni socioeconomiche in molti modi diversi, comprese le trasformazioni in termini di produttività, sostenibilità e benessere (NGMN, 2014). Rispetto al concetto di 4G incentrato sul servizio, si presume che il 5G sia incentrato sull'utente, ovvero l'utente sarà in cima a tutto (Janevski, 2009).

1.3 Le tre dimensioni del 5G

Per aiutare a comprendere quanto il 5G sia differente rispetto alle reti precedenti possiamo dire che il mondo 4G attuale è ad una sola dimensione, quella della velocità di trasferimento. Il 5G sarà invece un mondo a più dimensioni, che includono il ritardo, la velocità, l'affidabilità e l'energia, all'interno del quale ci si potrà muovere in base alle esigenze dei diversi clienti.

Il 5G è la prima generazione tecnologica che punta così direttamente alla realizzazione di benefici socio-economici, specialmente in ottica di mercato B2B e B2B2C, indirizzando specificatamente la creazione di soluzioni per le industrie verticali.

Per visualizzare questa novità del 5G da un punto di vista puramente tecnologico, è stato proposto dall'ITU (International Telecommunication Union) e da altri enti di standardizzazione internazionali (3GPP, GSMA, NGMN) un triangolo da interpretare come uno schema che definisce le tre principali modalità operative del sistema (Figura 2):

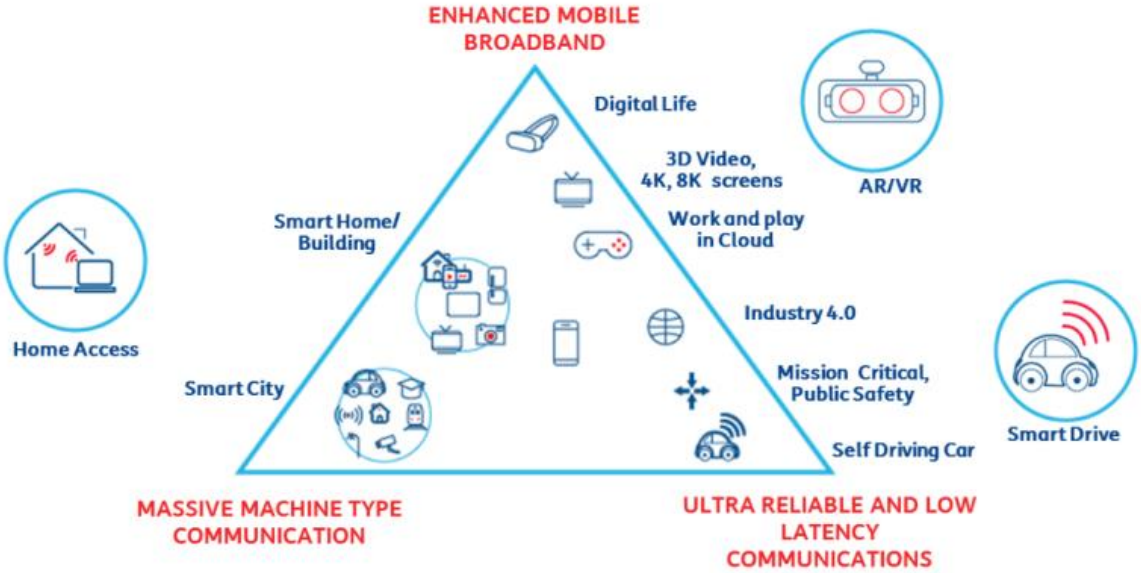

Figura 2: Le tre direttrici di sviluppo del 5G

1. Enhanced Mobile Broadband (eMBB): è la prima dimensione di sviluppo del 5G, vista come un upgrade delle precedenti generazioni, e consente l'accesso ad Internet a banda ultralarga.

   Tre aspetti chiave dell'EMBB guideranno l'adozione e la creazione di valore nell'economia del 5G:

   - Il primo aspetto è una maggiore capacità con accesso a banda larga, permettendo l'estensione della copertura cellulare in una gamma più ampia di strutture tra cui edifici per uffici, parchi industriali, centri commerciali e grandi spazi. L'accesso a banda larga deve essere disponibile ovunque per fornire una user experience coerente.
   - Il secondo è una migliore capacità di gestire un numero significativamente maggiore di dispositivi che utilizzano elevati volumi di dati, specialmente nelle aree localizzate. Questi miglioramenti della rete consentiranno una trasmissione dei dati più efficiente, con un conseguente costo per bit inferiore per la trasmissione dei dati, che costituirà un driver importante per un maggiore utilizzo delle applicazioni a banda larga sulle reti mobili.
   - Il terzo aspetto è una maggiore mobilità degli utenti, ovvero l'estensione dei servizi mobili a banda larga ai veicoli in movimento, tra cui automobili, autobus, treni e aerei.

   L'insieme di questi tre aspetti permette di offrire servizi broadband con supporto di maggior velocità di banda ed una maggiore densità di connessioni.

   Giusto per fare un piccolo confronto, si passa da un peak rate di 1 Gbps in LTE ad uno di 20 Gbps in 5G. Quest'ultima tecnologia utilizza onde radio ad altissime frequenze, fino a 300 GHz, mentre le reti attuali sono comprese entro i 5 GHz. Sono queste alte frequenze il motivo dell'aumento di velocità, ma allo stesso tempo rendono la propagazione del segnale più difficile, perché maggiormente sensibili agli ostacoli fisici. Ciò significa che per una copertura capillare ci vorranno molti più ripetitori, ma non è detto che "servano". Con velocità di picco così elevate infatti, anche in presenza di un segnale più debole, l'utente potrebbe non accorgersi della differenza.

Tale tecnologia contribuirà a sviluppare i casi d'uso della banda larga mobile odierna come i media e le applicazioni AR / VR emergenti, UltraHD o streaming video a 360 gradi e molti altri.

2. Massive IoT (o massive Machine Type Communication, mMTC): rappresenta i servizi dell'IoT "massivo" cioè un gran numero di oggetti, sensori, attuatori da collegare in un'area ristretta. Tale aspetto è molto importante in quanto ci si aspetta che nel giro di pochi anni il numero di oggetti connessi supererà di ordini di grandezza il numero di esseri umani.

   Il 5G, in questo scenario, si baserà su investimenti precedenti in applicazioni M2M e IoT tradizionali per consentire aumenti significativi nelle economie di scala che guidano l'adozione e l'utilizzo in tutti i settori. I requisiti a bassa potenza migliorati dal 5G, la capacità di operare in uno spettro con licenza (rispetto a teconolgie alternative su bande non licenziate) e la sua capacità di fornire una copertura più profonda e più flessibile comporteranno costi significativamente più bassi all'interno delle impostazioni MIoT (Massive IoT). Ciò a sua volta consentirà la scalabilità di MIoT e guiderà una maggiore diffusione delle tecnologie mobili per le applicazioni MIoT.

   Fino ad oggi, la tecnologia utilizzata dall'operatore su frequenze licenziate è il Narrow Band IoT (NB-IoT), ovvero una piccola porzione di banda 4G dedicata ad applicazioni IoT e M2M come smart metering, logistica integrata, sanità digitale e Industry 4.0. Con tale tecnologia vi è la possibilità di connettere fino a 60.000 sensori per kilometro quadrato, mentre con l'avvento del 5G c'è un notevole upgrade arrivando ad una connessione potenziale di un milione di dispositivi per kilometro quadrato.

   Inoltre, grazie a questa tecnologia, è possibile ottimizzare la gestione della rete in occasione di grandi eventi quali concerti, partite di mondiali, in cui la densità delle connessioni è elevatissima.

3. Critical Communications (Ultra-Reliable-Low Latency Communication, URLLC):

   i Mission Critical Services (MSC) rappresentano una nuova opportunità di mercato per la tecnologia mobile. Questa significativa area di crescita per il 5G supporterà le applicazioni che richiedono elevata affidabilità, connettività a latenza ultra-bassa con una forte sicurezza e indici di disponibilità. Ciò consentirà alla tecnologia wireless di fornire una connessione ultra-affidabile

paragonabile a connettività fisse per supportare applicazioni come veicoli autonomi e il funzionamento remoto di apparecchiature di automazione complesse in cui il guasto non è un'opzione. Ultra reliable, infatti, vuol dire fondamentalmente che la connessione radio 5G si comporta in tutto e per tutto come una fibra ottica.

Parlando di numeri, una rete mobile ad oggi è affidabile al 95% dei casi. Quindi, anche se c'è copertura, nel 5% dei casi si ha una probabilità di perdere la connessione. Invece, col 5G, si parla di una affidabilità che può arrivare al 99,999999%. La radio 5G funziona in tutto e per tutto come il filo o come la fibra.

Permette dunque di avere comunicazioni ultra-affidabili a bassa latenza con requisiti rigorosi, in particolare in termini di ritardo. Si passa così da una latenza in termini di risposta, di 20 millisecondi in 4G ad una di 1ms in 5G. Grazie a questo scenario sarà possibile abilitare tutte quelle applicazioni che necessitano di una risposta immediata come ad esempio il monitoraggio di infrastrutture critiche, public safety e nuovi servizi con elevate necessità di sicurezza ed affidabilità. Un esempio lampante è la guida autonoma (Figura 3).

Figura 3: Gli elementi dell'upgrade 5G

1.4 Tecnologie chiave a sostegno del 5G

Nelle reti 5G, la tecnologia e i modelli di business sono più intrecciati che mai. Le prestazioni "simil-fibra" promesse non saranno soddisfatte solo progettando una migliore interfaccia radio, ma l'intera infrastruttura dovrà raggiungere livelli di flessibilità senza precedenti per ottimizzare l'utilizzo delle risorse di rete che sono molto più scarse che nelle infrastrutture fisse. Sull'interfaccia aerea saranno richiesti un elevato grado di densificazione della rete, tecnologie di accesso multi-radio, uno spettro di onde millimetriche e un numero maggiore di flussi di comunicazione paralleli attraverso un massiccio MIMO.

Ci saranno, dunque, tecnologie che in prima linea caratterizzeranno il 5G e che permetteranno di raggiungere i requisiti richiesti, come il Network Slicing, il beamforming, il massive MIMO, l'NFV e l'SDN.

1.4.1 Tecnologie caratterizzanti il 5G

1.4.1.1 Network slicing

La multi-tenancy è uno dei nuovi concetti che possiamo trovare abbinato alla definizione del 5G. La maggiore capacità di condivisione delle risorse delle reti 5G può introdurre nuove interazioni e modelli di business. L'attuale stato dell'arte degli schemi di condivisione della rete consente solo interazioni tra gli MNO (Mobile Network Operator) sotto forma di investimenti o di affitti.

In futuro, invece, le reti 5G dovranno quindi essere reti multi-tenancy. Il 5G dovrà supportare servizi molto diversi, ognuno con propri requisiti in termini di prestazioni, scalabilità e disponibilità. Questi servizi dovrebbero essere creati rapidamente, preferibilmente da coloro che sono interessati a commercializzarli. In altre parole, sarebbe opportuno che le reti mobili potessero essere noleggiate da diversi fornitori di servizi, ognuno dei quali offre un servizio diverso.

Ciò richiede che le reti mobili 5G possano essere rapidamente suddivise in diverse sotto-reti indipendenti, chiamate sezioni di rete. Ogni fetta di rete verrebbe quindi configurata in base ai requisiti posti dal servizio che fornirà. Nella suddivisione in rete, i ruoli di provider di connettività e provider di servizi sono separati. L'operatore di telefonia mobile sarebbe responsabile della fornitura di servizi di connettività, sebbene possa continuare a svolgere entrambi i ruoli.

Il network slicing consente agli operatori di rete di aprire la propria piattaforma di infrastruttura di rete fisica alla distribuzione simultanea di più reti logiche autonome, orchestrate in modi diversi in base alle loro specifiche esigenze di servizio. Pertanto, una fetta di rete sarà composta da una raccolta di funzioni di rete 5G e impostazioni di tecnologie di accesso radio combinate per il caso d'uso specifico di un'azienda (Figura 4).

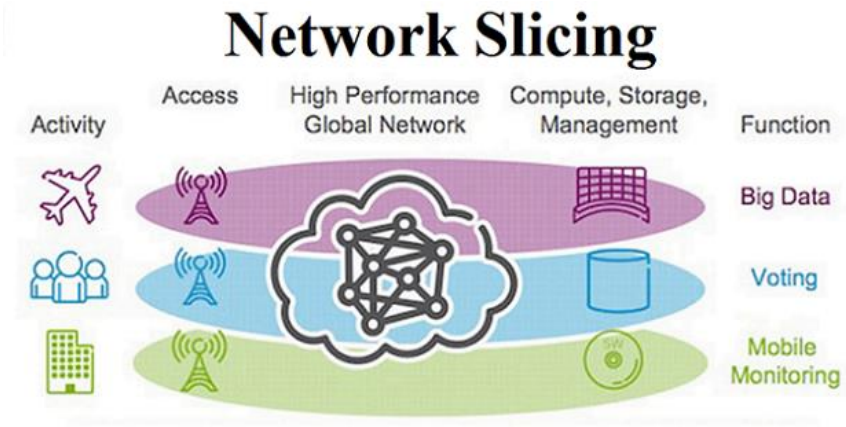

Figura 4: Network slicing

Quindi, con il network slicing, ogni servizio, come l'automotive, il mobile broadband, l'haptic internet, possono essere forniti da diverse istanze di slice di rete. In questo modo è possibile fornire requisiti molto eterogenei sulla stessa infrastruttura poiché diverse istanze di sezioni di rete possono essere orchestrate e configurate separatamente in base ai loro requisiti specifici, ad esempio in termini di qualità del servizio offerto (SLA, "Service Level Agreement"). Inoltre, ciò è eseguito in modo efficiente in termini di costi poiché tutti tenants condividono la stessa infrastruttura fisica.

1.4.1.2 Massive MIMO con beamforming

Prima di spiegare cosa sia il Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output) è importante comprendere la tecnologia alla base del MIMO tradizionale. La configurazione MIMO in pratica utilizza più antenne che si trovano sia alla sorgente (trasmettitore) sia alla destinazione (ricevitore). Queste antenne sono collegate per minimizzare l'errore ed aumentare l'efficienza di una rete. Sebbene il MIMO venga già utilizzato in molte applicazioni, dall'LTE al Wi-Fi, il numero di antenne utilizzate è ancora limitato.

La rete di accesso radio 5G realizzerà un enorme MIMO in "piccole celle macroassistite", in cui la cella macro utilizza le bande inferiori per fornire il traffico sul piano di controllo in modo omnidirezionale e le celle piccole utilizzano la banda mmWave per trasportare il traffico sul piano utente utilizzando fasci altamente direttivi (massive-MIMO). Il massiccio MIMO è una tecnologia fondamentale per il 5G, specialmente se utilizzato su frequenze d'onda millimetriche. A tali frequenze, possono essere fattibili array con diverse centinaia di elementi radianti. Un numero così elevato di elementi può essere utilizzato per produrre fasci ad alta potenza molto stretti per contrastare la perdita di segnale sul percorso o aprire la possibilità di implementare MIMO MultiUser (MU-MIMO) di ordine superiore per aumentare la capacità delle piccole celle (Figura 5).

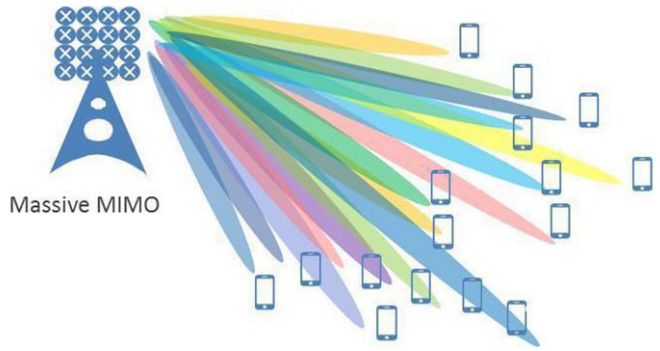

Figura 5: Massive MIMO and beamforming

L'utilizzo di questa tecnologia permette di utilizzare il beamforming orizzontale e verticale. In poche parole, questo vuole dire che è possibile indirizzare il segnale in qualsiasi direzione, in modo da raggiungere un determinato utente che ha accesso alla rete. Questo rappresenta un miglioramento in efficienza per gli operatori che

attivano il segnale solo se è necessario, permette di combattere le interferenze e porta ad una riduzione dei costi in termini di energia. Inoltre, a differenza delle precedenti tecnologie, è possibile indirizzare il fascio anche verticalmente e quindi, ad esempio, al piano cento di un grattacielo.

1.4.1.3 NFV e SDN

Al fine di raggiungere i requisiti di scalabilità, flessibilità, agilità e programmazione delle reti mobili 5G si stanno sviluppando due tecnologie chiave: la Network Function Virtualization (NFV) e la Software Defined Networking (SDN).

Di recente, i concetti di “virtualizzazione delle funzioni di rete” e di “rete definita dal software” hanno acquisito molta visibilità nel settore delle telecomunicazioni. Sebbene i due concetti siano indipendenti e abbiano origini distinte, hanno una relazione complementare, che offre vantaggi significativi quando vengono utilizzati congiuntamente. Insieme, queste due tendenze evolutive hanno il potenziale per produrre un cambiamento radicale nel modo di costruire, mantenere e controllare le reti di telecomunicazione. Da una prospettiva generale, NFV può essere inteso come l'insieme di tecnologie che supportano la virtualizzazione delle funzioni di rete. Ciò significa che le funzioni che tradizionalmente dipendevano da piattaforme hardware specifiche e proprietarie possono migrare verso un'infrastruttura cloud e avere il loro ciclo di vita gestito e controllato in una prospettiva simile, cioè attraverso il self-service e con una rapida elasticità.

Ciò semplifica il bilanciamento del carico e lo spostamento delle funzioni tra le risorse hardware distribuite. Con aggiornamenti continui gli operatori possono mantenere le applicazioni in esecuzione sul software più recente senza interruzione per i propri clienti. D’altra parte, l’SDN è in fase di sviluppo al fine di rendere programmabili i servizi di connettività forniti dalle reti 5G, in cui i flussi di traffico possono essere guidati e gestiti in modo dinamico, al fine di ottenere i massimi benefici in termini di prestazioni. L’infrastruttura di rete acquisterà così una nuova “plasticità” tale da renderla capace di adattarsi rapidamente ed in maniera efficace alle richieste del mercato: infatti, l’Operatore di rete passerà dal dover gestire apparati e sistemi chiusi (con software proprietario e l’hardware specializzato) al gestire un modello con due livelli di definizione, quello hardware e quello software.

Il software diventa sempre più open source e l'hardware di tipo standard, quindi a costi sempre più bassi.

1.4.1.4 CUPS ed Edge Compunting

Come si vedrà nel capitolo 4, per applicazioni come il controllo da remoto o di IoT massivo, la tecnologia 5G a bassissima latenza, altissima affidabilità e a connessione massiva sarà possibile averla solo se saranno abilitati questi due tipi di soluzioni tecnologiche/architetturali:

- *Separazione del Control Plane e dello User Plane (CUPS)*
- *Mobile Edge Computing (MEC)*

Prima di spiegare perché è fondamentale la separazione dello user plane e del control plane, è fondamentale introdurre questi due concetti.

Entrambi sono due elementi fondamentali della core network (CN):

- Il piano dati (UP, a volte noto come piano utente, piano di inoltro, piano portante o piano portatore) trasporta il traffico dell'utente della rete, ovvero riguarda tuti i contenuti inviati/ricevuti dall'utente come messaggi testo, voce, foto, video, siti web, etc.
- Il piano di controllo (CP) trasporta il traffico di segnalazione attraverso i diversi nodi e determina il cammino dei dati che sono trasferiti tra i vari utenti. Il control plane contiene tutti i dati che riguardano la gestione della rete, come username, password, chiavi di autenticazione, fatturazione, etc.

Sostanzialmente, la parte di gestione della rete, e quindi di control plane, rimane in un sito centralizzato, mentre il traffico dati è ridotto notevolmente in quanto rimane circoscritto il più vicino possibile all'utente (Figura 6).

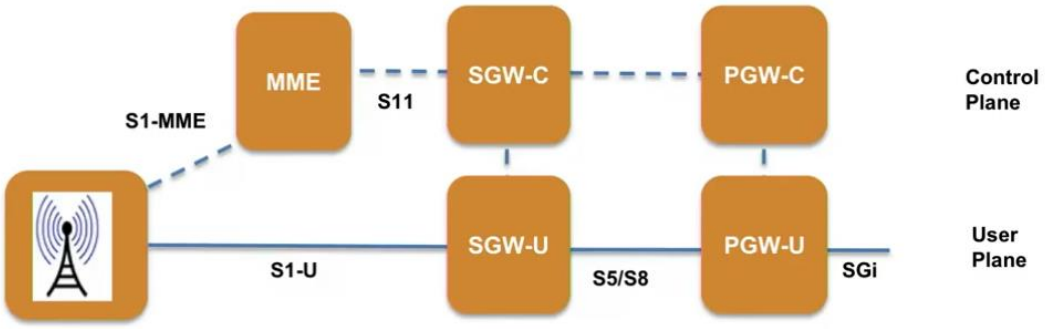

Figura 6: Control and user plane split

Fattori di rete come un maggiore utilizzo del video mobile, aumento della media per utente e un numero crescente di dispositivi sulla rete, sono chiari driver per un'ulteriore innovazione sulla separazione tra controllo e piani utente. Inoltre, gli operatori che possiedono e gestiscono queste reti sono sottoposti a pressioni crescenti per:

1. Ridurre i costi CapEx e OpEx all'aumentare della domanda di traffico e le entrate medie per utente (ARPU): il CUPS consente agli operatori di ottimizzare i costi del data center ospitando il piano di controllo e il piano utente in diverse posizioni geografiche, nonché di risparmiare sui costi di backhaul terminando i dati ai margini della rete;
2. Respingere le minacce della concorrenza da parte di giocatori nuovi e agili, come i venditori OTT;
3. Espandersi in settori nuovi e diversi come le imprese.

Un elemento evolutivo introdotto dal 5G è la capacità di supportare servizi che richiedono bassa latenza, anche in condizioni di piena mobilità. A tal fine l'elaborazione dei dati relativi queste applicazioni deve avvenire all'edge della rete, secondo il paradigma del MEC (*Multi-access Edge Computing*). Il paradigma che sta emergendo, dunque, è l'Edge Computing il quale prevede uno spostamento dei siti all'Edge della rete quindi più in periferia e vicino alle sorgenti dei dati. Questo spostamento consente ai clienti di avere elaborazioni più veloci, perché realizzate in periferia e quindi una riduzione della latenza nella fruizione del servizio, e agli operatori di ridurre la sempre crescente richiesta di banda in upload per il caricamento dei dati in Cloud e di gestire in modo più efficiente sorgenti locali di traffico. Questo approccio è di particolare rilevanza per gli Operatori Telco, perché permette di valorizzare la capillarità della loro infrastruttura e la ricchezza dei dati raccolti. A livello di standard il MEC (Multi Access Edge Computing, gruppo attivo in ambito ETSI) ha definito un'architettura che fornisce capacità computazionale ai bordi della rete (Figura 7).

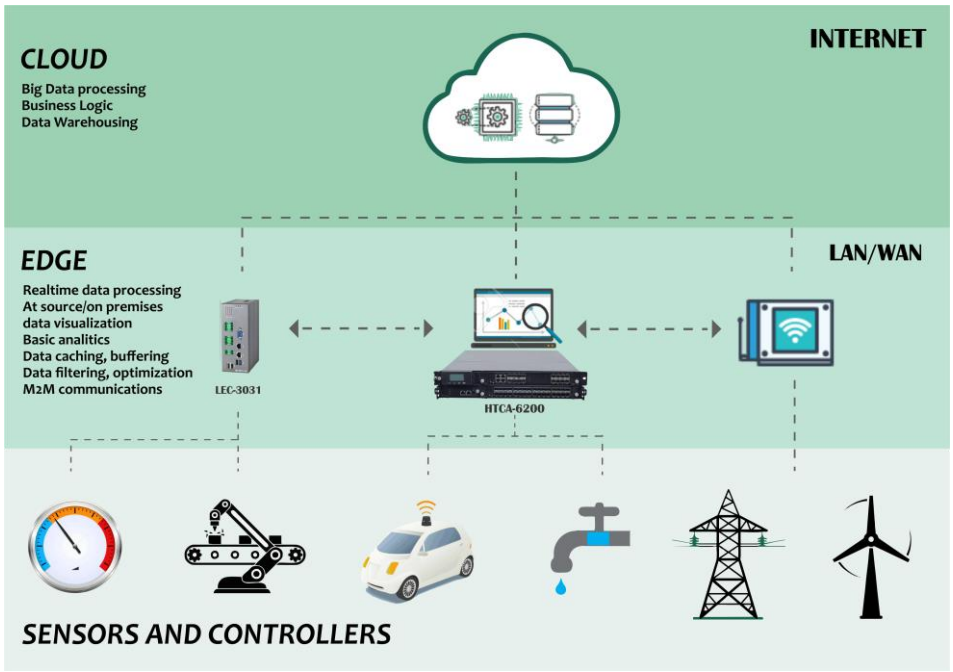

Figura 7: Differenza tra edge e cloud computing

L'unione delle due soluzioni tecnologiche, ovvero del CUPS e del MEC permette dunque di raggiungere quei requisiti richiesti dall'URLLC per ottenere le prestazioni desiderate. Infatti:

- Permette di accelerare i flussi di dati, che vengono elaborati **in tempo reale** senza latenza;
- Consente alle applicazioni e ai dispositivi smart di rispondere ai dati quasi istantaneamente, già in fase di creazione, **eliminando così i ritardi;**
- Consente di ridurre l'utilizzo della larghezza di banda Internet, **eliminare i costi** e garantire un uso efficace delle applicazioni in posizioni remote;
- Permette di elaborare i dati senza mai trasferirli nel cloud pubblico aggiunge un livello di **sicurezza** utile per i dati sensibili. Questo elemento è molto importante perché garantisce al cliente che i dati rimangono sempre privati, chiusi in casa cliente.

1.5 Is 5G disruptive?

Le tecnologie e le innovazioni disruptive creano spesso un nuovo market value in modo inaspettato, sia in modo indipendente, sia attraverso la combinazione con standard e protocolli esistenti (Andrews et al., 2014; Boccardi et al., 2014). Quando si parla delle loro applicazioni, le tecnologie disruptive tipicamente sono più economiche e di prestazioni inferiori, ma coinvolgono funzionalità che potrebbero fornire vantaggi competitivi in futuro. D'altra parte, gran parte degli studi empirici ha dimostrato che l'innovazione disruptive non deve essere necessariamente di qualità inferiore. Infatti, questo è il caso del 5G.

Mentre il 4G è stato considerato come una innovazione incrementale dei suoi predecessori (2G e 3G), le design features e le key technologies hanno indicato il 5G come una innovazione disruptive. Di conseguenza, il 5G creerà nuovi valori di mercato, in cui nuovi servizi e applicazioni emergeranno in modo inaspettato. Pertanto, ci si attende che i policy makers debbano affrontare sfide significative nell'attuazione del 5G nei rispettivi Paesi.

Lo sviluppo del 5G è opera di una R&D globale, che sta coinvolgendo l'intero mondo della ricerca e l'intero mercato. Sotto l'ente di standardizzazione ITU, il 5G è stato etichettato come IMT-2020. Tuttavia, nonostante gli standard non siano ancora definiti in modo maturo, tutti hanno mostrato un consenso sulle visioni del 5G. Sarà comunque necessario l'intervento di un ente regolatorio nazionale che regoli il cambiamento tecnologico dal 4G al 5G in quanto "i determinanti del cambiamento tecnico non possono essere separati dal cambiamento istituzionale" (Mansell, 1998). Pertanto, è importante che un policy maker anticipi e prepari l'avvento della nuova tecnologia, in modo che venga rapidamente adottata dal mercato.

1.6 La roadmap generale 3GPP per lo standard 5G

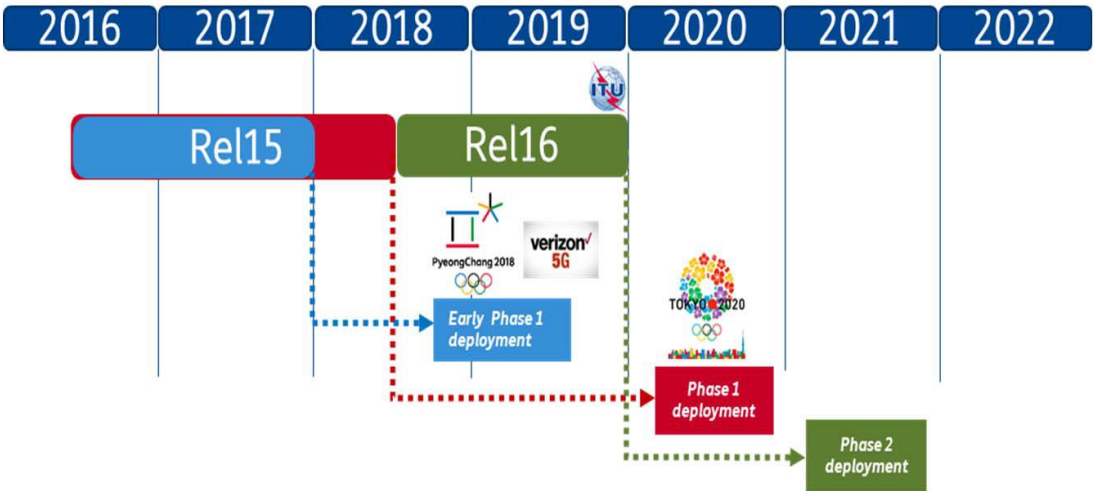

Figura 8: Roadmap degli standard

Le tempistiche dei rilasci dello standard 5G, i cui lavori sono stati avviati in 3GPP già nel 2015, sono state condizionate principalmente da due fattori:

- Un fattore procedurale legato all'ambizione di portare in ITU-R le specifiche del nuovo sistema, affinché potessero rientrare nella famiglia dei sistemi "IMT-2020", entro il 2020.
- Un fattore di mercato legato alla necessità di dispiegare già al 2020 soluzioni tecnologiche standard e globali, per farsi trovare pronti in occasione dei giochi olimpici 2020 a Tokyo.

Il piano lavori (Figura 8) ha conciliato le esigenze ITU-R e di mercato, prevedendo un primo rilascio di specifiche (fase 1) per poter permettere lanci tattici e commerciali già tra il 2018 ed il 2019 ed un secondo rilascio (fase 2), incrementale rispetto al precedente, per il completamento di tutte le funzionalità 5G da includere nelle Raccomandazioni ITU-R IMT-2020. Rispetto alle ormai note categorie di use case ITU-R, la fase 1 si è quindi concentrata prevalentemente sull'abilitazione di scenari di servizio di tipo eMBB, grazie alle evoluzioni dell'accesso radio LTE, all'introduzione della nuova interfaccia radio NR ("New Radio") e alla nuova core network 5G. Obiettivo della fase 2 è invece quello di completare il sistema della fase 1 con tutti gli abilitatori mancanti per la realizzazione dei rimanenti use case URLLC e mMTC.

1.6.1 Release 15

La fase 1 del 5G, o Release 15, inizialmente pianificata per giugno 2018, è stata ulteriormente spacchettata in tre rilasci incrementali: Early Drop (finalizzato a dicembre 2017), Regular Drop (completato a giugno 2018) e Late Drop (previsto per marzo 2019). L'Early Drop è stato concepito per poter dispiegare velocemente il nuovo accesso radio (NR) senza dover dispiegare anche una nuova core network ("option 3" nel gergo 3GPP, Figura 9). Infatti, in tale scenario, la New Radio 5G non viaggia ancora su una rete in 5G poiché ancora non realizzata, ma si integra nell'architettura di rete 4G (detta anche EPC, "Evolved Packet Core"). Sfruttando la capacità delle NR di operare a frequenze molto elevate (ad esempio nell'intorno di 30 GHz), questo scenario permette di raggiungere velocità di trasmissione di alcuni Gbps in microcelle.

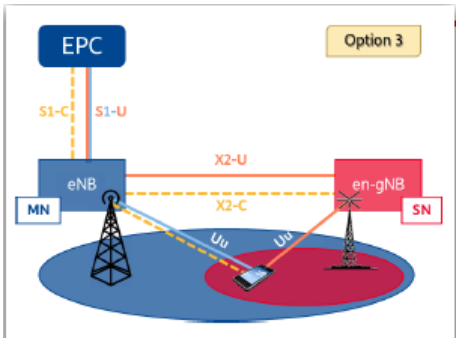

Figura 9: Opzione 3, prima architettur del RAN 5G

Il Regular Drop definisce i fondamenti della nuova core network 5G (5GC), il supporto nativo del network slicing, l'allocazione flessibile dei gateway di user plane a supporto di schemi di comunicazione di tipo edge computing e l'integrazione nativa di accessi non-cellulari (es. hotspot Wi-Fi).

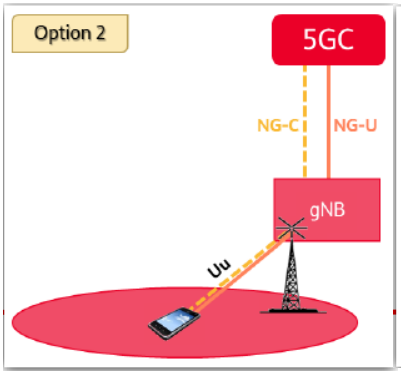

Figura 10: Opzione 2, configurazione 5G stand alone

Figura 11: Opzione 5, configurazione 4G stand alone

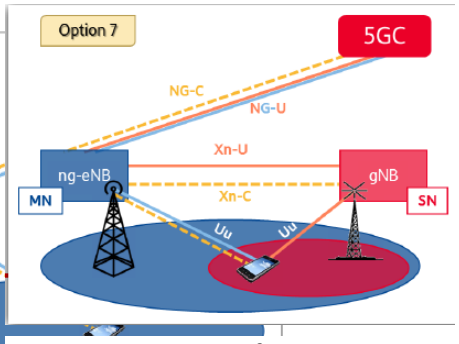

Figura 12: Opzione 7, configurazione non stand alone

Gli scenari di accesso prevedono che sia i nodi radio NR ("option 2", antenna 5G collegata alla rete 5G, Figura 10), sia quelli LTE ("option 5", antenna LTE collegata alla rete 5G, Figura 11) possano connettersi alla 5GC in modalità SA (Standalone), ovvero i due accessi radio diventano indipendenti l'uno dall'altro. Viene inoltre definita la tecnologia NFV (Network Function Virtualization) che realizza nuovi

modelli di virtualizzazione di rete dove le funzioni sono componenti software che girano su sistemi cloud e non più su hardware dedicato.
Il Late Drop, infine, non comporta modifiche alla core network ma aggiunge solo, agli scenari precedenti, il collegamento delle NR e delle antenne LTE alla rete core 5G, in configurazione Non-Standalone ("option 7", Figura 12).

È opportuno sottolineare come le date dei "Drop" della fase 1 sopra riportate corrispondano più ad un complemento formale che sostanziale delle attività di specifica. La portata estremamente innovativa dei contenuti della Release 15 ha infatti determinato alcuni ritardi significativi nella tabella di marcia inizialmente prevista, soprattutto per quanto riguarda la finalizzazione degli aspetti del nuovo accesso radio.

1.6.2 Release 16

La seconda fase di specifica del 5G (Release 16) è concentrata su due filoni di attività:

- Espansione verso nuovi settori applicativi in parte già indirizzati dal 4G con tecnologie quali il NB-IoT ("NarrowBand-IoT") ed il C-V2X ("Connected-Vehicle to X"), rispettivamente per l'IoT e l'Automotive.
  La standardizzazione 5G indirizza questi scenari d'uso facendo leva sulle caratteristiche di programmabilità, automazione, apertura della nuova core ed espansione di alcune funzionalità di rete. Abilitatore importante di tale processo di espansione del business risulta essere anche l'evoluzione dei sistemi di management, verso una gestione di rete sempre più automatizzata e proattiva, soprattutto per quanto riguarda il controllo degli SLA ("*Service Level Agreement*") delle network slice offerte a Clienti di tipo Vertical.
- Miglioramento delle prestazioni ("enhancement") rispetto a quanto specificato in Release 15.

Questo è un normale processo in 3GPP, in quanto, a valle della definizione di un nuovo set di funzionalità (in questo caso, l'interfaccia radio NR e la nuova core network 5G), si procede ad ulteriori ottimizzazioni per rendere il sistema sempre più efficiente e performante. Il 3GPP, con la Release 16 permetterà ai moduli NB-IoT di attestarsi alla nuova core, che è stata aggiornata per introdurre prestazioni di

ottimizzazione della segnalazione, efficienza energetica, gestione “in bulk” di gruppi di moduli, esposizione controllata di capability ed eventi di interesse per i Clienti Business.

Tra le novità assolute della Release 16, vi sono le funzionalità a supporto di applicazioni Industrial IoT, che richiedono tipicamente elevata affidabilità, bassissima latenza, localizzazione e sincronizzazione molto accurate (caso delle comunicazioni URLLC). Altra novità prevista dalla Release 16 è la realizzazione di reti di comunicazione all’interno di impianti industriali a supporto della digitalizzazione di tutti i processi produttivi nella fabbrica. Inoltre, sono in definizione nuove soluzioni architetturali per dispiegamenti locali ed isolati di reti 5G su accesso radio NR con logiche che favoriscono l’uso del 5G anche da parte di nuovi soggetti non-Telco tradizionali (ad esempio, tramite spettro licenziato allocato al proprietario di uno stabilimento industriale). La scelta del modello da dispiegare dipenderà delle specificità e dei requisiti di ciascun cliente Vertical.

Per quanto riguarda gli aspetti di ottimizzazione delle prestazioni radio, il 3GPP prevede di specificare ottimizzazioni della tecnologia massiva MIMO (“Multiple Input Multiple Output”), aspetto critico per permettere il funzionamento delle reti a frequenze molto elevate, ovvero a 28 GHz.

1.6.3 Release 17

Attualmente le attività di specifica della fase 2 del 5G sono concentrate sul completamento dei lavori per marzo 2020 ed il pieno supporto dei requisiti IMT-2020, tuttavia già si delineano aspetti che caratterizzeranno le Release successive, in particolare la Release 17 andando così ad allargare l’orizzonte di impiego del 5G. La forte novità rispetto alle precedenti Release si preannuncia esser costituita dal fatto che sempre più attori diversi da quelli tradizionali (ovvero i Vertical) portano in 3GPP i loro requisiti richiedendo soluzioni basate su tecnologie 5G 3GPP per i loro use case. Nel seguito, un breve elenco degli studi già avviati o in avvio nei prossimi mesi:

- Integrazione dell’accesso radio via satellite con la rete 5G.
- Abilitazione del multicast/broadcast su LTE e NR, a supporto di diversi scenari applicativi.

- Produzione audiovisiva: si prevede di complementare le capacità di broadcasting con soluzioni ottimizzate di latenza, affidabilità di rete, connettività e QoS per la produzione di contenuti multimediali professionali in mobilità o in studio (fabbrica audiovisiva), anche a supporto di eventi di massa e con un numero elevato di dispositivi connessi (microfoni, fotocamere, amplificatori, ...).
- Droni: ulteriori capacità di banda in uplink e di latenza ridotta permetteranno applicazioni estensive e sicure di droni telecomandati nei contesti più disparati (industria petrolifera, cinematografica, agricola, …).
- Gaming: nuovi livelli di interattività diretta tra terminali ed ottimizzazioni URLLC potrebbero abilitare esperienze di gioco in VR sempre più coinvolgenti.
- Telemedicina: saranno indirizzati i requisiti tecnici abilitanti gli use case tecnologicamente più sfidanti della sanità elettronica (es. possibilità di localizzare eventuali strumenti inseriti all'interno del corpo umano), per abilitare operazioni chirurgiche assistite da Realtà aumentata o da robot.

CAPITOLO 2

Il mercato del 5G

In questo capitolo sarà descritta l'interazione che può esistere tra il 5G e la fibra ed esaminata la convenienza di continuare ad investire nella "vecchia" tecnologia o passare solo alla nuova. Successivamente sarà analizzata la convenienza di essere il First Mover piuttosto che un follower e sarà data un'occhiata alla partnership stretta tra TIM e Vodafone per la realizzazione dell'infrastruttura 5G. Infine sarà condotta un'analisi di mercato per capire meglio qual è la situazione odierna riguardante questa nuova tecnologia.

2.1 Integrazione 5G – Fibra

La tecnologia a fibra ottica è stata a lungo utilizzata nelle reti a lungo raggio grazie alle sue elevate prestazioni su lunghe distanze in quanto il segnale può viaggiare per più di 60km senza perdere la potenza del segnale.

Negli ultimi anni sono stati aperti molti dibattiti sul fatto che il 5G possa rimpiazzare la banda ultra-larga, ovvero la fibra. Più che di sostituzione, in realtà, tutti gli esperti del settore TLC parlano di complementarietà delle due tecnologie e concordano sulla questione che è impossibile sostituire del tutto la banda ultra-larga, anche per lo sviluppo della rete 5G. È solo lavorando sinergicamente che la rete wireless 5G e la rete in fibra ottica riusciranno a fornire un'esperienza Internet più coesa su applicazioni fisse e mobili di quanto non si possa fare da sole. Le infrastrutture necessarie alla FTTH sono quindi di supporto alla connessione mobile di quinta generazione, dandole così modo di esprimere tutte le sue potenzialità.

In realtà, la fibra ottica, oltre ad aiutare le reti a soddisfare i requisiti di capacità e latenza per il 5G, è essenziale per supportare il dispiegamento di piccole cellule nelle aree urbane. In un mondo ideale, ogni telefono, sensore intelligente e dispositivo mobile dovrebbe essere direttamente collegato alla spina dorsale in fibra, ma ciò limiterebbe la mobilità dei dispositivi. Grazie alla tecnologia di rete

wireless 5G, la fibra acquisterà mobilità, e sarà così possibile colmare la breve distanza tra un dispositivo mobile e il backbone in fibra. Allo stesso tempo, grazie all'appoggio dato dalla fibra, sarà possibile implementare il 5G e raggiungere così gli obiettivi rivoluzionari caratterizzanti questa straordinaria tecnologia.

Ecco quindi che la fibra è stata definita come "l'infrastruttura portante del 5G". Per rendere chiaro il concetto dell'importanza della fibra l'Ftth Council Europe è convinto che la disponibilità della fibra dovrebbe far parte dei parametri che misurano quanto una regione è pronta al 5G.

Ronan Kelly, presidente della Ftth Council Europe, ha affermato che "la densificazione di piccole celle sarà obbligatoria per il 5G per offrire pienamente il suo potenziale. Questo processo si baserà su una maggiore densità della fibra poiché richiede la fibra per raggiungere ogni sito da cui poi inizia una cellula radio, quindi un'enorme opportunità di convergenza."

Per quanto riguarda le reti in rame o miste fibra-rame già installate, queste non sarebbero sufficienti e rappresenterebbero un collo di bottiglia. Per questo motivo gli stati europei devono accelerare sullo switch-off del rame implementando una vera strategia per la fibra e la convergenza col 5G. Solo pochi stati membro hanno una precisa strategia sul passaggio dal rame alla fibra e la migrazione sta avvenendo a macchia di leopardo, nonostante l'abbandono del rame rappresenti un vantaggio.

Solo un'infrastruttura interamente in fibra ottica, diffusa in modo capillare, potrà soddisfare adeguatamente il dispiegamento e rilegamento dei siti mobili 5G, garantendo così velocità non di megabit ma di gigabit al secondo, latenza ridotta e ampia capacità servente.

Anche se molte città in Italia sono ormai raggiunte dalla fibra ottica, esistono ancora oggettive difficoltà ad arrivare in quelle "aree bianche" o a fallimento di mercato, poco sviluppate e poco convenienti per gli investimenti. È questo uno di quei casi in cui potrebbe entrare in gioco il 5G risolvendo a tutti gli effetti la problematica in quanto è una tecnologia più semplice ed economica nell'installazione rispetto all'odierna fibra.

2.2 Investire in Fibra o in 5G?

Per quanto detto prima è impensabile tagliare gli investimenti sulla fibra per favorire esclusivamente quelli legati al 5G. L'investimento in infrastrutture è un must per vincere con il 5G. Se non venissero effettuati investimenti in un'infrastruttura in fibra profonda, alcuni Paesi potrebbero correre il rischio di rimanere indietro sull'imminente futuro del 5G e passare così da potenziali leader a semplici follower. Pertanto, i Paesi dovranno sostenere investimenti massicci e su larga scala per realizzare l'infrastruttura digitale di prossima generazione, per mirare a quella che la stessa Unione Europea ha denominato Gigabit Society, fissando precisi obiettivi di connettività entro il 2025 con l'obiettivo ultimo di abilitare una serie di nuovi servizi innovativi e pervasivi.

Secondo l'Ftth Council Europe realizzare in contemporanea le infrastrutture fisse e mobili porta un grande vantaggio. Il dirigente Erzsébet Fitori ha affermato che "pianificare in anticipo la fibra pronta per la quinta generazione mobile consente notevoli sinergie e quindi un uso più efficiente degli investimenti".

Da uno studio di Deloitte è stato previsto che in alcuni casi il costo del fiber to 5G può essere virtualmente eliminato, portando ad un abbattimento della spesa totale per il 5G nell'ordine del 50%. L'extra investimento necessario per rendere una rete Ftth "ready for 5G" (anche per elevate densità di celle) è stimato fra il +1% e il +7%. Ciò significa che con una distribuzione Ftth intelligente e a prova di futuro, il costo delle fibre relative a una distribuzione 5G può essere virtualmente quasi eliminato. Questi risultati sono di fondamentale importanza per qualsiasi investitore in fibra ottica che cerchi di pensare in anticipo e monetizzare sul 5G con un investimento di fibre extra.

Il 5G, infatti, non sarà la prossima generazione di reti mobili ma la rete che, senza più distinzioni tra fisso e mobile, soddisferà le esigenze di connettività di famiglie e aziende in modo ubiquo. Una rete che avrà bisogno per funzionare di molta fibra, capillarmente, ma anche di un nuovo cuore informatico.

2.3 La situazione oggi

La mancanza di finanziamenti e motivazione per la distribuzione della fibra lascia il futuro del wireless e la connettività via cavo incerta. L'obiettivo finale sarà di estendere la fibra in profondità nella rete vicino al cliente e poi da lì far partire le antenne 5G.

Purtroppo, oggi i vari operatori incontrano notevoli difficoltà nell'effettuare gli investimenti necessari per soddisfare la domanda. La sostituzione wireless e la concorrenza via cavo hanno messo a dura prova la base clienti della maggior parte dei vettori di telefonia mobile, il che ha provocato problemi economici e fondi limitati per l'implementazione della fibra. Per adempiere ad obblighi quali debito e interessi, le compagnie telefoniche non generano flussi di cassa sufficienti per reinvestire in fibra per supportare la banda larga residenziale, i servizi alle imprese o la densificazione wireless (Figura 13).

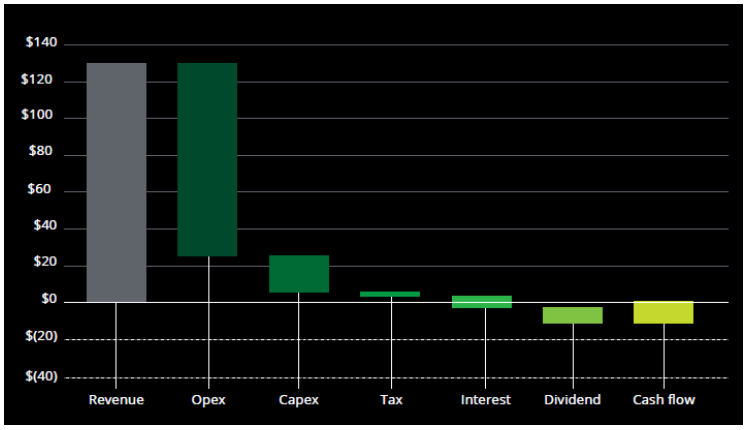

Figura 13: Average 2016 wireline fiancials (in thousands of dollars)

La mancata motivazione degli investimenti in fibra profonda avrà probabilmente tre conseguenze disastrose:

- Nessuna densificazione della rete per supportare 5G e associati casi d'uso.
- Mancanza di scelta per i fornitori della banda larga dei consumatori.
- Ampliamento del divario digitale.

Mentre gli Usa investono pro capite 192 euro in apparati per le telecomunicazioni, il Giappone ne spende circa 175 e l'Europa appena 92. Se soltanto la Ue volesse avere lo stesso livello di investimento in capex pro capite degli USA, dovrebbe

investire in telecomunicazioni 52 mld di euro in più all'anno, più del doppio del livello di investimenti attuale.

Gli operatori sono consapevoli del fatto che dovranno aumentare i loro investimenti in infrastrutture in questa tecnologia. I costi di rete potrebbero persino raddoppiare per soddisfare la domanda di maggiore capacità oltre a quella di sviluppo del 5G.

Deloitte Consulting ha stimato che gli Stati Uniti richiederanno, nei prossimi 5-7 anni, 130-150 miliardi di dollari per investimenti in fibra e sostenere così la concorrenza nella banda larga, nella copertura rurale e nella densificazione wireless per il 5G (Figura 14).

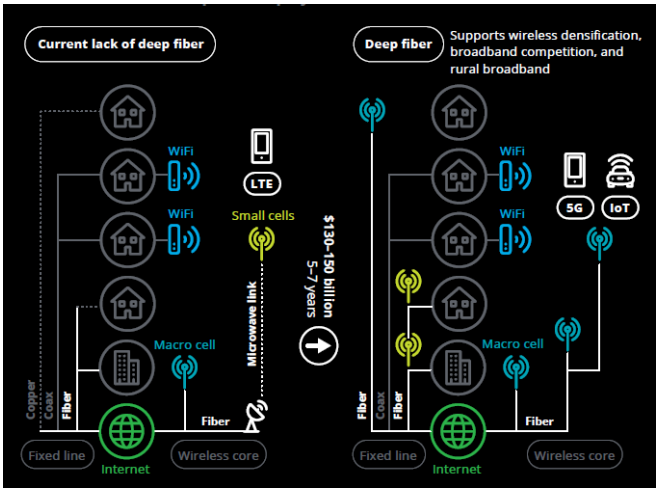

Figura 14: Illustrative view of deep fiber deployment

2.4 Rimedio all'investimento in fibra

Molti elementi dell'attuale tecnologia 5G si basano anche su reti 4G. Il 5G non è un qualcosa che rottama l'LTE, ma arriverà insieme all'LTE. Siamo di fronte ad un concetto diverso rispetto a quanto è successo con il passaggio da 3G a 4G: in questo caso gli operatori hanno dovuto rifare le reti, qui invece si tratta di upgradare le reti già presenti.

Per far fronte alla crescente domanda, gli operatori di telefonia mobile possono adottare un approccio evolutivo all'investimento in infrastrutture. Questo approccio evolutivo sarà il percorso naturale per la maggior parte degli operatori, consentendo loro di ridurre al minimo gli investimenti mentre il potenziale di ricavo incrementale del 5G rimane incerto.

Quando gli aggiornamenti di rete non saranno più sufficienti per supportare l'aumento del traffico, gli operatori dovranno costruire nuovi siti macro o celle di piccole dimensioni. Tale momento nel tempo varierà in base alla posizione, ma secondo alcune simulazioni condotte da McKinsey & Company è emerso che la maggior parte degli operatori dovrà intraprendere un nuovo importante sviluppo tra il 2020 e il 2025. Tale spostamento sarà il principale fattore alla base dell'aumento dei costi di rete.

Possiamo concludere dicendo quindi che il gigabit LTE è la base, è un punto di partenza, è tutta l'ossatura, che poi verrà arricchita dove servirà con le reti di nuova generazione 5G a seconda delle esigenze. In qualche situazione servirà più banda, in altre servirà la latenza bassissima, in altre ancora si dovranno servire zone ad altissima densità. In ogni caso, il 5G si costruisce sopra il 4G, non lo sostituisce.

2.5 Conviene essere il First Mover?

Quando si formula un piano strategico è fondamentale decidere il ruolo che l'impresa andrà ad assumere rispetto ai competitors:

- First Mover: sono quelle imprese che decidono di entrare nel mercato con prodotti nuovi e innovativi e alcune volte creano un mercato. Hanno il vantaggio di aggiudicarsi un grosso bacino di utenti iniziale, ma contemporaneamente sono quelli che si assumono i rischi maggiori legati all'incertezza.
- Follower: adottano una strategia difensiva che consiste nel "wait and see", limitando al massimo i rischi del first mover ma contemporaneamente lasciando ai competitors più veloci le opportunità del mercato. Essere follower nel mercato non porta a vantaggi competitivi e nemmeno alla profittabilità migliore del settore.
- Analyser: a metà tra i first mover e i follower, non sono i primi ad entrare sul mercato ma comunque vi entrano velocemente e cercano di farlo nel modo più efficiente possibile sfruttando la scia e gli eventuali errori dei first mover.

- Reactor: sono quelle imprese che tentano di modificare una strategia già esistente, in modo abbastanza confuso e inefficiente. Esse si muovono solo quando le pressioni dell'ambiente esterno le costringono.

Diversamente da come è avvenuto con le reti 2G, 3G e 4G tradizionali, i costi e gli investimenti relativi per il 5G differiranno nel tempo e dipenderanno dalle condizioni locali. Stavolta gli operatori hanno a disposizione almeno due opzioni. La prima prevede una strategia di base in cui privilegiano gli investimenti in 5G con la speranza di accelerare le prospettive commerciali. La seconda prevede un approccio più conservativo in cui ritardano il più possibile gli investimenti in 5G mentre vengono aggiornate le reti esistenti. In questo caso, anche se gli operatori ritardano gli investimenti nel 5G, dovranno comunque sostenere una spesa aggiuntiva per adeguare l'infrastruttura alla crescente richiesta di traffico ed in seguito dovranno sviluppare precise strategie per lo sviluppo della nuova rete. Le misure standard comporteranno sforzi di riduzione dei costi, ma dovranno anche esplorare approcci più alternativi, come la condivisione della rete (la costruzione congiunta di nuove reti 5G) e nuovi modelli di entrate.

2.6 Condividere o non condividere gli investimenti

Per gli operatori alla ricerca di nuovi modi per accelerare lo spiegamento di un investimento altrimenti scoraggiante a causa degli elevati costi di implementazione è conveniente iniziare a considerare i potenziali benefici della condivisione della rete e di conseguenza del costo di sviluppo. Anche nei paesi in cui gli operatori sono stati riluttanti a seguire l'idea, come gli Stati Uniti, la sfidante economia del 5G sta forzando un serio riesame. Condividere la rete sarà una leva chiave per ridurre i costi e rendere possibili le implementazioni del 5G. Un approccio di condivisione di successo richiederà agli operatori di iniziare rispondendo a tre domande: con chi condividere, dove condividere e cosa condividere.

Oggi la condivisione di rete è diventata una parte standard del modello operativo per gli operatori mobili e la tendenza sta accelerando (Figura 15). Alcuni operatori stanno prendendo in considerazione il fatto di non seguire più un modello di integrazione verticale, ovvero un modello di concorrenza tra operatori verticalmente integrati in cui uno è l'incumbent, ma un modello wholesale only.

Tutto questo conviene per evitare principalmente due rischi: di fallimento della concorrenza e di inefficienze sul mercato, cosa che potrebbe portare a sotto o sovra-investimenti.

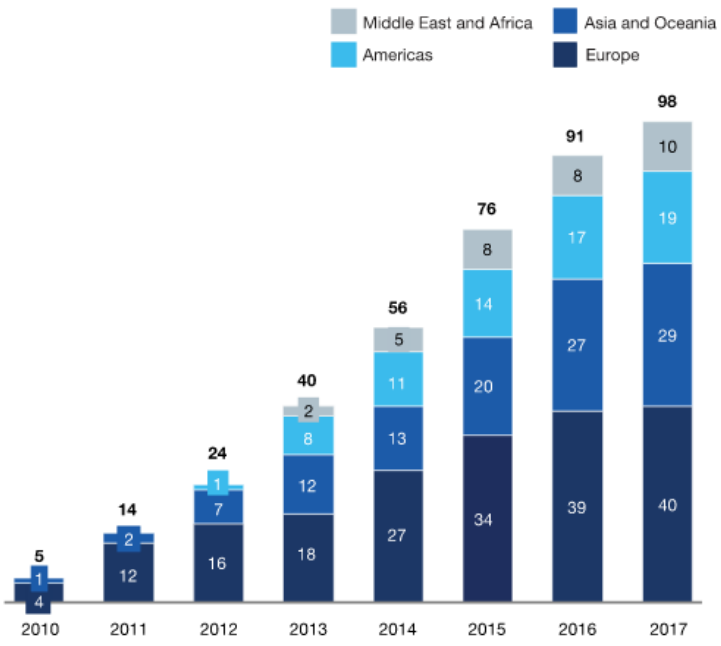

Figura 15: Cumulative number of active network-sharing agreements announced 2010-2017

Con lo sviluppo condiviso dei nodi 4G, gli operatori sono stati in grado di ridurre il costo totale di proprietà fino al 30 percento, migliorando al contempo la qualità della rete condividendo una varietà di apparecchiature sia attive che passive.

Il 5G non farà eccezione: anzi, il potenziale di risparmio sui costi per la condivisione di rete è ancora più forte in quanto la distribuzione greenfield è più adatta alla condivisione perché evita i costi di consolidamento della rete. Ad esempio, "il costo della distribuzione di piccole celle può essere ridotto fino al 50% se tre giocatori condividono la stessa rete" (Frias_5G_2018).

Alla luce di questi argomenti per la condivisione della rete, gli operatori dovranno avere una forte logica commerciale per giustificare l'implementazione autonoma del 5G, piuttosto che condividere una rete 5G comune. Secondo un'analisi condotta da McKinsey & Company in un contesto europeo, per procedere da soli,

gli investimenti in rete sarebbero aumentati fino al 60% con un aumento significativo delle spese operative, raddoppiando i costi totali dal 2020 al 2025.

All’estremo opposto, per massimizzare i benefici, potrebbe essere costruita una singola rete 5G in cui tutti gli attori del mercato ottengono l'accesso all'ingrosso. L'ingresso sul mercato sarebbe comunque controllato attraverso la proprietà dello spettro e la concorrenza per i servizi rimarrebbe invariata. Alcuni regolatori, come in Australia e Singapore, stanno promuovendo questa idea di reti fisse.

Tra i giocatori della catena del valore che hanno già iniziato a scommettere sulla condivisione di rete troviamo anche le compagnie delle torri che prevedono la densificazione nelle aree urbane e hanno già acquistato infrastrutture in fibra, iniziato a garantire l'accesso ai lampioni e ai diritti di passaggio.

Per quanto riguarda il costo dell'esplorazione della condivisione di rete questo è relativamente basso data la portata dell'opportunità. Il raggiungimento di un accordo di condivisione della rete è una questione complessa e tempestiva. Il tempo trascorso dalle discussioni iniziali e dall'analisi di fattibilità a un contratto firmato può essere facilmente compreso tra sei e nove mesi e se gli operatori prevedono di soddisfare le aspettative per l'implementazione del 5G prima del 2020 o di agire prima di essere costretti a implementare il 5G dai concorrenti, devono iniziare ora.

2.7 TIM e Vodafone

Il 26 luglio TIM e Vodafone Italia hanno firmato l’accordo col quale intendono avviare una partnership per sviluppare congiuntamente l’infrastruttura 5G. Questo sarà fatto aggregando le torri di trasmissione e condividendo l'infrastruttura attiva, cose che consentiranno uno sviluppo più rapido e migliore della rete 5G del futuro.

“Visto che il 5G è costato tantissimo diventa importante condividere i costi. La conclusione di questa operazione è fondamentale per lo sviluppo infrastrutturale e tecnologico del Paese e permetterà di accelerare ulteriormente l’introduzione del 5G, che già vede l’Italia tra gli Stati più avanzati nella sperimentazione di questa nuova tecnologia”, ha commentato l’amministratore delegato di TIM, Luigi Gubitosi.

Aldo Bisio, amministratore delegato di Vodafone, ha affermato: “Il modello di condivisione valorizza i vantaggi del 5G e allo stesso tempo riduce l'impatto sull'ambiente e i costi di implementazione, consentendo maggiori investimenti in servizi per i clienti”. Egli ha parlato di un grande progetto industriale poiché permetterà a TIM e a Vodafone di fare "meno investimenti di quelli che avremmo dovuto fare se avessimo deciso di andare da soli".

Nel dettaglio, le due aziende condivideranno gli apparati attivi della rete 4G già funzionante e amplieranno anche l'attuale accordo di condivisione passiva adeguando le rispettive reti di trasmissione mobile, attraverso l’utilizzo di cavi in fibra ottica a più alta capacità per trarre pieno vantaggio dalle caratteristiche del 5G. Questo permetterà di sviluppare in modo più veloce ed efficace il 5G, ma soprattutto permetterà di implementarlo su di un’area geografica maggiore in tempi più rapidi e con una riduzione anche dei costi di sviluppo e dunque di conseguenza anche di vendita.

Entrambe le società manterranno una gestione separata della propria dotazione di frequenze e il controllo della qualità e funzionalità della propria rete, garantendo la flessibilità necessaria per innovare e competere sul mercato per soddisfare i bisogni dei rispettivi clienti. I due partner coopereranno in tutte le città sotto i 100.000 abitanti e si divideranno le regioni italiane, 10 verranno supportate da Vodafone e le altre 10 saranno invece supportate da TIM. Questo significa che gli utenti nel passare da una regione all'altra non avranno problemi di rete sia con l'uno che con l'altro operatore, "per i clienti sarà meglio perché potranno avere il 'best of': se c'è una torre di Vodafone e una di TIM, si prenderà quella posizionata meglio" ha affermato Gubitosi.

TIM si fonderà con Inwit (società che fino ad oggi ha gestito torri, tralicci, pali e impianti tecnologici che consentono a Telecom Italia di distribuire il servizio di telefonia mobile), mentre Vodafone andrà a creare una nuova società denominata Vodafone Towers a cui trasferirà la propria infrastruttura passiva di rete. Successivamente quest’ultima confluirà le proprie infrastrutture in Inwit che diventerà così la più grande Towerco italiana, con un portafoglio di oltre 22.000 torri distribuite sull'intero territorio nazionale, e la seconda a livello europeo. Si tratta della più importante operazione di M&A nella storia del settore.

Prima della fusione, INWIT acquisterà una quota della nuova società in modo che le azioni che Vodafone riceverà con la fusione portino Vodafone e TIM ad avere la stessa partecipazione del 37,5% nel capitale di INWIT e pari diritti di governance, controllando congiuntamente INWIT mediante la stipula di un patto parasociale. Le parti sottoscriveranno un accordo di lock-up triennale delle rispettive partecipazioni e valuteranno una riduzione della loro partecipazione sino al 25% ciascuna. Attualmente INWIT è soggetta a direzione e coordinamento di TIM. Dopo la fusione, Vodafone e TIM non eserciteranno alcuna direzione e coordinamento su INWIT e controlleranno congiuntamente la società.

Vodafone e TIM si attendono un beneficio pari a oltre 800 milioni ciascuno nei prossimi 10 anni, a cui si aggiunge una riduzione del debito di entrambe ed un beneficio atteso in termini di Ebitda per la nuova INWIT di oltre 200 milioni di euro al 2026, grazie a sinergie, attività contrattualizzate e nuove opportunità.

Ovviamente l'accordo tra TIM e Vodafone dovrà passare il vaglio dell'Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato. Quest'ultima dovrà stabilire, infatti, se l'unione delle due principali reti italiane possa in qualche modo limitare la concorrenza.

Gubitosi ha ricordato che l'infrastruttura "nuova" sarà accessibile anche ad altri operatori. Si parla infatti di un accordo aperto a Iliad. "L'architettura dell'accordo è aperta e ci farebbe piacere se anche altri operatori potessero partecipare", ha precisato Gubitosi.

Nonostante questo apparente invito, Iliad, ha inviato comunque una richiesta all’AGCOM (Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni) proprio per chiedere un monitoraggio attivo dell'operazione tra TIM e Vodafone, in quanto una rete unica di tale portata potrebbe minare ogni potenziale di mercato degli altri operatori, ostacolando così ogni piano di sviluppo nel nostro Paese.

2.8 Come appare oggi la situazione sul fronte delle Telco italiane?

Guardando l'indice DESI, utilizzato dalla Commissione europea per misurare l'evoluzione della competitività digitale dei paesi membri, l'Italia nel 2018 è quart'ultima, la stessa posizione che copriva l'anno precedente, ma anche la stessa che ricopriva nel 2014.

Come si spiega questa situazione? In Italia è emersa una scelta per la connettività del Paese che finora ha privilegiato l'xDSL, con una quota di copertura di circa il 90%, che ci pone al tredicesimo posto assoluto come percentuale di copertura ad almeno 30 Mbps, scelta unica in Europa insieme alla Grecia (quasi al 99%).

Questa scelta tecnologica non ha avuto un adeguato riscontro di mercato. Per ogni sette famiglie coperte da una connessione ad almeno 30 Mbps disponibile, soltanto una ha sottoscritto un abbonamento. Mentre la media Ue delle famiglie collegate ad Internet soltanto con mobile broadband è marginale, circa il 9%, in Italia sono ben il 23%, al secondo posto in Europa dopo la Finlandia (37%). Inoltre, la reale velocità di connessione del broadband fisso in Italia, misurata da Akamai (Q1, 2017), era 9,2 Mbps, la quart'ultima in Europa e la sessantunesima nel mondo. Mettendo insieme queste informazioni è ragionevole ipotizzare che il valore della connessione ad almeno 30 Mbps sembra poco percepito dal mercato rispetto alle prestazioni delle connessioni mobili, che quindi spiazzano la domanda di connessioni fisse.

L'Agcom, dal suo canto, ha dato impulso ad una procedura accelerata per lo switch off volontario di TIM dal rame alla fibra e un contestuale innalzamento delle tariffe wholesale sul rame a favore di un abbassamento di quelle sulla fibra, agevolando implicitamente ogni evoluzione possa esserci sull'assetto delle reti di telecomunicazioni verso una maggiore penetrazione della fibra.

Oggi l'Italia sta rischiando di perdere il treno del futuro che porterà allo sviluppo del 5G.

Nel mese di settembre 2019 l'Antitrust ha emanato un allarme sui rischi di ritardi del 5G per colpa della burocrazia e delle norme inadeguate: gli enti locali non rispettano quelle nazionali in fatto di autorizzazioni e permessi per installare le antenne (e così rallentano i lavori). Le norme italiane sono state definite quasi nemiche dell'innovazione in quanto troppo severe sull'elettromagnetismo

(abbiamo i limiti più stringenti d'Europa, di gran lunga) e per questo l'Antitrust ha invocato il Parlamento di correggerle con un intervento legislativo.

Tra i 38 Paesi europei mappati da inCITES Consulting, secondo l'Europe 5G Readiness Index, l'Italia risulta al ventunesimo posto.

2.9 Ostacoli per la diffusione del 5G

Ciò che chiediamo alla quinta generazione di sistemi di telecomunicazione non è facile da realizzare e comporta una grande quantità di lavoro, requisiti, aziende e un coordinamento e una cooperazione globali di ogni membro coinvolto in tutto ciò che ha a che fare con un pezzo di questo grande puzzle. Per questo motivo possiamo trovare molti ostacoli a questa distribuzione, alcuni dei quali includono:

1. Le difficoltà nel creare una rete che soddisfi le esigenze di ogni cliente specifico. Cioè, sapere quale tipo di esperienza richiede ciascun abbonato e quali servizi ha a disposizione in modo da creare una rete al suo servizio. Questa rete, inoltre, dovrebbe essere preparata per ogni possibile errore ed essere in grado di reagire e risolverlo.
   Per creare qualcosa del genere ci vuole molto tempo e un grande gruppo di ingegneri per svilupparlo.
2. Nelle reti attuali, gli EPC (Evolved Packet Core) sono un collo di bottiglia in quanto devono elaborare molte informazioni ed eseguire molteplici attività come la gestione della mobilità, il rilevamento di minacce alla sicurezza, la determinazione delle politiche degli abbonati, ecc. Il 5G ha la sfida di cambiarlo avendo i nodi di rete, le stazioni base e le interfacce aeree che comunicano direttamente tra loro senza passare attraverso l'EPC. Ciò avverrà creando un mesh con piena connettività e porterà al decentramento della rete che si tradurrà in migliori servizi e prestazioni.
   Tuttavia, la barriera qui è la difficoltà a cambiare dall'architettura esistente che ha l'EPC come pilastro dell'idea per il 5G.
3. Se consideriamo cosa intende fare il 5G con l'architettura attuale LTE-Advanced, possiamo vedere che l'idea è di passare da un'architettura basata su hardware a una basata su software. Ciò, come menzionato nelle sezioni precedenti, verrà effettuato tramite SDN (Software Designed

Networking) e NFV (Network Function Virtualization). La piena diffusione di SDN e NFV ha già le sue barriere ed è ancora troppo giovane. Per poter disporre di una tecnologia 5G coerente, ogni soluzione coinvolta deve essere completamente sviluppata e testata.

4. Alcuni casi d'uso del 5G riguardano applicazioni critiche e servizi remoti. Ad esempio, le auto senza conducente non possono permettersi di essere connesse a una rete con problemi di latenza. Questo succede anche con la chirurgia a distanza. È per questo motivo che le reti 5G che forniranno connettività a questo tipo di servizi, devono garantire la visibilità dal gateway alla torre della cella per poter rilevare rapidamente e individuare i problemi alla loro origine. Questo è sempre più complesso da gestire e ottimizzare con il 5G e anche se è stato previsto che sarà fattibile, c'è ancora molta strada da fare prima che venga raggiunto e pone alcuni problemi nel momento della distribuzione.
5. Un altro ostacolo per l'implementazione di questa nuova generazione sono i problemi di sicurezza che sorgono durante la virtualizzazione di una rete. È importante mantenere una forte rete sicura e allo stesso tempo essere in grado di trasformarla in una basata su software ma senza indurre nuovi problemi di sicurezza.
6. Questa nuova generazione di comunicazioni mobili utilizzerà frequenze sempre più alte nella banda di frequenza. In termini di regolamentazione, è difficile ristrutturare la banda e assegnare ogni servizio a una frequenza specifica. È necessario un consenso tra gli organismi di regolamentazione e le società e i fornitori.
7. L’utilizzo di frequenze più elevate rende necessario l’implementazione di un maggio numero di celle. È per questo motivo che tutte queste celle devono essere collegate tra loro e quindi sorge la necessità di più backhaul per collegare tutto. In alcune aree, l'offerta di questi backhaul è ancora limitata e pertanto comporterà costi più elevati per le reti wireless, prezzi più alti per i consumatori e difficoltà nell'intero dispiegamento del 5G.
8. Un altro aspetto sTIMolante quando si pensa al dispiegamento del 5G sono le specifiche che devono essere concordate al fine di coordinare efficacemente i diversi organi e commissioni che lavorano su questi aspetti. È importante avere un coordinamento perché se le aziende, i fornitori, le

commissioni e le altre parti non concordano, la distribuzione potrebbe essere ritardata, con conseguenti maggiori costi in quanto il personale coinvolto nella distribuzione deve continuare a lavorare.

Essere in grado di identificare questi ostacoli e molti altri è un punto chiave per analizzare con successo le esigenze, i requisiti, le specifiche e, in generale, le attrezzature necessarie per il dispiegamento del 5G. È per questo motivo che l'analisi delle barriere prima dell'implementazione è fondamentale per evitare errori che potrebbero portare a costi più elevati e reti meno efficienti.

2.10 Attrattività del settore: le Forze di Porter

Secondo Porter la redditività di un settore è determinata da cinque forze competitive classificabili in:

- Orizzontali: concorrenza dei prodotti sostitutivi, minaccia di nuovi entranti e concorrenza delle imprese già presenti nel settore.
- Verticali: potere contrattuale dei fornitori e potere contrattuale dei clienti.

2.10.1 Concorrenza dei prodotti sostitutivi

La disponibilità e quindi la minaccia di prodotti o servizi sostitutivi influenza il prezzo che i consumatori sono disposti a pagare rendendo la domanda più o meno elastica.

Quanto più sono complessi i bisogni soddisfatti da un prodotto e quanto più difficile è la percezione delle differenze nelle prestazioni tanto più basso è il ricorso dei consumatori a prodotti sostitutivi sulla base di differenze di prezzo.

Tra i prodotti sostitutivi del 5G possiamo trovare la fibra o il 4G. Tutto dipende da quello che si deve fare. Se un utente è interessato a collegare alcuni dispositivi tra loro o a raggiungere una certa velocità allora basterebbe fare ricorso ad uno delle due tecnologie prima citate. Nel momento in cui l’utente ha la necessità di ricevere risposte dai propri strumenti con una latenza quasi pari a zero o necessita di una certa quantità di banda per trasmettere video in altissima risoluzione, ecco che qui entra in gioco il 5G.

Inoltre, per quanto detto prima, il 5G per esistere avrà bisogno della fibra in quanto struttura portante di tale tecnologia. Mika Skarp, CEO di Cloud Street, ha affermato che "sicuramente il 5G sostituirà Ethernet, ma farà molto di più". Il 5G tramite il Software Defined Networks (SDC) e il Network Function Virtualization, supportato da celle piccole o stazioni base full size, non solo taglierà l'ultimo miglio di fibra alla rete core, ma fornirà anche una serie di adattamenti intelligenti e adattivi e persino funzionalità compatibili con l'applicazione che lo trasformeranno in un vero e proprio punto di svolta nel settore delle telecomunicazioni per consumatori e imprese.

2.10.2 Minaccia di nuovi entranti

Si ha quando il rendimento del capitale è superiore al costo del capitale poiché questo rende il settore estremamente attrattivo. Se, invece, in un settore è facile entrare, questo sarà poco redditizio poiché ci sarà molta concorrenza.

Le principali fonti di barriera all'entrata sono:

- Fabbisogni di capitale.
- Economie di scala.
- Economie di apprendimento: se un'impresa ha avuto più tempo per imparare, allora conosce di più.
- Differenziazione di prodotto: le imprese affermate hanno vantaggi della riconoscibilità del marchio e della lealtà dei consumatori.
- Brevetti.
- Accesso a risorse naturali: materie prime a basso costo.
- Accesso ai canali di distribuzione: i costi fissi connessi alla vendita di un prodotto addizionale rendono i dettaglianti poco propensi a trattare un prodotto di un nuovo fabbricante.
- Ritorsione dell'incombente: riduzione dei prezzi, incremento della pubblicità.
- Barriere regolatorie.

Proprio il modello regolatorio scelto per lo sviluppo delle infrastrutture digitali può influire sulle soluzioni tecnologiche. Ad esempio, la forte pressione regolatoria verso operatori con significativo potere di mercato potrebbe deprimere la propensione di questi ultimi ad investire in reti future proof, spingendo verso una

maggiore rapidità nella realizzazione dell'infrastruttura e di conseguenza ad una minore qualità di quest'ultima.

In alcuni casi però l'effetto negativo di un pesante quadro regolatorio potrebbe essere controbilanciato dallo sTIMolo costituito da una forte pressione concorrenziale da parte di operatori infrastrutturali nuovi entranti.

La tecnologia sulla quale puntare per la realizzazione di reti a banda ultralarga, oltre che influenzare la qualità e varietà dei servizi, può avere un impatto anche sulle dinamiche competitive e sui modelli di business delle reti di nuova generazione portando ad una diversa articolazione della catena del valore. Tale aspetto rende possibile un ripensamento dei modelli organizzativi delle imprese che forniscono reti di comunicazioni elettroniche. Da un modello di integrazione verticale totale si può passare ad un modello tripartito di operatore che realizza l'infrastruttura fisica, operatore che gestisce l'infrastruttura logica e operatore che fornisce servizi. Questo crea una nuova domanda ed una nuova offerta, cioè un nuovo mercato dinamico, e di conseguenza pone le basi per l'ingresso di nuovi operatori, creando i presupposti per abbattere le barriere di accesso al mercato da parte di operatori di rete non infrastrutturati.

Puntare su una rete "sostitutiva", in quanto fondata su una facility il più possibile nuova (end-to-end), rappresenta perciò una scelta future proof non solo sul piano tecnologico, ma anche su quello delle sfide regolamentari e concorrenziali nonché su quello dello sTIMolo alla domanda.

Se invece si continuerà ad optare per modelli basati in larga parte su infrastrutture esistenti, si manterrà il legame di dipendenza tra l'incumbent e gli operatori alternativi. Di conseguenza, fintanto che le infrastrutture esistenti dell'incumbent saranno essenziali anche per le NGN (in assenza dunque di una effettiva e completa concorrenza infrastrutturale) e tale operatore con significativo potere di mercato sarà presente sia nel mercato wholesale che in quello retail, potranno riproporsi le problematiche competitive che storicamente hanno caratterizzato i rapporti tra incumbent e new entrants nei mercati delle comunicazioni elettroniche.

2.10.3 Rivalità tra concorrenti già affermati

Tale forza influenza il prezzo e dipende da:

- Concentrazione: più è alta la concentrazione di un mercato, minore sarà la competizione sui prezzi.
- Diversità dei concorrenti: se due imprese sono simili possono evitare di competere sui prezzi e quindi colluderanno.
- Differenziazione di prodotto: se i prodotti di due imprese sono molto simili, i consumatori sono disposti a sostituire i prodotti e dunque le imprese sono incentivate ad abbassare i prezzi.
- Capacità in eccesso: incoraggia le imprese ad abbassare il prezzo per attrarre nuovi ordini e distribuire quindi i costi fissi su un maggior volume di vendita.
- Economie di scala: le imprese competono sui prezzi al fine di ottenere benefici di costo derivati dai maggiori volumi produttivi.
- Rapporto costi fissi / costi variabili: se i costi fissi sono molto alti rispetto a quelli variabili, l'impresa accetterà ordinazioni marginali a qualsiasi prezzo che copra i costi variabili.

La Commissione europea con l'aiuto del Radio Spectrum Policy Group (RSPG), un gruppo consultivo di alto livello che l'aiuta nello sviluppo della politica in materia di spettro radio, ha recentemente deciso che, per ottenere la concorrenza nel settore della telefonia mobile, il numero minimo di operatori di rete sarebbe quattro. Al fine di garantire un equilibrio non discriminatorio e proporzionato dell'uso dello spettro fatto dai suoi utenti ha così provveduto a riallocare lo spettro delle frequenze. Secondo quanto stabilito, ogni operatore deve avere un minimo di spettro esclusivo autorizzato per essere competitivo. Un operatore che ha uno spettro inferiore a quello richiesto non sarà in grado di fornire l'insieme dei servizi richiesti necessari per competere con successo sul mercato e non sarà in grado di mantenerlo a lungo termine. Finché ogni operatore ha lo spettro minimo richiesto per essere sostenibile, le partecipazioni allo spettro non devono essere uguali e, di fatto, contribuiranno alle innovazioni e agli adattamenti che portano nuove idee sul mercato.

Nel caso del 5G in Italia, la maggior parte degli analisti concordavano sul fatto che l'asta per l'assegnazione delle frequenze avrebbe portato, nelle migliori delle condizioni, circa 4 miliardi. Dopo 14 giorni e 171 rilanci si è arrivati alla chiusura dell'asta con un'entrata prevista di 6 miliardi e 550,42 milioni di euro entro il 2022.

I blocchi messi all'asta dal Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) sono stati suddivisi in base alla frequenza: 5 lotti per la banda 700 MHz FDD, 4 lotti per la banda 3.700 MHz e 5 lotti per la banda 26 GHz. Hanno partecipato all'asta sette società, ossia Vodafone, TIM, Iliad, Wind Tre, Fastweb, Open Fiber e Linkem, ma queste ultime due non si sono aggiudicate alcun lotto.

Il testa a testa che ha fatto impennare l'incasso ha riguardato le frequenze dei 3.700 MHz, un blocco utile per sviluppare reti internet mobili in banda ultralarga. I due lotti specifici da 80 MHz, i più pregiati della sezione, sono andati a Telecom e Vodafone, rispettivamente per 1,694 miliardi e 1,685 miliardi di offerta. Iliad e Wind Tre hanno ottenuto i lotti generici da 20 MHz, con una spesa di 483, 9 milioni di euro.

I blocchi della banda 700 MHz, considerati i più "ghiotti" per la maggior penetrazione e quindi adatti per sviluppare l'internet delle cose e i servizi associati, come telemedicina, auto a guida autonoma, città intelligenti e industria connessa sono stati vinti da Vodafone, TIM e Iliad. In particolare, Vodafone ha ottenuto due lotti per 683,236 milioni, altri due blocchi sono andati a Telecom per 680 milioni e per quanto riguarda Iliad, questa ha ottenuto con un esborso di 676 milioni il blocco da 10 MHZ che le era stato riservato con la delibera 231/18/CONS di AGCOM, in quanto nuovo entrante nel mercato italiano. Queste frequenze oggi sono occupate dalle televisioni e toccherà aspettare il 2022 perché le liberino.

I cinque lotti delle frequenze 5G millimetriche, quelle dei 26 GHz sono stati suddivisi equamente tra le cinque compagnie in gara, Telecom, Vodafone, Iliad, Wind Tre e Fastweb. Ogni compagnia ha ottenuto un lotto, per cifre che oscillano tra i 33 milioni offerti dall'ex monopolista di Stato ai 32,586 milioni a cui si sono fermate Vodafone e Wind Tre.

2.10.4 Potere contrattuale dei fornitori

Tale potere è determinato da:

- Quanti potenziali fornitori si hanno.
- Quanto è facile per i fornitori aumentare i loro prezzi.
- Tipo di prodotto o servizio che si fornisce. Se unico il potere sarà maggiore.
- Quanto sarebbe costoso passare da un fornitore all'altro.

Più si ha libertà di scelta, più facile sarà passare ad un'alternativa più economica. Viceversa, meno fornitori ci sono e più ci sarà bisogno del loro aiuto, più forte sarà la loro posizione e la loro capacità di aumentare il prezzo.

Tra i principali fornitori troviamo Ericsson, Huawei e Nokia (Figura 16).

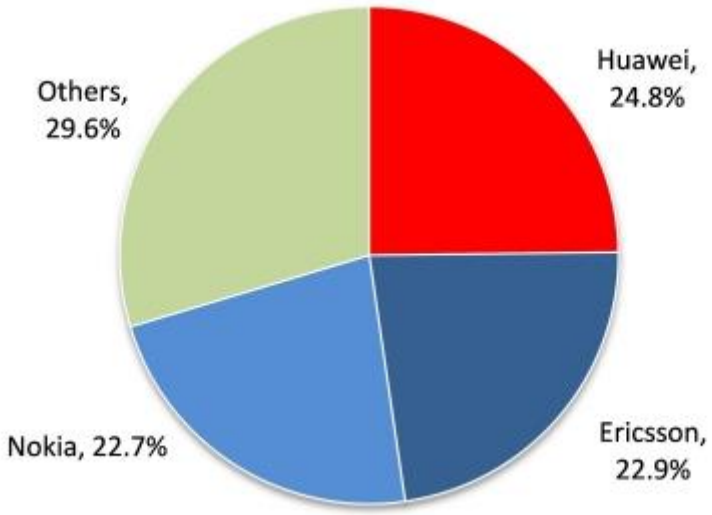

Figura 16: 5G subscriber share by RAN vendor, 2023

Secondo Dave Bolen del Gruppo Dell'Oro, Huawei, Nokia, Ericsson, Cisco e ZTE sono i primi cinque fornitori di infrastrutture core per pacchetti wireless / mobile. Al MWC 2019 di Barcellona, ognuno di loro ha organizzato un evento spettacolare con enormi stand dimostrando la sua abilità tecnologica end-to-end che abilita i casi d'uso del 5G con i rispettivi core nativi del cloud.

Ken Hu, vicepresidente di Huawei, durante il MWC di Shanghai ha affermato “Ad oggi, abbiamo firmato 50 contratti commerciali per 5G in tutto il mondo e abbiamo spedito 150.000 stazioni base 5G”.

Perché così tanti operatori sono disposti a scegliere Huawei per il 5G? Innanzitutto, perché ha investito presto iniziando la ricerca sul 5G già nel 2009 quando il 4G stava appena iniziando a vedere una distribuzione commerciale. In secondo luogo, ha investito molto e continua a farlo. Negli ultimi dieci anni, ha investito 5 miliardi di dollari in 5G. Terzo, investe profondamente. Questo è ciò che la distingue dai suoi concorrenti. “Quando abbiamo iniziato la ricerca sul 5G, non c'erano standard di cui parlare. All'inizio ci siamo concentrati sullo sviluppo di standard e sulla ricerca di base in chip, materiali e algoritmi. Questo costante investimento in R&S ci ha aiutato a rimanere all'avanguardia”. Oggi Huawei dispone di oltre 2.500 brevetti essenziali standard per 5G, che rappresentano circa il 20% di tutti i brevetti 5G nel mondo. Durante la terza fase delle prove sul campo 5G organizzate da IMT-2020, le sue soluzioni hanno sovraperformato i suoi concorrenti, classificandosi al primo posto tra molti indicatori chiave.

La società cinese sta lottando per vendere i suoi prodotti 5G nel mercato occidentale nel mezzo di una campagna di esclusione guidata dagli Stati Uniti. In Italia il 5G è fortemente in mano alla Cina e il colosso di Shenzhen ha evidenziato che “Huawei non ha alcuna intenzione di lasciare l’Italia, che è uno dei mercati più importanti in Europa e nel mondo”. Allo stesso tempo, però, il presidente di Huawei Italia, Luigi De Vecchis, ha criticato le parole del segretario di Stato Usa Mike Pompeo sottolineando che se Huawei fosse discriminata sulle nuove reti 5G a seguito del confronto globale tra Washington e Pechino “lascerebbe l’Italia, quindi mille impiegati dovrebbero trovarsi un altro lavoro”.

Nokia ha recentemente propagandato le sue vittorie in contratti 5G, affermando di aver vinto 42 contratti commerciali 5G al 3 giugno 2019.

Rajeev Suri, Presidente e Amministratore Delegato di Nokia in occasione del Mobile World Congress ha dichiarato che "Nokia arriva al Mobile World Congress come leader mondiale nel 5G, con l'unico portafoglio end-to-end del settore disponibile in tutti i mercati del mondo. Siamo straordinariamente ben posizionati con oltre 20 contratti 5G e quasi 100 Impegni del 5G con clienti in ogni regione del mondo. Pensiamo anche che ci sarà un circolo virtuoso di investimenti poiché le reti vengono aggiornate per soddisfare le esigenze del 5G e Nokia ha il portafoglio giusto al momento giusto per soddisfare tale esigenza”.

Tra i primati mondiali in ambito 5G l'azienda ricorda:

- Il primo ambiente di verifica per lo sviluppo delle auto connesse tramite 5G.
- I primi test sul campo dei nuovi aspetti dello standard 5G applicato in uno scenario industriale: sono stati svolti nel porto di Amburgo in collaborazione con le autorità portuali locali e l'operatore Deutsche Telekom.
- La prima trasmissione dati su rete 5G utilizzando la banda 2,5GHz e la tecnologia delle antenne Massive MIMO sulla rete commerciale di Sprint a San Diego.
- Il primo streaming TV in 8K, in condizioni reali, su rete 5G effettuato in collaborazione con France Televisions.
- Il primo gioco in Realtà Virtuale cloud su rete 5G con intelligenza artificiale, utilizzando l'architettura RAN.
- La prima soluzione 5G per uno dei più grandi eventi mondiali, l'Hajj in Saudi Arabia. La Realtà Virtuale è stata impiegata per consentire di vivere il pellegrinaggio da remoto.

Ericsson sembra essere rimasto indietro rispetto ai suoi principali concorrenti nella corsa ai contratti 5G. L’azienda non ha rivelato le sue aggiudicazioni totali di contratti 5G, ma ha annunciato pubblicamente 19 contratti commerciali 5G a partire dal 3 giugno, collocandosi dietro Huawei e Nokia. Nonostante ciò il suo titolo è cresciuto del 50% in un anno.

Oltre a questi tre maggiori fornitori di infrastrutture per il 5G, anche Samsung sta combattendo nel mercato delle apparecchiature per le telecomunicazioni. L'anno scorso, ha vinto un contratto 5G da AT&T, uno dei principali operatori statunitensi, in una sfida a Ericsson e Nokia. Nello stesso anno, l’azienda coreana ha spedito 36.000 stazioni base 5G, principalmente agli operatori negli Stati Uniti e in Corea.

2.10.5 Potere contrattuale dei clienti

Dipende da:

- Sensibilità al prezzo: importanza del prodotto rispetto al costo totale, grado di sostituibilità.
- Potere contrattuale relativo: potenziale rifiuto a concludere una transazione con la controparte. L'equilibrio tra il potere delle parti in una transazione dipende dalla credibilità ed efficacia con cui ciascuna parte attua tale minaccia. Dipende dal grado di informazione dei clienti (più informati sono, meglio sono in grado di contrattare) e dalla capacità di integrazione verticale (piuttosto che comprare da te, mi costruisco tutto da solo).

La crescente domanda dei clienti unita alle limitazioni nelle attuali reti mobili wireless di quarta generazione (4G) e i progressi verso la rete mobile wireless di prossima generazione hanno creato insieme la necessità di guardare a ciò che i clienti oggi si aspettano dalla prossima quinta generazione (5G). L'imminente 5G sarà probabilmente un grande balzo in avanti in termini di servizi ai clienti. Per i fornitori di servizi, questa evoluzione garantirà una maggiore soddisfazione del cliente unita a vantaggi in termini di costi. Per i clienti, l'imminente rete mobile 5G fornirebbe la prima esperienza in grado di assicurare una connettività senza interruzioni e scegliere sempre la migliore rete disponibile.

La domanda che rimane senza risposta è ciò che i clienti si aspettano da questa nuova tecnologia. Cioè, quali fattori avrebbero un ruolo fondamentale nel garantire che le loro aspettative sul 5G siano soddisfatte? Oggi i clienti si aspettano un passaggio di paradigma dall'attuale tecnologia di rete wireless alla rete di prossima generazione. Lin e Wang [59] hanno affermato che il valore percepito è determinato dai prezzi e dalla qualità del servizio. Deng et al. [28] ha sottolineato che si ritiene che la qualità del servizio percepita abbia il massimo effetto sulla soddisfazione del cliente.

Pertanto, ai fornitori di servizi e tecnologia servirà concentrarsi sui fattori che incidono in modo significativo sulle aspettative dei clienti per aumentare la loro disponibilità a pagare. Tra i fattori più significativi troviamo il rendimento della rete, la sicurezza e la copertura della rete. Ciò implica che i clienti desiderano una rete

wireless che abbia una connettività senza interruzioni unita ad alta velocità e il più alto livello di sicurezza.

2.11 Modelli di Business

In base a quanto detto finora è chiaro che l'importanza geopolitica delle telecomunicazioni sta cambiando anche perché stanno cambiando le telecomunicazioni e quel che vi ruota intorno. Come affermato di recente dal CEO di uno dei principali telco operator, sta arrivando una fortissima discontinuità tecnologica che impone a tutti un ripensamento delle proprie strategie. Molti dei protagonisti attuali potrebbero uscirne ridimensionati come altri rivalutati. La tecnologia è un inesorabile elemento di selezione naturale e negli ultimi anni ha prodotto e spostato molte più ricchezze della pura finanza.

Per il 5G bisogna per forza ripensare tutto, gli operatori dovranno rivedere il loro modello di business. Non solo per le applicazioni consumer, ma anche per quelle B2B.

Secondo le previsioni di NGMN (2014), i modelli di business per il 5G si espanderanno e supporteranno diversi tipi di clienti e partnership. Per quanto riguarda queste ultime, hanno ribadito che gli operatori di rete mobile continueranno a sviluppare i propri servizi, ma espanderanno anche la portata della propria attività attraverso partnership sia per l'infrastruttura sia per gli aspetti di sviluppo delle applicazioni. Già oggi, gli operatori di rete hanno iniziato a sfruttare le partnership con i fornitori di servizi per fornire servizi in pacchetto agli utenti finali. In futuro, per mantenere una posizione competitiva, i fornitori di servizi dovrebbero continuare a fornire applicazioni che richiedono maggiore qualità, minore latenza e altre funzionalità di miglioramento del servizio quali prossimità, posizione, QoS e autenticazione su richiesta e in modo altamente flessibile e programmabile.

2.12 Aspetto economico

Quanto detto sopra lascia intuire il modo in cui gli operatori potranno garantire entrate sufficienti a pagare l'infrastruttura necessaria in futuro, quando il profitto maggiore si trova in una posizione diversa nella catena del valore, vale a dire presso i fornitori di servizi, che spesso ricevono entrate elevate e hanno molte meno spese.

Al fine di analizzare l'impatto macro e microeconomico del 5G, è importante determinare quanta attività economica è generata dalla catena del valore del 5G, quale sarà l'impatto dell'uso di questa tecnologia in tutti gli altri settori e quale sarà la crescita complessiva dell'economia globale dovuta ad essa.

Il 5G richiederà investimenti continui da parte delle aziende presenti nella sua catena del valore. Tra i principali investitori troviamo operatori di rete, produttori di apparecchiature per infrastrutture, sviluppatori di contenuti e applicazioni e così via.

Sebbene sia di interesse ridurre al minimo CAPEX e OPEX delle reti cellulari, per soddisfare i requisiti attuali del 5G in termini di prestazioni di rete occorrerà trovare sempre un compromesso tra costi e prestazioni.

2.13 Costi

Diversi autori hanno affrontato i problemi di costo per le future reti mobili. Osseiran et al. (2014) spiegano che mentre il 5G deve soddisfare i requisiti specificati, deve essere affrontata anche la crescente pressione sui costi. Secondo Yazici et al. (2014), l'aumento di CAPEX e OPEX sono alcune delle maggiori sfide che gli operatori di telefonia mobile attualmente affrontano. Olsson et al. (2013) sostengono che CAPEX e OPEX dovrebbero essere a un livello in cui i servizi possono essere forniti a un prezzo ragionevole per l'utente finale e con casi commerciali interessanti per gli operatori di telefonia mobile. Oltre ai fattori che già fanno aumentare i costi della rete, Agyapong et al. (2014) ritengono che anche alcuni nuovi miglioramenti potrebbero essere costosi. Uno di questi miglioramenti è l'ottimizzazione dell'utilizzo della rete per un QoE equo e migliore, che include l'integrazione di più funzionalità, come l'ispezione approfondita dei pacchetti, la memorizzazione nella cache e la transcodifica.

Per ridurre i costi, Demestichas et al. (2013) hanno fiducia nei concetti di cloud proposti, in quanto è logico che possano esserci risparmi significativi sia in CAPEX che in OPEX se le reti wireless sono basate su principi cloud. Bangerter et al. (2014) descrivono che è necessario uno spostamento verso implementazioni basate su software e tecnologie di virtualizzazione, in quanto i costi e la flessibilità della distribuzione saranno fattori importanti nelle reti 5G. In altre parole, la motivazione economica sembra essere un fattore importante dietro l'attenzione su concetti cloud come SDN e NFV nel 5G.

Un'altra riduzione dei costi ottenibile grazie al 5G è che il costo di una piccola cella, incluso il costo di mantenimento, sarà significativamente ridotto (Chen e Zhao, 2014). Tale riduzione dei costi delle celle è anche descritta da Bhushan et al. (2014), che sottolineano che le picocelle consentiranno CAPEX e OPEX molto più bassi delle macrocelle. Secondo Bangerter et al. (2014) le piccole celle e la comunicazione D2D costituiranno insieme un nuovo livello di base di infrastruttura a basso costo che integra la copertura e i costi di reti cellulari convenzionali.

Ch´avez-Santiago et al. (2015) hanno esaminato la prospettiva della società, per quanto riguarda l'accesso alla banda larga mobile nelle zone rurali. Il 5G ha davvero il potenziale per migliorare questo. La copertura completa delle aree rurali è stata ritardata a causa dell'elevato CAPEX per l'implementazione di un gran numero di stazioni base e delle basse entrate medie per utente allo stesso tempo. Secondo Ch´avez-Santiago et al. (2015) col 5G saranno necessarie meno stazioni base se verranno utilizzate la tecnologia TV white space e le soluzioni di scarico del traffico. Ciò offre migliori condizioni di propagazione nello spettro VHF / UHF, e quindi le reti 5G potrebbero essere implementate nelle aree rurali a un costo inferiore.

Agyapong et al. (2014) considerano anche lo sviluppo socioeconomico, per il quale la connettività è un fattore abilitante importante. Essi sottolineano che per rendere la connettività un'utilità universalmente disponibile, economica e sostenibile, è importante ridurre anche i costi dell'infrastruttura così come i costi associati alla distribuzione, manutenzione, gestione e funzionamento. Risolvere le sfide relative alla capacità e alla velocità dei dati con la densificazione della rete potrebbe essere costoso in termini di apparecchiature, manutenzione e operazioni. I costi delle attrezzature potrebbero essere ridotti minimizzando il

numero di funzionalità nelle stazioni base, ovvero implementando solo alcune funzionalità nelle normali stazioni base e spostando le funzionalità di livelli superiori. Ciò si tradurrebbe in stazioni base più semplici implementate dagli utenti e gestite da remoto o autonomamente. In questo modo, i costi di implementazione e delle operazioni potrebbero essere ridotti (Agyapong et al., 2014).

2.14 Ricavi

Affinché il 5G dia all'utente un nuovo e una migliore esperienza di connettività wireless, l'industria mobile deve sviluppare una strategia che consenta nuovi servizi, nuove applicazioni e nuove opportunità per monetizzare l'esperienza dell'utente (Bangerter et al., 2014). Per far questo gli operatori di rete mobile dovrebbero continuare lo sviluppo dei propri servizi, ma ampliare anche la portata del business entrando in partnership pertinenti.

Secondo quanto descritto da Nokia (2014), ci si aspetta un passaggio dalla banda larga mobile più efficace all'efficienza della rete con una comunicazione veramente affidabile ad alte prestazioni. Ciò significa che per il 5G, la qualità della connessione può essere il fattore di differenziazione più importante su cui gli operatori di rete mobile competono.

Ma in che modo le prestazioni della rete sono correlate alla generazione di entrate? Le migliori prestazioni della rete garantiscono automaticamente entrate più elevate in futuro? Molti la pensano così, ma questo non è necessariamente vero. I servizi di voice e message sono già diventati una commodity nel mercato, dove il prezzo è molto basso essendo l'unico fattore su cui i fornitori competono. C'è un dibattito in corso sul fatto che anche il traffico di dati sia già una commodity o lo diventerà quanto prima. Tuttavia, è ancora possibile differenziare la trasmissione dei dati in termini diversi dal solo prezzo, ad es. per qualità.

Proprio quest’ultima è un aspetto economico importante del 5G. Infatti, la gestione intelligente della QoS, o la gestione della connettività come servizio, permette al terminale di scegliere la migliore connessione wireless date le diverse misure di qualità per la connessione disponibile, i vincoli per la QoS richiesta e i vincoli per i costi personali. Poiché la massima qualità della connessione sarà molto elevata, col miglioramento delle reti gli utenti si aspetteranno di più e svilupperanno nuove

esigenze che il 5G dovrà risolvere. Le prestazioni di rete migliorate consentiranno così la creazione di valore in 5G in quanto la disponibilità degli utenti a pagare potrebbe finalmente diventare il vincolo più forte, al posto della massima capacità delle reti com'è stato finora.

Se gli operatori di rete mobile fossero in grado di garantire prestazioni migliori, una migliore qualità della rete e una sicurezza di rete sufficiente, potrebbero sicuramente trarre profitto dalla fornitura di comunicazioni D2D. Si tratterebbe di un'istanza di servizio completamente nuova in cui gli operatori di rete mobile potrebbero prendere in considerazione la possibilità di modificare i propri schemi tariffari per monetizzare le comunicazioni D2D.

Tali modifiche riguarderebbero anche la comunicazione M2M, in particolare associata all'IoT. La convivenza tra uomo e macchina porterà ad una grande diversità di caratteristiche comunicative. Questo in particolare perché l'IoT richiede collegamenti di comunicazione più affidabili, ma anche ritardi o latenze di trasmissione inferiori, poiché le macchine possono elaborare le informazioni molto più rapidamente di persone (Nokia, 2014). Molti dispositivi IoT dovranno essere sempre online e non tutti avranno accesso alle connessioni Wi-Fi o Bluetooth. Per alcuni dispositivi IoT, la connessione wireless attraverso la rete cellulare è l'unica possibilità e nuovi tipi di abbonamenti per questi dispositivi potrebbero rappresentare un nuovo potenziale commerciale per il 5G che, consentendo di realizzare l'intero potenziale dell'IoT, porterà dei benefici anche ai vari produttori di dispositivi IoT.

Secondo Steve Mollenkopf, CEO di Qualcomm, la catena del valore del 5G genererà fino a 22 milioni di posti di lavoro, influenzerà virtualmente in modo positivo tutti i settori industriali, contribuirà alla crescita delle vendite attraverso una maggiore efficienza e attraverso la creazione di nuovi modelli di business adattabili in base alle esigenze di ogni cliente. La potenziale attività di vendita globale stimata nei vari settori industriali consentita dal 5G potrebbe raggiungere i 12,3 trilioni di dollari nel 2035. Settori come l'industria manifatturiera vedranno la maggiore quota di attività economica, quasi 3,4 trilioni di dollari ovvero il 28% del totale. Questo perché l'implementazione di uno qualsiasi dei casi d'uso del 5G sTIMolerà la spesa per le apparecchiature prodotte dal settore manifatturiero. Oltre a questo settore, anche quello dell'informazione e delle comunicazioni avrà notevoli benefici, raggiungendo un'elevata attività economica che porterà a 1,4 trilioni di dollari. Di seguito è riassunta la produzione economica attesa per i diversi settori (Tabella 1).

Tabella 1: Predicted economic output for the different sectors thanks to 5G

Industry	Economic output in million $
Ag. Forestry and fishing	510
Arts and entertainment	65
Construction	742
Education	277
Financial and insurance	676
Health and social work	119
Hospitality	562
Information and communication	1421
Manufacturing	3354
Mining and quarrying	249
Professional services	623
Public service	1066
Real estate activities	400
Transport and storage	659
Utilities	273
Wholesale and retail	1295

CAPITOLO 3

Mercati verticali e casi d'uso

Secondo quanto visto precedentemente, i vari operatori mobili dovranno impiegare i loro sforzi e le loro risorse nei diversi mercati verticali. In questo capitolo verranno descritti i diversi settori di applicazione, delineando il valore in più che il 5G porta a questi settori.

3.1 Mercati verticali

I vantaggi della digitalizzazione, ovvero la trasformazione del business guidata dai progressi delle tecnologie e delle capacità digitali, stanno portando a massicci investimenti in tutti i settori. Le previsioni portano a pensare che questi investimenti incrementeranno di anno in anno e andranno a beneficio degli attori delle telecomunicazioni in tutto in mondo. Infatti, i ricavi previsti entro il 2030 per la digitalizzazione dei diversi settori per i player ICT dovrebbero ammontare a circa 3,8 trilioni di dollari. I dieci mercati verticali che verranno esaminati in questo lavoro di tesi sono: sanità, media e intrattenimento, automotive, public safety, energia, smart city, educazione, finance, agricoltura, agriculture e industry 4.0.

Gli investimenti portati dal valore che il 5G sta fornendo in questi settori dovrebbero aggirarsi intorno a 1,5 trilioni nel 2030. Questo valore però non sarà indirizzato totalmente dai service provider in quanto la capacità di assumere un ruolo nella catena del valore differirà per industria a causa della velocità della disruption, della rilevanza geografica e della complessità delle azioni che comportano i casi d'uso. Tuttavia, non è possibile per tutti i service provider perseguire tutte le opportunità in

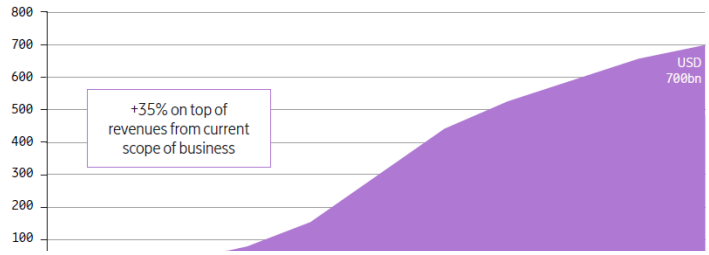

Figura 17: Potenziali ricavi per fornitori di servizi

questi settori. Anche se alcune industry sembrano avere elevati potenziali di guadagno, non è l'unica cosa che conta per i fornitori di servizi quando decidono di rivolgersi ad un determinato settore. La valutazione dei fattori, inclusi gli effetti di concorrenza, effetti di scala e di scopo, nonché i rischi ed i rendimenti attesi sono la chiave per stimare il potenziale commerciale.

La Figura 17 mostra che il mercato presenta una market share potenziale del 50% fino al 2026, dopodiché la crescita rallenterà, ma sarà comunque significativa. Ciò indica che la probabilità di riuscire a catturare parti di questo potenziale è maggiore nei prossimi 5-7 anni in cui vengono stabiliti ruoli e quote di mercato, piuttosto che negli anni successivi. A livello di market share nel 2030, Healthcare in testa con il 21%; a seguire Manufacturing al 19%, Energy and utilities al 12% a pari merito con Automotive, Media & Entertainment e Public Safety al 10%, Public Transport e Financial Services al 5%, Educational al 3% e in chiusura Agriculture al 3%.

Nello studio effettuato da Ericsson "The industry impact of 5G" è stato rilevato che le sperimentazioni dei casi d'uso del 5G sono iniziate nel 2018; successivamente, c'è e ci sarà una rapida accelerazione delle attività in quest'ambito, con oltre il 70% delle aziende che mirano ad avere i casi d'uso in produzione entro il 2021. Manufacturing, energia e utilities, trasporti pubblici e servizi finanziari sono i settori con maggiori probabilità di vedere applicati questi casi d'uso già entro il 2020. I principali fattori strategici per compiere il prossimo passo verso l'adozione del 5G sono: beneficiare dei vantaggi da first-mover, posizionarsi come innovatori all'interno del proprio settore, far leva sulle soluzioni che facilitano la trasformazione digitale e costruire una solida base per l'internet of things.

3.1.1 Il settore della sanità e dell'e-Health

L'e-Health, o "Sanità in Rete" è l'insieme di strumenti e servizi digitali al servizio della salute e delle cure mediche che usano le tecnologie informatiche e di telecomunicazione per migliorare attività come prevenzione, diagnosi e terapie delle patologie, nonché monitoraggio e gestione della salute e degli stili di vita. La sanità in Rete contribuisce alla disponibilità di informazioni essenziali quando e dove necessario e assume una crescente importanza con l'aumento della circolazione

internazionale dei cittadini e del numero di pazienti. Gli obiettivi della Commissione Europea a riguardo dell'e-Health sono:

- Migliorare la salute dei propri cittadini usando strumenti digitali che siano anche transnazionali per rendere disponibili opportune informazioni sanitarie;
- Potenziare la qualità e l'accesso all'assistenza sanitaria coordinando le strategie dei vari paesi membri e ponendo il cittadino al centro dei sistemi sanitari;
- Rendere gli strumenti e i servizi digitali per l'assistenza sanitaria più diffusi, più efficienti e più facili da usare, anche grazie al coinvolgimento degli operatori sanitari e dei pazienti nelle scelte strategiche di progettazione e attuazione, migliorando così la sostenibilità del settore sanitario.

L'evoluzione socio-demografica della popolazione, la necessità di bilanciare risorse disponibili e qualità dell'assistenza sanitaria prestata, sono di sTIMolo alla definizione di nuove modalità di erogazione dei servizi sanitari che consentano innanzitutto di tracciare chiaramente il percorso del paziente sin dal primo momento di interazione con la rete di assistenza sanitaria. Ciò è possibile attraverso un sistema di servizi integrati in rete che consenta, in tempo reale, il controllo e la valutazione sistematica di parametri quali il rischio clinico, le procedure diagnostiche e terapeutiche con particolare riferimento alla qualità delle stesse, alle risorse impiegate, alle tecnologie utilizzate ed al livello di soddisfazione percepito dal cittadino.

Quello che Il 5G consentirà è la remotizzazione del software di controllo dei dispositivi personali su data center in cloud garantendo quindi basse latenze e accesso realTime a servizi e dati. I possibili casi applicativi sono:

- Possibilità di monitoraggio da remoto dei pazienti con patologie croniche, lungodegenti o distanti dalle strutture sanitarie tramite dispositivi medicali inviando le misure al centro medico e interagendo con il personale medico (ad es. tramite videochiamate, telemedicina/teleassistenza);

- le autoambulanze possono trasmettere in tempo reale all'ospedale di destinazione i risultati di esami, immagini mediche e stato generale della persona soccorsa;
- i medici possono consultarsi fra loro in tempo reale per effettuare diagnosi congiunte su esami;
- i lavoratori in contesti di stress/ fatica (autisti mezzi pubblici, forze dell'ordine, attività a rischio) dotati di dispositivi wearable in grado di rilevare i parametri vitali possono venire soccorsi in caso di situazioni di emergenza, migliorando così le condizioni di sicurezza sul lavoro per sé o per gli altri.

3.1.2 Il settore dei media e dell'intrattenimento

Le tecnologie digitali hanno portato un cambiamento radicale nel modo di fruire i contenuti audiovisivi da parte degli utenti. Negli ultimi anni si è assistita un'evoluzione da modelli di consumo, sempre meno lineari e vincolati, ad un palinsesto con un livello sempre maggiore di personalizzazione. Questo ha imposto agli operatori del settore di rivedere strategie, modelli di business e offerta, investendo sempre più in tecnologie digitali. Nel mondo della televisione e dei media, infatti, è in corso una profonda trasformazione in cui all'offerta tradizionale si affiancano nuovi servizi digitali in ambito media, ad esempio Netlflix. Lo scenario del settore Media in Italia (studio effettuato dall'Osservatorio dell'Agcom) mostra chiaramente l'ascesa sempre maggiore dell'online come mezzo di fruizione di contenuti, sia televisivi che editoriali. Il comparto televisivo registra un calo, soprattutto il segmento della TV in chiaro (-3,5%), mentre il segmento dell'editoria continua a registrare le performance peggiori del mercato (-5,2%), contestualmente alla crescita del web (+12,8%) trainata dagli investimenti pubblicitari e dalla diffusione delle reti a banda larga e ultra-larga che hanno favorito l'entrata di nuovi player nazionali e internazionali nell'offerta di servizi televisivi in streaming e on demand.

Al fine di una miglior convergenza tra i Telco e i media, alla base di questa trasformazione stanno realizzando la "TV 5G". Questo permetterà la trasmissione wireless di video e TV a qualità e con definizioni superiori rispetto al passato. Inoltre,

sarà possibile accedere con una elevata qualità anche in mobilità con Smartwatch, Hololens e ulteriori device mobili.

3.1.2.1 Il settore del gaming

Il gaming è ormai da anni un mercato super appetibile per le aziende che a più livelli scelgono di esplorarlo: ci sono ora oltre 2,5 miliardi di videogiocatori in tutto il mondo, che entro fine anno spenderanno complessivamente 152,1 miliardi di dollari nello specifico segmento (fonte NewZoo). Un mercato in continua crescita, tenendo conto che la cifra risulta superiore del 9,6% rispetto a quella spesa nel corso del 2018. Il gaming è un concetto molto ampio, visto che per giocare è possibile ricorrere a molteplici piattaforme, dalle console sino ai dispositivi mobili, passando per i PC. Il boom del gaming da dispositivi mobili guida la crescita del settore dei videogiochi, al punto che il 26% delle ore spese da mobile è destinato al gaming. Anche le abitudini di gioco sono in evoluzione: non si gioca più solamente su PC o console, ma anche su smartphone e tablet, particolarmente apprezzati soprattutto per giocare mentre ci si sposta.

Attualmente il mondo del gaming si sta spostando verso il cloud gaming, a volte chiamato gaming on demand, che è un tipo di gioco online che mira a fornire una giocabilità fluida e diretta agli utenti finali su vari dispositivi. Ciò si basa su un server di gioco host in grado di eseguire un motore di gioco e lo streaming dei dati di gioco sul dispositivo client. Il mondo del gaming, e in particolare il cloud gaming e il gaming on-line, richiede una banda dati sempre più importante per consentire una esperienza di gioco sempre più realistica e real-Time con gli altri giocatori. La modalità multigiocatore in alta definizione (ad esempio la mixed-reality) attraverso device di ultimissima generazione sarà uno degli innovativi scenari di gaming abilitati dal 5G. Gli sviluppatori dei giochi potranno sfruttare le potenzialità messe a disposizione dalla rete 5G per sviluppare nuove esperienze sfruttando l'augmented reality, la posizione del giocatore, l'ambiente reale per farlo interagire con un gioco che si adatta al contesto in real Time. La rete 5G, sfruttando la bassa latenza e la capacità di banda, porterà ad un'evoluzione del servizio rendendolo disponibile in mobilità, la cui esperienza sarà sempre più simile a quella di una console giochi creando nuove possibilità di interazione, rendendo i giochi sempre più realistici e coinvolgenti.

3.1.2.2 Il settore dei musei

L’espressione museo virtuale è venuta assumendo nel corso degli ultimi anni una valenza sempre più sfuggente, soprattutto a causa dei notevoli mutamenti di scenario prodotti dalle continue trasformazioni tecnologiche della comunicazione e dell’informazione. È un'entità digitale che condivide alcune caratteristiche del museo tradizionale che ha lo scopo di completare, migliorare, aumentare l'esperienza museale attraverso forme di personalizzazione, interazione ed arricchimento dei contenuti del museo. I musei virtuali possono presentarsi come riferimento digitale di un museo fisico, o possono essere realizzati indipendentemente, mantenendone l'autorevolezza. Un museo virtuale può essere un prodotto distribuito in locale, su strumenti portatili o su web; oppure può nascere fin dall'inizio come prodotto digitale che fa uso di contenuti completamente digitali. È un'entità che conserva un legame con un'istituzione che ne assicura l'autorevolezza, ma, come nel caso del museo, è cosa diversa e distinta rispetto alla biblioteca o all'archivio digitale. L’Italia, in cui si concentra un patrimonio culturale inestimabile, ha iniziato a muovere passi importanti grazie a iniziative portate avanti non solo da grandi realtà museali ma anche da piccoli musei che spesso rimangono fuori dai circuiti turistici più richiesti. Un esempio è la mostra temporanea del MAO, Museo d’Arte Orientale di Torino, in cui è stato possibile vivere un’esperienza immersiva esplorando la Città Proibita di Pechino o il MAV, Museo Archeologico Virtuale di Ercolano che si va ad affiancare ai principali siti archeologici della zona per offrire una ricostruzione fedele di spazi e vita del passato. La realtà virtuale permette anche la fruizione di opere d’arte situate altrove come è avvenuto per l’esposizione temporanea Uffizi Virtual Experience presso la Fabbrica del Vapore a Milano. Sono sempre di più le collaborazioni fra imprese di ICT e i luoghi d’arte per creare allesTimenti multimediali che prevedono anche applicazioni dedicate e adattabili alle diverse categorie di utenti.

L’innovazione in questo settore, come con gli altri, è guidata dal 5G. Nelle declinazioni d’uso della tecnologia 5G, il caso d’uso principale e che avrà maggiore impatto sarà la realtà virtuale, grazie alla capacità di offrire maggiore velocità, minore latenza, la capacità di trasportare un maggior numero di informazioni e di fornire un elevato standard di sicurezza.

3.1.3 Il settore dell'automotive

Uno degli ambiti applicativi dell'IoT su cui ci si aspetta maggiore dinamicità di mercato è quello delle Smart Car. In uno scenario di crescente domanda di mobilità e d'incremento demografico, una mobilità efficiente e sicura delle persone e delle cose è un obiettivo fondamentale su cui tutti gli stakeholder, sia pubblici che privati, saranno sempre più impegnati.

L'industria automobilistica sta attraversando una fase di profonda trasformazione tecnologica, grazie alla convergenza di diverse tecnologie da settori adiacenti (CPU e Sensori, Artificial Intelligence e Deep Learing, Image processing, etc.) che forniscono abilitatori fondamentali verso livelli di automazione più elevati dei veicoli. Molti osservatori concordano però che sarà l'avvento della rete 5G, il collante di tutte queste innovazioni e darà un impulso al settore, superando i limiti delle tecnologie che già attualmente il mondo automotive sperimenta per la comunicazione diretta tra veicoli, infrastrutture, utenti, servizi. Infatti, per affrontare situazioni stradali sempre più complesse, i veicoli automatizzati dovranno fare affidamento non solo sui propri sensori, come oggi già si sta facendo, ma anche su quelli di altri veicoli e di altri elementi di contesto e dovranno cooperare tra di loro, piuttosto che prendere decisioni da soli. Queste tendenze presentano sfide significative al sistema di comunicazione sottostante, poiché l'informazione deve raggiungere la propria destinazione in modo affidabile entro un periodo di tempo estremamente breve. Per tale motivo saranno richieste prestazioni al di là di ciò che le attuali tecnologie wireless possono fornire e proprie invece della rete 5G, la naturale candidata ad essere la rete dei veicoli completamente autonomi. Attraverso le tecnologie V2X di nuova generazione, i veicoli, l'infrastruttura stradale sempre più intelligente e i centri di controllo del traffico potranno scambiarsi informazioni, aumentando il margine di sicurezza dei veicoli, anche attraverso l'evoluzione delle tecnologie di posizionamento preciso. Grazie all'evoluzione della tecnologia sarà possibile prevenire situazioni di particolare pericolosità su specifici segmenti di strada (siano essi urbana, extra-urbana, autostradale) in caso di veicoli o ostacoli fermi sulla traiettoria di marcia, in presenza di veicoli che compiono manovre pericolose (es. per aver preso una strada in senso contrario o per stato del guidatore), oppure in condizioni particolari della strada come ad esempio presenza di ghiaccio o in caso di condizioni atmosferiche straordinarie (es. banchi di nebbia).

Le tecnologie V2X potranno essere utili anche per lo sviluppo di nuovi servizi di info-mobilità per ridurre la congestione del traffico e minimizzare i consumi energetici.

3.1.4 Il settore della Public Safety

Il mondo della Public Safety include molteplici ambiti e scenari. In primo luogo si riferisce alle Forze dell'Ordine e quindi a tutte le attività svolte per assicurare la sicurezza attraverso il rispetto delle leggi, ma in un'accezione più ampia include anche la sicurezza delle persone sia nella vita quotidiana, tramite le Agenzie Regionali di Protezione Ambientale che seguono il monitoraggio dell'inquinamento e delle condizioni di vita, sia in caso di incidenti o disastri naturali, dove la Protezione Civile assicura la prevenzione e la risposta a questo tipo di eventi.

Un Operatore di TLC può fornire un supporto fondamentale alla trasmissione in tempo reale dei dati e delle immagini, alla loro storicizzazione e alla loro visione nelle centrali operative, che forma il cuore dei sistemi delle organizzazioni che si occupano di Public Safety. In più ultimamente stanno sorgendo nuove tecnologie sia in contesto di Smart City sia in ambito Robotica di Servizio, come ad esempio, Internet of Things e i droni, che consentono di prefigurare nuovi ruoli per le TLC e nuove applicazioni di interesse generale. I servizi video impiegati per la sicurezza e la protezione pubblica possono trarre grande beneficio dalle infrastrutture LTE e poi dal 5G sia per prestazioni che per funzionalità. Già il 4G ha contribuito all'evoluzione della Public Safety, dove risulta massima la richiesta di affidabilità e disponibilità della rete. Il vantaggio principale è la possibilità di passare da una rete proprietaria ad una rete standard che, anche in mobilità, offre una banda sufficientemente larga e con latenze contenute, in grado ad esempio di trasmettere video live da un'auto pattuglia verso la centrale, o di abilitare il monitoraggio del traffico in tempo reale per migliorare il servizio di trasporto pubblico.

Le reti 5G saranno in grado di supportare una varietà di casi di utilizzo molto differenti, con diversi requisiti per la latenza, il throughput e la disponibilità. Una importante funzionalità che verrà inserita proprio con il 5G e che risulterà molto utile soprattutto per la Public Safety sarà lo "slicing" della rete. Poter creare reti ad hoc "affettando la rete fisica" consentirà infatti la progettazione, la distribuzione, la personalizzazione e l'ottimizzazione di diverse reti virtuali in esecuzione su

un'infrastruttura di rete comune, assegnando ad ognuna di esse livelli di qualità di servizio necessari per soddisfare quel particolare scenario.

3.1.5 Il settore dell'energia

L'implementazione del 5G consentirà soluzioni innovative per facilitare la produzione, la trasmissione, la distribuzione e l'utilizzo di energia, accelerando il progresso della tecnologia in quasi tutti i campi.

Gli impianti di produzione di energia richiedono una manutenzione continua che è fondamentale per il loro corretto funzionamento e per evitare i pericoli. I tecnici dell'assistenza sul campo sono spesso impegnati in operazioni critiche con importanti problemi di sicurezza. Fornendo ai dispositivi dipendenti dalla batteria una lunga durata di vita, 10 anni o più, e consentendo una comunicazione rapida e affidabile, il 5G rende pratico l'ampio dispiegamento di sensori, come rilevatori di perdite su una tubazione, pratici per le utility, consentendo un monitoraggio continuo e riducendo fortemente la necessità per l'intervento umano migliorando notevolmente la sicurezza.

Il 5G sarà un ingrediente importante per lo sviluppo di tecnologie di reti intelligenti, consentendo alla rete di adattarsi meglio alle dinamiche delle energie rinnovabili e della generazione distribuita. Poiché le risorse rinnovabili come l'energia solare ed eolica sono intermittenti, la rete richiederà un monitoraggio e un controllo integrati, nonché l'integrazione con l'automazione della sottostazione, per controllare i diversi flussi di energia e pianificare la capacità di standby per integrare la generazione intermittente. Automatizzando i sistemi di gestione di questa crescente mole di informazioni, che includeranno variabili quali la valutazione dei comportamenti dei prosumer rispetto a offerte, l'andamento del mercato dei prezzi energetici, anche a livello internazionale, e le esigenze strutturali della rete, le funzionalità Smart Grid semplificheranno il controllo dei flussi di energia bidirezionali e il monitoraggio, il controllo e il supporto di queste risorse distribuite. Così facendo si passerà quindi da un sistema predittivo a un sistema di report in tempo reale che sfrutta le soluzioni wireless e le utility potranno bilanciare meglio domanda e offerta, mantenere infrastrutture critiche e sfruttare la tecnologia per educare e informare i consumatori.

3.1.6 Il settore delle Smart City

La Commissione Europea definisce le Smart City come il luogo dove le infrastrutture e i servizi tradizionali diventano più efficienti tramite l'impiego delle tecnologie di informazione e comunicazione digitale. Si stima che la popolazione urbana aumenterà nei prossimi 40 anni di 2,3 miliardi, con il 70% della popolazione mondiale che nel 2050 vivrà nelle città. Questa crescita porrà davanti a molte sfide. Le smart city saranno una possibile soluzione per fornire servizi migliori ai cittadini, utilizzare meglio le risorse e riguardare così l'ambiente.

Le smart city si stanno muovendo verso l'utilizzo di NB-IoT per alcuni use case di interesse per i propri cittadini, come la gestione dei rifiuti, dell'illuminazione pubblica, dei parcheggi pubblici e il monitoraggio di parametri essenziali come l'inquinamento e il traffico, grazie alla distribuzione sul territorio di numerosi sensori che, misurando i parametri di interesse, li possono comunicare alle piattaforme di servizi tramite la rete. Ma come già accennato, il salto verso una nuova società "connessa" verrà assicurato dal 5G, sia estendendo le capacità del già presente NB-IoT per la gestione dei sensori sul territorio, sia aggiungendo funzionalità essenziali legate alla reliability e alla low latency della rete 5G e all'ulteriore incremento della banda sia in uplink, che in downlink. La connettività 5G e i sensori permetteranno di avere capillarità, efficienza e affidabilità nella raccolta dei dati, di fatto 'virtualizzando' le informazioni in tempo reale sulla città. Le piattaforme IoT permetteranno di aggregare in modo strutturato i dati raccolti, fornendo agli strati applicativi le informazioni necessarie allo sviluppo dei servizi.

Nel Cloud i servizi saranno principalmente orientati al monitoraggio, alla pianificazione e al controllo sempre più reattivo della città da parte della Pubblica Amministrazione, con viste aggregate e integrate sui dati disponibili, anche grazie all'analisi dei dati tramite tecnologie Big Data e di Artificial Intelligence. Sarà sempre più possibile coinvolgere anche i cittadini in modo diretto, fornendo loro servizi che sfruttano i dati in tempo reale, e al contempo utilizzando i device mobili dei cittadini stessi come sensori.

Una ricerca di Accenture suggerisce che "le soluzioni per le città intelligenti applicate alla gestione del traffico automobilistico e alle reti elettriche potrebbero produrre benefici e risparmi per 160 miliardi di dollari attraverso riduzioni del consumo di energia, congestione del traffico e costi del carburante. "Questi attributi del 5G

consentiranno alle città di ridurre i tempi di pendolarismo, migliorare la sicurezza pubblica e generare significative efficienze di rete intelligente", afferma il rapporto.

3.1.7 Il settore dell'educazione

Le aule sono da sempre alla prova dello sviluppo della tecnologia, e comprensibilmente - ciò che è all'avanguardia oggi sarà al corrente quando i bambini di oggi entreranno nel mondo del lavoro.

Grazie alle capacità uniche del 5G sarà possibile coinvolgere gli studenti e gli educatori delle scuole al fine di migliorare i risultati di apprendimento e affrontare gli ostacoli fondamentali alla disponibilità degli studenti per le scuole superiori, l'università e le carriere.

La realtà virtuale può rendere le lezioni più coinvolgenti e coinvolgere gli studenti, ma comporta la trasmissione di enormi quantità di dati, in particolare se le cuffie sono wireless, il che si traduce in un ritardo che può essere fonte di distrazione o frustrazione.

Con il 5G, gli insegnanti saranno in grado di condividere ricche esperienze virtuali con le loro classi, esplorando il sistema solare, il corpo umano, la struttura di un fiore e il fondo dell'oceano senza lasciare i loro posti. I bambini saranno in grado di apprendere al proprio ritmo in un ambiente adatto a loro, e gli insegnanti avranno più tempo da dedicare al coinvolgimento degli studenti grazie alla migliore connettività e all'evoluzione dell'IoT che permetterà ad esempio di registrare automaticamente, grazie a dei sensori, ogni bambino quando arriva in classe, eliminando così la necessità di prendere un registro cartaceo in mano. Oggi, studenti e insegnanti possono interagire tramite collegamento video, ma la connettività irregolare significa che non è insolito che il feed venga interrotto a metà. Con solo un'ora al giorno per l'interazione, qualsiasi problema tecnico significa molto tempo di apprendimento perso.

Il 5G porterà connessioni Internet più affidabili e stabili anche in aree che attualmente soffrono di scarsa copertura. Così facendo gli insegnanti saranno in grado di interagire con gli studenti più a lungo, sicuri nella consapevolezza che la linea è stabile e condividere esperienze interattive con le loro lezioni virtuali piuttosto che solo con i video, il tutto praticamente senza latenza. In campi come l'aviazione

e la medicina, dove la formazione è sia costosa che rischiosa per lo studente e gli altri, i metodi di apprendimento forniti da VR / AR offrono un'alternativa più economica e più sicura. Uno studio che ha confrontato la conservazione dei dati tra l'apprendimento della VR e i metodi di allenamento tradizionali ha scoperto che l'80 percento delle informazioni presentate tramite VR era trattenuto dal pubblico, rispetto al 20 percento quando ascoltava una lezione. Attualmente queste tecnologie sono supportate su reti 4G e Wi-Fi, tuttavia la latenza (ritardo) tra l'immagine vista e i movimenti di chi la indossa può provocare nausea o quella che oggi viene comunemente definita "cyber sickness". Questo sfortunato effetto collaterale e la mera quantità di dati che devono essere trasmessi per far funzionare un'intera classe di dispositivi VR hanno impedito che la VR fosse pienamente adottata come risorsa educativa. Con un Internet mobile veloce, uno studente di medicina non solo potrà frequentare lezioni e seminari virtuali in tempo reale con altri studenti, ma potrà anche eseguire dissezioni e procedure virtuali con la guida di un vero tutor. La larghezza di banda superiore del 5G consentirà la trasmissione di feedback tattili, che potrebbero aiutarlo durante l'esecuzione di un'operazione virtuale e guidare le sue mani durante il lavoro. Simulazioni iperrealistiche come queste potrebbero aiutarlo a prepararsi al lavoro in un vero ospedale, e sviluppare le sue abilità durante la carriera in modo che tutti possano beneficiare di una migliore assistenza sanitaria in futuro.

3.1.8 Il settore della finanza

Il futuro dei servizi finanziari è mobile. Poiché i miglioramenti del 5G creano reti più affidabili e reattive, sarà possibile riformare in modo significativo il modo in cui banche e altri istituti finanziari usano la tecnologia, sia per le operazioni interne che per il coinvolgimento dei clienti aiutandoli a garantire che questo futuro sia più produttivo, efficiente e protetto. Dai bancomat al banking online e mobile, il settore dei servizi finanziari è stato spesso uno dei primi ad adottare la tecnologia digitale. Ad esempio, secondo una ricerca condotta da AT&T e IDG, l'81% degli istituti finanziari ha apportato modifiche tecnologiche a livello aziendale e / o di filiale negli ultimi anni.

Con l'utilizzo mobile che continua ad accelerare rapidamente, molti clienti sono attivamente alla ricerca di nuovi servizi per abbinare le tecnologie in evoluzione nelle

loro tasche e ai loro polsi. L'introduzione del 5G cambierà il paradigma di molti istituti finanziari. Operazioni bancarie familiari come i servizi di pagamento raggiungeranno nuove forme che si estenderanno ai canali più recenti, tra cui smartphone 5G, realtà virtuale, dispositivi IoT e dispositivi indossabili. Questi ultimi stanno già diventando un canale importante per i pagamenti mobili e questo probabilmente aumenterà quando il 5G sarà disponibile.

La bassa latenza, l'elevata capacità di dati e l'affidabilità delle prossime reti 5G contribuiranno a creare una nuova piattaforma per la fornitura di servizi, praticamente ovunque si trovi il cliente. La larghezza di banda a bassa latenza offrono la raccolta e la consegna di informazioni in tempo reale di dati che vanno dalla posizione alle informazioni di pagamento, aprendo la strada a nuovi servizi bancari personali basati sull'intelligenza artificiale. Questi servizi potrebbero aggregare i dati comportamentali di un utente in tempo reale per creare raccomandazioni finanziarie attente al contesto. Un assistente finanziario automatizzato potrebbe ricordare agli utenti che stanno raggiungendo un limite di budget settimanale per i servizi di intrattenimento quando vanno al cinema o suggerire nuovi modi per risparmiare al supermercato. Utilizzando servizi ad alta velocità e bassa latenza, potrebbero offrire consigli più accurati dove conta di più. Anche il servizio clienti verrà modificato. L'intelligenza artificiale (AI), ad esempio, che è ancora agli inizi nel settore dei servizi finanziari - secondo PYMNTS, solo il 5,5 percento degli strumenti finanziari negli Stati Uniti impiega attualmente una vera IA - diventerà più onnipresente. Gli intermediari finanziari saranno costretti ad abbracciare l'IA e altre tecnologie destinate a migliorare i servizi bancari e finanziari per i clienti e migliorare sia la sicurezza che la velocità.

I benefici di 5G dovrebbero estendersi oltre i clienti. I professionisti finanziari potranno inoltre utilizzarli per creare processi di back-end più efficienti. Nell'assicurazione, i periti possono utilizzare la connettività ad alta velocità abilitata per il 5G per inviare rapidamente dozzine di foto alla sede centrale, senza dover aspettare per raggiungere il proprio ufficio o la rete domestica. Utilizzando questa tecnologia, le compagnie assicurative potrebbero servire i clienti in modo più rapido e automatico, specialmente quando si combinano i processi di aggiustamento dei sinistri con l'IA.

3.1.9 Il settore della Smart Agriculture

La Smart Agriculture è oggi uno dei settori con la più elevata opportunità di sviluppo e con la più bassa penetrazione di soluzioni digitalizzate. Infatti, mentre l'innovazione e i progressi tecnologici siano state presenti in tutte le industrie a livello globale, l'agricoltura rimane il settore meno digitalizzato. Il problema principale derivante da questo settore è stato il modello agroalimentare degli ultimi 50 anni che ha concesso uno sfacciato sfruttamento e deterioramento delle risorse naturali, poiché considerate erroneamente inesauribili. I costi ambientali e sociali pagati a causa dell'agricoltura intensiva sono stati enormi, soprattutto sotto l'aspetto dell'inquinamento, della perdita di biodiversità, della riduzione della fertilità dei suoli, dell'abbandono dei territori marginali creando evidenti problemi di sostenibilità. Ma ad oggi si stanno facendo notevoli passi in avanti. Le soluzioni per il miglioramento della produttività in agricoltura stanno contribuendo a incrementare l'efficienza delle risorse e ridurre l'impatto ambientale, promuovendo al tempo stesso la competitività degli agricoltori. La rivoluzione della smart farming ha avuto un notevole sprint negli ultimi anni guidato dal basso costo della tecnologia, adesso utilizzata per svariate applicazioni. Ad oggi sono state messe in campo a soluzioni innovative nel campo delle apparecchiature di precisione e dell'automazione, grazie all'uso della robotica e di sensori che consentono di ridurre anche dell'85% l'utilizzo di pesticidi, diminuire sprechi e consumo di risorse e aumentare la qualità e la quantità di raccolto. Al fine di avere una agricoltura connessa, è stato anche sviluppato un software che permette di migliorare l'utilizzo delle risorse e ridurre le inefficienze. Con il 5G l'ecosistema la Smart Agriculture ha l'obiettivo ambizioso di ridurre drasticamente i costi di produzione e l'impatto sull'ambiente, garantendo ai consumatori un prodotto sicuro e di qualità. Con i sensori 5G, fissi o montati a bordo di droni, è possibile raccogliere dati e immagini su ogni singola appezzamento di terra o per ogni tipologia di coltura presente nei campi. È possibile analizzare una grande vastità di dati: dal livello di umidità del suolo alla salute delle piante, fino al livello di maturazione e molto altro ancora. Tutti dati che, attraverso il cloud, vengono inviati a un computer che analizza lo stato di salute o individua segnali di stress o malattie. In questo modo gli agricoltori possono decidere anticipatamente e con assoluta precisione come distribuire acqua, pesticidi o fertilizzanti. La sfida per il futuro del settore alimentare, tenuto conto anche della crescita prevista per la popolazione

mondiale, sarà quella di progettare architetture e implementare algoritmi che supportino ciascun oggetto della filiera agro-alimentare al fine di massimizzarne il rendimento diminuendo ulteriormente i costi e impatto ambientale e mantenendo alta la qualità dei prodotti, creando valore in modo sostenibile per l'intera filiera agricola.

3.1.10 Il settore del manufacturing e dell'Industry 4.0

Il termine Industry 4.0 (I4.0) indica la quarta rivoluzione industriale. È una rivoluzione in corso e sta cambiando lo scenario produttivo industriale con impatti sulle aziende, sui loro processi produttivi e sulle persone, con l'obiettivo della riduzione dei costi di produzione e del Time to market tramite l'utilizzo di macchinari intelligenti, connessi e facilmente gestibili. Industry 4.0 è un nome per l'attuale tendenza dell'automazione e dello scambio di dati nelle tecnologie di produzione. Include sistemi cibernetici, Internet delle cose, cloud computing e cognitive computing. L'industria 4.0 crea quella che è stata definita una "fabbrica intelligente". All'interno delle fabbriche intelligenti strutturate modulari, i sistemi cyber-fisici monitorano i processi fisici, creano una copia virtuale del mondo fisico e prendono decisioni decentralizzate. Con Internet of Things, i sistemi cyber-fisici comunicano e cooperano tra loro e con gli esseri umani in tempo reale e, tramite Internet of Services, i servizi della catena del valore offrono e utilizzano sia servizi interni che interorganizzativi. Secondo uno studio dell'Osservatorio del Politecnico di Milano, il mercato dei progetti di Industria 4.0 raggiunge nel 2018 un valore di 3,2 miliardi di euro, di cui l'82% realizzato verso imprese italiane e il resto export di progetti, prodotti e servizi. C'è una crescita netta del 35% rispetto all'anno precedente, guidato dai frutti degli investimenti effettuati nel 2017, e fatturati nel 2018, sulla spinta del Piano Nazionale Industria 4.0. La crescita in realtà è più che raddoppiata negli ultimi quattro anni, a cui va aggiunto un indotto di circa 700 milioni di euro in progetti tradizionali di innovazione digitale. Nell'ultimo anno, in base ai risultati del primo trimestre, è avvenuto un rallentamento della crescita attorno al +20-25%.

L' I4.0 si può descrivere come un processo che porterà ad una produzione industriale del tutto automatizzata e interconnessa. McKinsey individua 4 principali direttrici di sviluppo:

- La prima è quella improntata verso IoT, il M2M e i big data, ovvero tutto ciò che riguarda la connettività, i dati e la potenza di calcolo. Comprende anche il cloud computing per la raccolta, centralizzazione e conservazione delle informazioni (si parte dal remote monitoring per arrivare alla connessione diretta tra i macchinari).
- La seconda è quella degli analytics: si passa alla raccolta del valore dai dati raccolti. Tra i vantaggi che ne derivano vi è l'analisi in tempo reale dei dati, come per il predictive mantenance, oppure è possibile applicare il machine learning, ovvero le macchine si autocorreggono e perfezionano apprendendo dalle informazioni raccolte.
- La terza è quella che riguarda l'interazione tra uomo e macchina. Le applicazioni più utilizzate sono le interfacce touch, sempre più diffuse, e la realtà aumentata: un esempio è la possibilità di facilitare e migliorare il lavoro utilizzando strumenti come i Google Glass o i visori Virtual Reality.
- La quarta e ultima è incentrata sul settore che si occupa del passaggio dal mondo digitale a quello "reale/fisico" e che comprende la manifattura additiva, la stampa 3D, la robotica, le comunicazioni, le interazioni machine-to-machine e le nuove tecnologie per immagazzinare e utilizzare l'energia in modo mirato.

Di queste tecnologie, la più diffusa è quella Industrial IoT che rappresenta circa il 60% del mercato con un valore di 1,9 miliardi di euro e con una crescita netta del +40%. Subito dopo c'è il mercato degli Industrial Analytics e del cloud Manufacturing, con una quota rispettivamente del 17% e 8% e crescita del +30% e +35%.

È un settore importante su cui puntare in quanto porta a diversi benefits:

- Abilita la connessione tra persone, macchine, sensori e device e la comunicazione tra loro;
- L'automazione e la robotica forniscono un supporto vitale in ambienti pericolosi per l'essere umano. La fase successiva è quella di costruire un sistema che aiuta l'essere umano nel decision making e nel problem solving;
- Creare un sistema cyber-fisico che abilita sistemi per condividere dati istantaneamente;

- Aumentare l’integrazione tecnologica e l’analisi predittiva per aumentare efficienza e diminuire i costi;
- Le imprese possono offrire molti più prodotti customizzati che potrebbero portare a maggiori profitti ed aiutare ad espandere il business;
- La gestione della supply chain diventerà globale e i business diventeranno competitivi.

CAPITOLO 4

Attività di stage

Nel presente capitolo verrà descritta l'esperienza di stage da me condotta dal 13 Maggio 2018 al 27 Settembre 2018 con attività full-Time, presso la sede TIM Business a Torino in via Arrigo Olivetti 6, in area Progettazione Pre-Sales Piemonte-Liguria-Val d'Aosta, segmento Pubblica Amministrazione. Il ruolo da me svolto nel periodo di stage è stato quello di Business & Innovative Projects Analyst, sotto la guida di Vincenzo Cafarelli, Pre Sales Engineer e Focal Point dell'Area Progettazione PAL (Piemonte-Liguria-Val d'Aosta). Gli obiettivi iniziali da raggiungere, delineati da Vincenzo erano:

- Studiare soluzioni nell'ambito Smart City & IoT identificandone le caratteristiche sia in termini tecnologici, sia in termini di modello di business.
- Analizzare le possibili applicazioni in particolare rivolte al mondo Public (salute, logistica, metering, sicurezza, etc…) e le relative soluzioni e tecnologie presenti sul mercato per rispondere alle esigenze dei clienti.
- Elaborare, a completamento dello studio, un case study in cui proporre una soluzione per un cliente della Pubblica Amministrazione Locale nell'ambito della sperimentazione di servizi innovativi su tecnologia 5G in ambito Smart Cities/Smart Areas.

Dopo una prima fase di intenso approfondimento sui sistemi di telecomunicazione, sulle tecnologie mobili precedenti ed in particolare sulla transizione dal 4G al 5G, le attività di tirocinio si sono incentrate prevalentemente su:

- Studio dei casi d'uso pensati per i clienti della Pubblica Amministrazione.
- Proof of Concept.
- Studio della procedura con cui TIM intende supportare le varie figure interne per la creazione di offerte su misura per ogni singolo cliente, ovvero assistenza nella creazione di un CTIO portfolio packages.

- Partecipazione ad un progetto, come supporto per la definizione della risposta ad un bando di gara pubblicato dal MISE.

In tutto il capitolo verranno omessi dati e analisi di tipo economico poiché dati sensibili.

4.1 Studio dei casi d'uso pensati per i clienti della Pubblica Amministrazione

Per dare al lettore un'idea di quali sfide comunicative il 5G dovrebbe risolvere, saranno presentati i casi d'uso più importanti proposti per il 5G nell'ambito della Pubblica Amministrazione. I casi d'uso sono descrizioni delle interazioni tra uno o più attori, in genere gli utenti, i sistemi e le tecnologie per raggiungere un obiettivo.

I casi d'uso per il 5G possono essere suddivisi in due categorie principali: banda larga mobile e Internet of Things (IoT).

4.1.1 Public Safety

Questo Use Case è contestualizzato per un impiego in ambito Public Safety e prevede che gli agenti siano dotati di una BodyCam wearable in grado di registrare immagini relative ad azioni in campo (manifestazioni, eventi, interventi, …).

Le immagini potranno:

- Essere acquisite e scaricate in un secondo momento al rientro presso la sede operativa (es. questura) dove tramite uno specifico SW e una opportuna docking station potranno essere catalogate (anche come prove in caso di Processo) e archiviate. Questa modalità è già stata resa disponibile con dispositivi 4G (LTE).
- Essere acquisite e inviate in diretta in modalità streaming presso una sala controllo della sede operativa (es. questura). Ad oggi l'invio è reso possibile sotto una copertura Wi-Fi o copertura 4G (LTE).

Benefici:

- Controllo diffuso e capillare del territorio mediante videosorveglianza mobile

- Monitoraggio di eventi
- Analisi real-Time e off-line di immagini acquisite sul campo
- Consentire il rapido intervento favorendo il coordinamento tra Sala Operativa e Responsabile delle operazioni sul campo

Copertura:

Ad oggi, entrambe le modalità sono rese disponibili sotto copertura Wi-Fi/4G (LTE). La copertura 5G (e relativi device) consentirà di valorizzare ulteriormente il servizio permettendo: una numerosità di videocamere attive contemporaneamente più elevata, la trasmissione di filmati ad alta risoluzione (4K) oltre che una migliore efficienza delle comunicazioni tra operatori sul campo e sala operativa grazie alla ridotta latenza.

4.1.2 Visita museale immersiva

Questo Use Case prevede che il visitatore, indossando un visore di Realtà Virtuale opportuno, possa visitare virtualmente alcuni luoghi storici/di interesse turistico messi a disposizione da Musei/Pubbliche Amministrazioni (es. i Sassi di Matera).

All'interno dell'esperienza il visitatore sarà libero di muoversi nelle aree previste, avvicinarsi ai tavoli di manipolazione degli oggetti, o spostarsi tra i diversi punti di interesse.

L'esperienza potrà svolgersi in due modalità:

- Esperienza assistita da una Guida Virtuale, una sorta di voce narrante che accompagna il visitatore illustrando un percorso di visita predefinito in sede di progettazione.
- Esperienza interattiva, incontrando nel mondo virtuale una vera e propria guida del Museo (da concordare la disponibilità) che rende la visita molto più coinvolgente, permettendo la conversazione in tempo reale tra guida e visitatore, nonché lo scambio di oggetti virtuali.

Benefici:

- Esperienza immersiva per rendere fruibili, ad un pubblico più ampio, spazi / beni architettonici / storici, eventi non accessibili in fisico
- Estensione del mercato indirizzabile dal museo
- Estensione ai luoghi non visitabili / aperti al pubblico
- Nuove modalità di storytelling turistico-culturale
- Conservazione digitale del patrimonio storico-culturale

Copertura:

Ad oggi, la copertura 5G si rende indispensabile per la realizzazione della modalità di esperienza live immersiva (presenza della guida) al crescere di client connessi; inoltre il 5G può abilitare il download progressivo dei contenuti, necessario in particolare per ambienti vasti e complessi. Sia la guida che 'il turista visitatore' devono essere sotto copertura 5G per disporre di una comunicazione fluida.

4.1.3 Realtà virtuale – Video 360° live

Questo Use Case prevede la fruizione di eventi (es. competizioni sportive, concerti, esperienze multimediali, ...) realizzando un'esperienza immersiva attraverso visori di Realtà Virtuale.

Attraverso l'impiego di telecamere 360°, che consentono la ripresa in alta definizione di video live a 360°, vengono generati flussi video che possono essere fruiti in modalità immersiva con visori di realtà virtuale, sia in tempo reale che on-demand.

Il flusso video viene inviato in rete ad una piattaforma di gestione e pubblicazione di video 360°. La larga banda e la stabilità della connessione della rete 5G garantiscono una trasmissione fluida e continua, consentendo la visione simultanea di numerosi visitatori.

I visitatori possono collegarsi in ogni momento e da qualunque luogo, trovandosi immersi in un evento/luogo come se fossero lì, e muovendosi liberamente possono guardarsi attorno. I video 360° possono essere fruiti anche in modalità non immersiva, tramite browser da PC e da smartphone.

Oltre le camere 360° possono essere adottate ulteriori camere come action-cam, wearable che inviano “solo” flussi HD, ma che possono essere indossate o montate su oggetti in movimento (auto, bici, droni, …) per ampliare l’esperienza virtuale dell’evento. Si può anche prevedere che le stesse persone che partecipano (o spettatori) possano inviare tramite smartphone i loro contributi in tempo reale alla piattaforma di pubblicazione contenuti per essere poi selezionati e pubblicati dalla regia verso i vari social.

Benefici:

- Esperienza immersiva per rendere fruibili eventi, ad un pubblico più ampio (es. attraverso piattaforme Social)
- Incremento del numero di ‘visitatori’ dell’evento
- ‘Accesso in virtuale’ a eventi/location non accessibili in fisico
- Nuove modalità di storytelling / entertainment

Copertura:

Ad oggi, la copertura 5G si rende indispensabile per la realizzazione della modalità di esperienza live immersiva. Sia la location di ripresa video che la postazione di fruizione (es. presso lo stand area Paddock) devono essere sotto copertura 5G per poter usufruire della bassa latenza e dell’elevata banda necessaria per ottenere throughput adeguati a garantire elevate performance di rete sia in UpLink che in DownLink.

4.1.4 Monitoraggio strutturale statico

Questo Use Case si riferisce al monitoraggio di edifici e infrastrutture quali ad esempio ponti, tralicci e condotte. Si basa su:

- Rete di sensori wireless che raccolgono e inviano dati attraverso un gateway NB-IoT.
- Piattaforma di raccolta e storicizzazione dei dati.
- Applicazione utente per visualizzazione ed analisi dei raccolti.
- Invio di allarmi al verificarsi di condizioni di attenzione.

Si possono misurare parametri statici (es. dilatazioni delle crepe, inclinazione delle strutture) e correlarli a parametri ambientali e atmosferici quali temperatura, umidità, quantità di precipitazioni, velocità e direzione del vento.

Benefici:

- Valorizzazione asset
- Risparmi assicurativi
- Riduzione dei costi di manutenzione
- Monitoraggio in continuità di infrastrutture remote centralizzandone il controllo mediante applicazioni e servizi in Cloud

Copertura:

L'acquisizione dei dati dal campo è supportata attualmente con copertura 4G (LTE). La copertura 5G si rende necessaria principalmente per collegare un numero elevato di sensori alla piattaforma e avere, allo stesso tempo, una bassa latenza. Tale copertura è necessaria anche per trasmettere un elevato numero di informazioni in real Time.

4.1.5 Connected bus

Questo Use Case prevede il collegamento e l'integrazione delle comunicazioni tra mezzi pubblici per aumentare la capacità, la qualità e la sicurezza del trasporto urbano. In particolare, consente di:

- Aumentare disponibilità ed efficienza dei mezzi tramite raccolta dati telematici, indicatori e parametri della meccanica ed elettronica di bordo, parametri di consumo, stato dei sistemi automatici (porte, piattaforme di accesso, annunci), come input per analisi Condition Based Monitoring/Predictive Maintenance, rilevazione tempestiva malfunzionamenti e sostituzione mezzi.
- Monitorare internamente la cabina dell'autobus per rischi o comportamenti pericolosi, basandosi su analisi automatica dello stream video (mediante tecniche AI/ML), closed loop analytics e segnalazione diretta a bordo.

- Introdurre applicazioni V2X di guida assistita: priorità agli incroci (controllo fasi semaforiche), Left-Turn Assist, lampeggianti emergenza, Road Works, Vulnerable Road Users, veicoli di soccorso.
- Coordinare servizi di trasporto e offerta servizi di journey planning e mobilità multimodale (Mobility as a Service).

Benefici:

- Controllo diretto e analisi predittiva dello stato dei mezzi, ottimizzazione delle attività di manutenzione e ricambi, aumento dei livelli di utilizzazione della flotta
- Identificazione tempestiva di guasti e minimizzazione impatto sul servizio
- Introduzione servizi di guida assistita e aumento della sicurezza stradale
- Collegamento real-Time dei mezzi e offerta servizi di journey planning e mobilità integrata
- Aumento del livello di controllo e sicurezza a bordo dei mezzi

Copertura:

La tecnologia 5G è abilitante per la realizzazione completa dello use case di monitoraggio video, guida assistita e applicazioni V2X (bassa latenza). Per specifici use case è possibile proporre una fase iniziale con copertura LTE che poi evolve a 5G mantenendo l'architettura di rete iniziale.

4.1.6 Smart Lighting

L'illuminazione stradale intelligente, un potenziale primo passo verso una città intelligente, è un altro possibile Use Case.

Modificando automaticamente l'illuminazione pubblica quando non sono presenti pedoni o veicoli, l'illuminazione intelligente può risparmiare energia e ridurre l'inquinamento luminoso pur mantenendo i quartieri sicuri.

L'illuminazione intelligente ha iniziato a essere implementata in città come San Diego e Barcellona. Attraverso il suo sistema, San Diego dovrebbe risparmiare circa 1,9 milioni di dollari all'anno attraverso l'installazione di questi lampioni. In tutti gli Stati Uniti, i potenziali risparmi derivanti da questo approccio sono stimati in oltre 1 miliardo di dollari all'anno.

L'illuminazione intelligente collegata alla rete a banda larga di una città può anche monitorare la qualità dell'aria locale. L'aggiunta di questo livello di connettività all'illuminazione a LED intelligente può anche ridurre i costi di manutenzione del sistema di illuminazione.

Benefici:

- Controllo automatizzato ed intelligente degli apparati luminosi
- Riduzione dei costi di gestione, di manutenzione e controllo delle aree illuminate
- Gestione automatizzata dell'intensità luminosa in base alla densità del flusso di passaggio
- Riduzione della spesa pubblica

Copertura:

L'acquisizione dei dati dal campo è supportata attualmente con copertura Wi-Fi/4G (LTE). La copertura 5G si rende necessaria principalmente per collegare un numero elevato di sensori alla piattaforma e avere, allo stesso tempo, una bassa latenza. Tale copertura è necessaria anche per trasmettere un elevato numero di informazioni in real Time e supportare l'AR.

4.2 Proof of Concept

Le variabili incidenti su un progetto al suo avvio sono innumerevoli: tempistiche, risorse, competenze del personale, tecnologia, ecc. Di conseguenza pianificare la progettazione e la produzione risulta complicato e potrebbe essere troppo dispendioso, soprattutto per una società all'inizio della propria attività. In questo contesto un Proof of Concept (PoC), cioè "un'incompleta realizzazione o abbozzo di un certo progetto o metodo" può risultare un'ottima occasione per valutare la fattibilità del progetto e anche i principi di base. In particolare, il PoC permette di testare un concetto prima di impegnarsi concretamente e in maniera duratura in esso evitando spreco di risorse e soprattutto frustrazioni. Il metodo consiste nella creazione di un'immagine o talvolta di un prototipo del prodotto ad un livello di realismo molto avanzato. In questo modo è possibile testare la reazione degli utenti

sul valore formale ed estetico che si è proposto e utilizzare questi feedback per sviluppare il prodotto reale.

Quando si decide di “realizzare” un PoC è fondamentale, innanzitutto, riunire un gruppo che coinvolga clienti, produttori, ideatori, amministratori, personale esperto della tecnologia e anche i potenziali fornitori. Il Proof of Concept consente di focalizzarsi sui fattori importanti per l’azienda-cliente, al fine di creare un prototipo che mettano in luce i bisogni di business e le aspettative sulla configurazione.

TIM utilizza il PoC come strumento per comprendere quali delle tante potenzialità del 5G sono necessarie ed appetibili e per fare indagini di mercato direttamente sui propri clienti B2B per raccogliere informazioni sulle necessità di miglioramento e di innovazione digitale. I PoC effettuati da TIM si articolano in 4 passaggi (Figura 18):

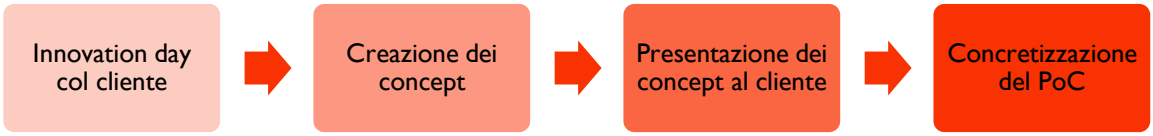

Figura 18: Fasi di un PoC

Tipicamente queste fasi non sono di breve durata, ma si protraggono per mesi. Durante il periodo di stage, per motivi temporali non mi è stato possibile seguire interamente un PoC, ma ne ho seguiti alcuni con diverso stato di avanzamento.

4.2.1 Fase 1: Innovation Day

La prima fase del PoC è quella di conoscenza dell’innovazione. TIM organizza l’Innovation Day, ovvero permette al cliente, in una data giornata, di vivere l’esperienza dell’innovazione all’interno dell’azienda. I clienti vengono scelti all’interno di un portafoglio clienti e sono suddivisi per wave, 1 o 2, a seconda della distanza temporale del PoC. Al fine di fornire una completa assistenza nell’innovation experience, il cliente viene accolto da un gruppo di esperti TIM appartenenti a diversi settori verticali quali vendite, marketing, progettazione, technology e ingegneria. È importante descrivere i vantaggi derivanti da questo nuovo approccio.

La prima fase di un PoC può essere considerata come una fase conoscitiva della tecnologia e del cliente (se nuovo nel portfolio). Essa non è importante solo per il cliente, ma anche per l'azienda in quanto può raccogliere le impressioni e soprattutto i needs dei clienti appartenenti ai vari settori verticali. Gli Innovation Day a cui ho partecipato si sono svolti nel seguente modo:

- Descrizione dell'importanza di TIM nella storia dell'innovazione nel settore delle telecomunicazioni italiana e la presenza di TIM nella trasformazione digitale del Paese.
- Approfondimento su cosa è il 5G, sulle sue potenzialità e sulle varie applicazioni abilitate.
- Mostra di ciò che sta facendo TIM per stare al passo con il 5G e quali applicazioni sta verificando nei diversi trial e sperimentazioni.

4.2.2 Fase 2: Creazione dei concept

La seconda fase di un PoC prevede l'individuazione di tutto il personale da coinvolgere nel "problema" da risolvere e la preparazione necessaria per arrivare pronti al secondo incontro con il cliente. Insieme all'ecosistema di TIM, si approfondiscono i needs del cliente raccolti in precedenza, si realizzano dei concept e si valuta quali di questi sono fattibili in quanto ci troviamo in un momento in cui non esistono ancora offerte commerciali 5G per soluzioni verticali nel B2B. I concept sono realizzati sia internamente, attraverso una fase di brainstorming, sia esternamente, valutando con i partner e con i fornitori quali soluzioni hanno da proporre e quanto siano al passo con l'innovazione del 5G.

4.2.3 Presentazione del concept al cliente

Eseguiti i primi due step, viene creato uno studio preliminare e descritta nel dettaglio la soluzione da proporre e i risultati desiderati. Dopo aver controllato l'eventuale fattibilità dei concept ideati, si sviluppano insieme ai partner delle demo o dei trial per permettere al cliente di conoscere la soluzione trovata e avere una real experience del servizio che potrebbe acquistare. È probabile che il cliente, dopo aver conosciuto le potenzialità del 5G, possa sentire la necessità e la possibilità di migliorare alcuni servizi del proprio business con delle specifiche richieste. Ecco

che in questa fase è possibile applicare i principi dello User Centered Design, ovvero un modo per progettare e costruire prodotti, servizi, siti o applicazioni tenendo conto del punto di vista e delle reali esigenze dell'utente.

Per motivi di tempo (fine stage), non è stato possibile approfondire questa fase e dunque applicare i principi dell'UCD.

4.2.4 Concretizzazione del POC

Svolte tutte le fasi precedenti vengono esposti e chiariti altri aspetti necessari alla concretizzazione del PoC, ovvero:

- Processo di pianificazione e di implementazione.
- Competenze necessarie.
- Fonti di finanziamento.
- Strumenti e risorse.
- Contesto di tutto il programma.

Per assicurarsi che il PoC venga eseguito in modo corretto, una volta determinate le precedenti voci occorre:

- Concretizzare il PoC assicurandosi di avere la disponibilità e l'accesso a tutti i componenti necessari (personale esperto, professionisti, componenti personalizzati, ecc).
- Chiarire, definire e concordare tutti i criteri di misurazione del successo.
- Utilizzare i feedback forniti del cliente
- Trattare correttamente i guasti.

4.3 Assistenza nella creazione di un CTIO portfolio 5G packages

Non tutti i concept visti fino ad adesso rimangono tali. Quelli più utili e orizzontali, ovvero utilizzabili da più imprese anche in diversi settori, sono trasformati in offerte vere e proprie. Sempre al fine di arrivare prima sul mercato, TIM internamente prova ad accelerare la realizzazione di prodotti e servizi finiti, ovvero di offerte vere e proprie da presentare ai vari clienti. Questa attività di ricerca è svolta dalla funzione CTIO (Chief Technology Innovation Officer) che ha il compito di trasformare alcune funzionalità elementari (Technical Product) in prodotti, come se fossero dei

mattoncini Lego, per poi unirli e costruire la soluzione definitiva. In particolare, a partire dai Technical Product si possono realizzare:

- Business Product: pacchetti di Technical Product già “preconfezionati” e acquistabili dalla vetrina online.
- Portfolio Package: pacchetti predefiniti di Technical Product che facilitano il lavoro dei progettisti che devono “unire i mattoncini”. Per facilitare la progettazione e semplificare la comunicazione tra CTIO e CRO (Chief Revenue Office), è stata realizzata una piattaforma apposita in cui sono contenute analisi di fattibilità e GANTT con tempi di realizzazione e costi.
  Una delle attività di assistenza alla realizzazione dei packages è stata quella di testare la piattaforma al fine di fornire dei feedback sulla chiarezza e l’usabilità.

Per realizzare questi package, la funzione CTIO è affiancata dal CRO in particolare dalla funzione Marketing e Progettazione Pre-Sales. Attività dello stage è stata quella di fornire indicazioni sulle richieste dei clienti per ottenere dei validi pacchetti.

4.4 Bando MiSE

L’attività finale del mio stage è stata la collaborazione con un team di progettisti e venditori per rispondere ad un bando di gara indetto dal MiSE.

Il Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) con Delibera n. 61 del 25 ottobre 2018 ha previsto di assegnare “fino a 45 milioni di euro per progetti di sperimentazione, ricerca applicata e trasferimento tecnologico, anche in collaborazione con gli enti territoriali, relativi alle tecnologie emergenti”.

Il 26 marzo 2019 è stato approvato, con Decreto Ministeriale, il “programma di supporto tecnologie emergenti nell’ambito del 5G” per la realizzazione di specifici progetti di sperimentazione e ricerca applicata relativi alle tecnologie emergenti e collegati allo sviluppo delle reti di nuova generazione. In particolare, è stato previsto lo sviluppo di servizi e soluzioni riguardanti l’intrattenimento, la logistica, la green economy, la tutela e valorizzazione del made in Italy, la blockchain, l’intelligenza artificiale e l’internet delle cose.

Il progetto ha previsto la realizzazione congiunta da parte di operatori titolari di frequenze 5G a 3600-3800 MHz e 26.5-27.5 GHz, Pubbliche Amministrazioni, Enti di Ricerca ed Università (partecipazione obbligatoria) che dovevano poi trovare una capofila dell'aggregazione per sottoscrivere il contratto definitivo col MISE e diventerà l'unico referente con quest'ultimo. Oltre a tali figure è stata ammessa anche la "co-partecipazione di ulteriori soggetti privati, quali PMI e start-up innovative, funzionali all'utilizzo di infrastrutture o servizi necessari all'attuazione del progetto."

La pubblicazione di tale bando è stata mirata a rilanciare i territori svantaggiati, rimasti indietro dal punto di vista tecnologico. Per questo motivo, tra i vari requisiti richiesti dal MiSE, è importante sottolineare il fatto che i progetti presentati per questa gara dovevano essere sostenibili, replicabili su tutto il territorio nazionale e immediatamente cantierabili in modo tale da favorirne rapidamente la diffusione senza distinzione tra regioni più o meno sviluppate.

Col decreto del 5 giugno 2019 è stato previsto un ammontare complessivo di 5 milioni di euro, garantendo un finanziamento pari all'80% delle spese riconosciute e rimborsando massimo 1 milione di euro per ogni singolo progetto.

Sono stati definiti ammissibili le spese e i costi relativi a:

- Personale di ricerca.
- Quote di ammortamento degli strumenti e delle attrezzature, nella misura e per il periodo relativo all'utilizzo per il progetto di ricerca e sviluppo.
- Servizi di consulenza e altri servizi utilizzati per l'attività di ricerca e sviluppo.
- Acquisto del materiale necessario alla realizzazione del progetto.
- Spese generali, non superiori al 15% del totale delle spese.

Il termine per la presentazione della domanda di partecipazione è stato fissato alle ore 12:00 del 4 novembre 2019. È stato stabilito inoltre che la durata del progetto deve essere compresa tra i 12 ed i 24 mesi, salvo rari casi in cui potrebbe essere prolungata per altri 12 mesi dopo una richiesta motivata da parte del Proponente. Inoltre, l'avvio del progetto dovrà avvenire entro e non oltre 3 mesi dalla data di sottoscrizione della convenzione con il MiSE, pena la revoca del finanziamento.

Ai fini della formazione della graduatoria di merito dei progetti, le domande saranno valutate tramite l'attribuzione di punteggi riferiti ai sottoelencati criteri (Tabella 2):

Tabella 2: Criteri valutazione

Criteri	Sottocriteri	Punti disponibili per valutare i sottocriteri	Punteggio totale criteri	Punteggio minimo sottocriteri
Caratteristiche dell'aggregazione e fattibilità tecnica del progetto	Professionalità delle risorse interne da valutare sulla base delle competenze e delle esperienze del proponente rispetto al settore/ambito in cui il progetto ricade.	4	12	2
	Professionalità delle collaborazioni fornita da soggetti pubblici e privati.	4		2
	Fattibilità tecnica del progetto, con riferimento all'adeguatezza delle risorse strumentali e organizzative e con particolare riguardo alla congruità e pertinenza dei costi e alla tempistica prevista sulla base della immediata cantierabilità.	4		3
Qualità tecnica del progetto	Coerenza della proposta rispetto alle finalità del bando, in termini di utilizzo delle tecnologie emergenti, quali Blockchain, Intelligenza Artificiale (AI), Internet delle cose (IoT) attraverso la rete 5 G.	5	10	3
	Rilevanza e originalità dei risultati attesi rispetto allo stato dell'arte nazionale e internazionale, con particolare riguardo allo sviluppo di servizi che ricadano negli ambiti della: - creatività, audiovisivo e intrattenimento; - logistica; - green economy; - tutela e valorizzazione del made in Italy.	5		3
Risultati attesi del progetto	Impatto economico delle attività progettuali sulla crescita complessiva dei territori, con un particolare focus sul rilancio dei territori svantaggiati e sul trasferimento tecnologico verso categorie di imprese, quali PMI e start up innovative.	4	8	3
	Potenzialità di sviluppo del settore/ambito di riferimento e capacità di generare ricadute positive anche in altri ambiti/settori, garantendo la sostenibilità e la replicabilità dei risultati.	4		3
	TOTALE		30	19

4.4.1 Descrizione generale dei casi d'uso presentati

TIM, insieme al gruppo di lavoro istituito per la partecipazione, ha proposto tre casi d'uso per due città del nord Italia.

Il primo caso d'uso è stato pensato per realizzare un ambiente immersivo basato su tecniche AI in grado di offrire servizi di navigazione della città in tempo reale tramite visori in modalità VR/AR. A differenza dei sistemi attualmente disponibili, il sistema sarà altamente scalabile grazie all'impiego del paradigma MEC e 5G e potrà inoltre aggregare molteplici flussi audiovisuali in tempo reale usando il paradigma URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communication).

Il secondo caso d'uso riguarda la stessa città. In particolare, tale soluzione è stata pensata per fornire funzionalità dati e audio-video sfruttando l'infrastruttura 5G all'interno di un campus tecnologico.

Infine, l'ultimo caso d'uso riguarda la seconda città e prevede la validazione di un sistema informativo innovativo per l'erogazione di servizi interattivi audio-visivi a uso dei cittadini e turisti. Il sistema sarà basato sulla stessa piattaforma 5G impiegata nella prima città e sfrutterà smartphone (Mobile Social Networking) e totem di accesso distribuito.

Il progetto è stato suddiviso in 5 obiettivi realizzativi riguardanti ognuna un determinato ambito: suddivisione delle attività e gestione generale del progetto, realizzazione di ogni caso d'uso, diffusione dei risultati del progetto e delle metodologie collegate al pubblico più vasto degli utenti finali, delle autorità cittadine, dei ricercatori e delle imprese, anche attraverso le associazioni dei Cluster Tecnologici Regionali e Nazionali.

4.4.2 Dislocazione delle sedi di sperimentazione

La sperimentazione 5G è stata prevista su 5 siti distribuiti sulle due città: la prima, con tre siti di cui due posti in centro e uno nel campus tecnologico, e la seconda con due siti, di cui il primo posto in una zona centrale e il secondo in una zona periferica.

I casi d'uso ideati per la prima città, sono stati pensati per risolvere specifici problemi legati alla conformazione della citta stessa, concernenti la mobilità, l'interazione tra

cittadino utente e istituzioni, la vivibilità e sostenibilità delle attività economiche, produttive e sociali.

Per favorire il trasferimento di tecnologia e sTIMolare possibili aggregazioni, è stato prevista la creazione di una piattaforma hardware-software capace di fornire servizi, funzionalità dati e audio-video agli sperimentatori o, più in generale, agli utenti che saranno abilitati a registrarsi al servizio sfruttando le funzionalità avanzate di rete messe a disposizione dall'infrastruttura 5G all'interno del campus tecnologico.

La seconda città è stata invece selezionata per mostrare, la capacità dei partner di poter replicare senza difficoltà le tecnologie proposte nella prima, in un territorio differente e con applicazioni diverse, ma unite dalla medesima architettura 5G di connessione, dalle metodologie MEC, URLLC, mMTC e AI, e dalle medesime tecnologie basate su dispositivi IoT, smarphone e Cloud. Inoltre, la scelta di sdoppiare l'intervento in due zone differenti della città, centrale e periferica, permetterà di valutarne gli impatti in condizioni molto differenti, anche in relazione alla riduzione del Digital Divide nelle periferie.

4.4.3 Caso d'uso: ImmersiveLAB

Il primo caso d'uso sulla prima città, prevede la realizzazione di un ambiente immersivo (ImmersiveLAB) basato su tecniche di *Image Processing* e AI con visualizzazione in modalità *Virtual Reality/Augmented Reality* (VR/AR), capace di gestire in tempo reale flussi audio-video provenienti da più telecamere IoT di tipo 360° 4k, o altri sensori audio-video, distribuiti sul territorio della città. Si tratta di utilizzare telecamere localizzate sul territorio e disposte in posizione fissa, mobile (ad esempio, su autobus e droni) oppure sfruttare quelle presenti negli *smartphone* o negli altri dispositivi di utenti nomadici. TIM supporterà la raccolta di flussi video 360° 4k con riproduzione su dispositivi compatibili con modalità di visualizzazione 4k, nonché la sua trasmissione a una console di regia che consentirà, inoltre, il mixaggio di immagini e la produzione di contenuti live o in differita utilizzando più fonti video. La soluzione considerata prevede la piattaforma *TIMStreaming* per la raccolta di flussi video da diverse tipologie di dispositivi e un sistema di regia Web capace di visualizzare in simultanea tutti i flussi, concatenarli e produrre in uscita un flusso unico. L'effetto sarà non solo quello di visualizzare i dati audio-video,

provenienti dalle telecamere distribuite sul territorio, su monitor o terminali, ma soprattutto quello di navigare con visori di realtà virtuale o aumentata nei luoghi della città che si sceglierà di visualizzare in tempo reale. I flussi audio-video delle singole telecamere potranno anche essere registrati e resi disponibili in seguito, ad esempio per rivivere esperienze sul territorio legate a eventi che non si sono potuti fruire in tempo reale.

Per implementare la soluzione proposta dal progetto non è necessario realizzare un'infrastruttura dedicata, ma basta sfruttare le caratteristiche intrinseche della rete 5G (bassa latenza ed elevata disponibilità di banda). Infatti, per soddisfare i requisiti previsti, TIM impiegherà coperture di tipo "Macro 5G" in 3 siti di cui il primo sito localizzato presso il campus (1 nodo) e gli altri due nella zona centrale. Si tratta di nodi basati sulla Release 15 3GPP a 3.7 GHz con modalità *Non-Standalone* (NSA). Saranno dispiegate telecamere di cui alcune di tipo 360° 4k in posizione fisse, altre di tipo 360° 4k montate su droni (o mezzi pubblici) e altre ancora basate su *smartphone* che consentiranno un'acquisizione in HD.

Questo caso d'uso sfrutta l'architettura MEC della rete 5G ed è ampiamente replicabile in tutte le potenziali situazioni in cui sia necessario accedere, come se fossimo in loco, alla vita reale che si sta svolgendo in un determinato luogo della città, ma anche recuperare quello che in quel luogo è avvenuto in un certo intervallo temporale. La scalabilità del sistema è garantita dalla disponibilità di banda fornita dalla rete 5G. Infatti, nel caso sia richiesto durante lo svolgimento del progetto, è possibile aggiungere al sistema una o più telecamere 360° 4k, o *smartphone* dotati di telecamere, sotto copertura 5G, che permetteranno di aggiungere nuove "viste" della città. Il progetto potrà essere pertanto dinamicamente riconfigurato, modulato e arricchito in base alle esigenze che via via potranno emergere.

Come se non bastasse, saranno anche considerati, lo sviluppo e l'utilizzo di algoritmi ML, opportunamente addestrati, per analizzare i video ripresi con telecamere 360° installate su droni (o mezzi pubblici), per riconoscere oggetti o situazioni potenzialmete pericolose, per contare i flussi auto o per riconoscere e monitorare un particolare autoveicolo.

La possibilità di registrare i video ed analizzarli anche in un secondo momento, consentirà, di confrontare e studiare come i luoghi della città sono vissuti ed utilizzati

dai cittadini e dai turisti in orari diversi della giornata, fornendo una base oggettiva su cui è possibile intraprendere una analisi più accurata del tessuto cittadino.

4.4.4 Caso d'uso: campus tecnologico innovativo

Il secondo caso d'uso previsto sulla stessa città, prevede di progettare un ambiente integrato capace di fornire servizi, funzionalità dati e audio-video su rete privata agli sperimentatori o, più in generale, agli utenti che saranno abilitati a registrarsi al servizio sfruttando le funzionalità avanzate di rete messe a disposizione dall'infrastruttura 5G all'interno del campus tecnologico.

La soluzione proposta consente l'implementazione di questo tipo di scenario senza dover realizzare un'infrastruttura dedicata, ma creando connettività dedicata a gruppi di utenti sfruttando le caratteristiche e le potenzialità intrinseche della rete 5G.

Vi sarà un significativo impatto economico e sociale nella realizzazione di questo tipo di soluzione in quanto:

- I fruitori del servizio non necessiteranno dell'acquisto di terminali o contratti di servizio ad hoc, ma potranno utilizzare i normali *smartphone* 5G già in loro possesso. Ciò renderà il servizio facilmente estendibile a qualsiasi utente che venga abilitato al servizio senza l'introduzione di barriere all'ingresso.
- Gli erogatori del servizio/i gestori del campus non avranno bisogno di realizzare alcuna infrastruttura dedicata al servizio, ma potranno sfruttare la copertura di rete radiomobile o l'interazione con totem distribuiti all'interno del campus.

4.4.5 Caso d'uso: Digital Corner

Il terzo caso d'uso, previsto nella seconda città, è stato pensato per progettare e realizzare un sistema informativo integrato e innovativo per l'erogazione di servizi di accoglienza a cittadini, pendolari, stranieri e turisti sfruttando la multimedialità dell'interfaccia di totem d'accesso e applicazioni su *smartphone*, il tutto connesso sotto copertura 5G.

L'accesso a tali servizi avverrà, mediante alcuni totem interattivi (si veda la Figura 19) installati in due siti (uno in zona centrale e uno in periferia) e dotati non solo

d'interfaccia audiovisuale con tastiera tradizionale, ma abilitati anche per applicazioni *smartphone* attivate mediante *QR Code* che permettono l'accesso diretto al singolo servizio inquadrando l'immagine visualizzata sul display dei totem distribuiti nei due siti della seconda città.

Figura 19: Accesso interattivo ai totem mediante QR Code (a sinistra) e usando l'interfaccia tradizionale

Analogamente al primo caso d'uso presentato, anche stavolta, sarà integrata, con le opportune configurazioni, un'applicazione di *Mobile Social Networking* per la condivisione e la creazione di contenuti multimediali in modo condiviso tra gli utenti che sono fisicamente localizzati nelle vicinanze dello stesso totem.
Inoltre, come nei precedenti casi d'uso, saranno utilizzate anche le informazioni, in forma anonimizzata, estratte dalla rete 5G riguardante la posizione e il tipo di attività degli utenti ed elaborate con tecniche AI. Grazie alle tecnologie implementate, ad una mappa di densità e ad un cruscotto, sarà inoltre possibile analizzare la presenza e le caratteristiche della popolazione avente TIM come gestore di telefonia mobile in quella zona.

4.4.6 Sostenibilità e replicabilità dei risultati

La sostenibilità e la solidità della proposta è garantita dalla presenza di un operatore tecnologico di rilievo come TIM, presente non solo a livello nazionale ma anche internazionale, di un partner di rilievo in ambito universitario capace di sviluppare

progetti sia in ambito nazionale che europeo e di un partner coinvolto da anni nell'ambito della digitalizzazione della PA. Inoltre, la presenza di un'importante start-up innovativa garantisce la presenza di una società giovane e dinamica che ha mostrato di saper sfruttare la tecnologia come motore per l'innovazione e per lo sviluppo del territorio.
L'ente di ricerca individuato, avente come missione quella di realizzare e coordinare progetti di ricerca in ambito nazionale e internazionale, promuovere l'innovazione e il trasferimento tecnologico, avrà infine il ruolo di coordinatore scientifico e tecnologico dell'intero progetto. Il ruolo di questo ente sarà quindi quello di garantire sia il coordinamento scientifico e tecnologico del progetto, sia la sua rilevanza rispetto allo stato dell'arte nazionale e internazionale.

La partecipazione al progetto della start-up innovativa nel settore IoT, permetterà di migliorare le sinergie e le interazioni tra le PMI, gli Enti di Ricerca, gli Operatori di Reti e gli Utenti Finali, favorendo attraverso questa collaborazione il trasferimento tecnologico anche verso altre SME operanti nel settore ICT.

4.4.7 Cantierabilità immediata del progetto

Il progetto prevede di utilizzare alcuni nodi della rete 5G dispiegati da TIM sulle due città, come mezzi di comunicazione ad elevate prestazioni da utilizzare con dispositivi e sensori IoT al fine di realizzare piattaforme integrate e applicazioni ICT capaci di fornire risposte ai tre casi d'uso precedentemente dettagliati. Come precedentemente indicato, il progetto è immediatamente cantierabile e prevede, dopo la fase d'installazione e verifica dei sistemi impiegati, un periodo di sperimentazione durante l'ultima parte del secondo anno del progetto.

4.4.8 Costo e durata del progetto

Il costo totale del progetto ammonta circa ad un milione di euro, ma grazie al finanziamento richiesto all'80% sarà garantito un ottimo ritorno delle spese sostenute. I costi sono stati divisi per macro-aree di attività: progettazione, realizzazione e gestione delle infrastrutture, progettazione e gestione delle piattaforme tecnologiche e acquisizione apparati, oltre ai costi del personale e alle spese generali. Come richiesto dal Bando, per le apparecchiature il costo previsto è quello di ammortamento. La durata prevista del progetto è pari a due anni.

Conclusioni

L'obiettivo generale di questa tesi è stato quello di fornire una panoramica su tutto quello che rappresenta questa nuovissima tecnologia.

Sono state discusse le principali sfide dello sviluppo 5G e chiarito il motivo per cui questa tecnologia sarà indispensabile se si vuole progredire verso un futuro tecnologicamente avanzato.

Grazie al 5G gli operatori telefonici saranno in grado di modificare i propri modelli di business e fornire più servizi ai propri clienti. La catena del valore si sposterà in quanto anche i telco operator inizieranno, in modo diretto, a fornire servizi e assistenza ai propri clienti in modo da aumentare esponenzialmente i loro ricavi. Vendere solo la connettività oramai non è più un'attività redditizia. Essa è diventata una commodity, ovvero quel bene poco differenziabile che porta quindi ad avere una marginalità bassissima in quanto il livello di concorrenza è molto elevato ed il prezzo tende al costo marginale.

Quanto detto non significa che col 5G saranno solo gli operatori a guadagnare, ma il ricavo verrà ripartito in maniera più equa tra tutti gli attori della filiera. Non a caso, è attesa una crescita economica in tutti i mercati verticali abilitati da questa tecnologia, anzi è proprio questo uno dei motivi per cui si sta spingendo tanto verso questa nuova tecnologia.

Per quanto riguarda TIM si sta muovendo bene per farsi trovare pronta all'arrivo del 5G. Essa sta partecipando attivamente alla standardizzazione di questa tecnologia e grazie alla collaborazione con numerosi partner è alla continua ricerca di nuove soluzioni da proporre ai propri clienti anche in ambito sperimentale.

Sono certo che nel giro di pochi anni si avranno molte applicazioni 5G sia in ambito Smart City, sia in ambito Industry 4.0. Grazie alla presenza del TIM Open Lab, centro di ricerca e sviluppo, nella città di Torino, si avranno numerose sperimentazioni, alcune delle quali sono già partite negli ultimi giorni, che faranno della città un polo di riferimento europeo per le tecnologie digitali, vero e proprio laboratorio a cielo aperto per le soluzioni 5G.

Bibliografia e sitografia

Frias Z., Martinez J.P., *5G networks: Will technology and policy collide?,* 2018, Telecommunications Policy 42 (2018) 612–621;

Oughton E.J., Frias Z., *The cost, coverage and rollout implications of 5G infrastructure in Britain,* 2018, Telecommunications Policy 42 (2018) 636–652;

Vannithamby R., Talwar S., *Towards 5G: Requirements and Candidate Technologies*, 2017, John Wiley & Sons, Incorporated;

Campbell K., Diffley J., Flanagan B., Morelli B., O'Neil B., Sideco F., *The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy,* January 2017, IHS economics & IHS technology;

Yousaf F.Z., Bredel M., Schaller S., Schneider F., *NFV and SDN—Key Technology Enablers for 5G Networks*, 2017;

Suryanegara M., *5G as disruptive innovation: Standard and regulatory challenges at a country level*, 2016;

Notiziario Tecnico TIM, Anno 26 - Numero 1, Aprile 2017, www.telecomitalia.com/notiziariotecnico , ISSN 2038-1921;

Notiziario Tecnico, Anno 26 - Numero 2, Luglio 2017, www.telecomitalia.com/notiziariotecnico , ISSN 2038-1921;

Notiziario Tecnico, Anno 28 - Numero 1, Aprile 2019, www.telecomitalia.com/notiziariotecnico , ISSN 2038-1921;

Cave M., *How disruptive is 5G?,* Telecommunications Policy, Volume 42, Issue 8, September 2018, Pages 653-658;

Lema M., Layes A., Mahmood T., Cuevas M., Sachs J., Markendahl J., Dohler M., *Business Case and Technology Analysis for 5G Low Latency Applications,* 2017, Pages 5917 – 5935;

Bangerter B., Talwar S., Arefi R., Stewart K., *Networks and devices for the 5g era*, 2014, IEEE Communications Magazine 52 (2), Pages 90–96;

Bhushan N., Li J., Malladi D., Gilmore R., Brenner D., Damnjanovic A., Sukhavasi R., Patel C., Geirhofer S., *Network densification: the dominant theme for wireless evolution into 5g*, 2014, IEEE Communications Magazine 52 (2), Pages 82–89;

Ch´avez-Santiago R., Szydelko M., Kliks A., Foukalas F., Haddad Y., Nolan K. E., Kelly M. Y., Masonta M. T., Balasingham I., *5g: The convergence of wireless communications,* 2015, Wireless Personal Communications 83 (3), 1617–1642;

Hossain S., *5g wireless communication systems*, 2013, American Journal of Engineering Research 02 (10), 344–353;

Janevski T., *5g mobile phone concept*, 2019, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1–2;

Lucas E., *In south korea, the race is on for olympics 5g next year*, February 2017 Retrieved May 3rd, 2017; URL https://phys.org/news/2017-02-south-korea-olympics-5g\-year.html

Lucas, E., February 2017. In south korea, the race is on for olympics 5g next year. Retrieved

May 3rd, 2017; URL https://phys.org/news/2017-02-south-korea-olympics-5g\

-year.html

NGMN, *Ngmn alliance: 5g white paper - executive version*, 2014;

Nokia, *White paper: 5g use cases and requirements*, 2014;

Olsson M., Cavdar C., Frenger P., Tombaz S., Jantti R., *5green: Towards green 5g mobile networks*, 2013, WiMob 2013, The 9th IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing Networking and Communications: GROWN International Workshop on Green OpTIMized Wireless Networks, 1–5;

Rost P., Bernardos C. J., De Domenico A., Girolamo M. D., Lalam M., Maeder A., Sabella D., Wbben D., *Cloud technologies for flexible 5g radio access networks*, 2014, IEEE Communications Magazine 52 (5), 68–76;

Sapakal Reshma S., Kadam S. S., *5g mobile technology*, 2013, International Journal of Advanced Research in Computer Engineering Technology 2 (2), 568–571;

Wang C.-X., Haider F., Gao X., You X.-H., Yang Y., Yuan D., Aggoune H., Haas H., Fletcher S., Hepsaydir E., *Cellular architecture and key technologies for 5g wireless communication networks*, 2014, IEEE Communications Magazine 52 (2), 122–130;

Yazici V., Kozat U., Sunay M., *A new control plane for 5g network architecture with a case study on unified handoff, mobility, and routing management*, 2014, IEEE Communications Magazine 52 (11), 76–85;

Sharma P., *Evolution of mobile wireless communication networks - 1g to 5g as well as future prospective of next generation communication network*, 2013, International Journal of Computer Science and Mobile Computing 2 (8), 47–53;

Vollen D.-R. Z., *Første kommersielle 5g-nett i korea*, Retrieved May 3rd, 2017; URL http://www.cw.no/artikkel/5g/forste-kommersielle-5g-\nett-korea

Basole R.C., Karla J., *Value Transformation in the Mobile Service Ecosystem: A Study of App Store Emergence and Growth*, 2012, Service Science 4(1):24-41;

Oliver C., *Determinants of interorganizational relationships: Integration and future direction,* 1990. Acad. Management Rev. 15(2):241–265;

Eisenhardt K.M., Schoonhoven C.B., *Resource-based view of strategic alliance formation: Strategic and social effects in entrepreneurial firms*, 1996, Organ. Sci. 7(2):136–150;

Rapporto Asstel 2018;

TIM Netbook 3Q2018;

Kuo Y.F., Yu C.W., *3G telecommunication operators' challenges and roles: A perspective of mobile commerce value chain,* 2006, Technovation, Volume 26, Issue 12, December 2006, Pages 1347-1356;

D'Apollonio, *L'ecosistema 5G: governare il futuro delle infrastrutture e delle piattaforme digitali,* 2018, DIGITAL ITALY SUMMIT 2018;

Cronostoria 2018, Relazione Telco per L'Italia;

Rangone A., *Il 5G apre nuovi mercati, ma occorre un cambio di rotta*, 13/12/2018, fonte Corcom;

Comunicato stampa AGCOM: adottate le procedure di assegnazione delle frequenze per la transizione ai sistemi mobili di comunicazione di quinta generazione (5G), Roma, 23 Maggio 2018;

Russo L., Report Telco per L'italia 2018, Product Manager Mobile Infrastructure, PRYSMIAN GROUP;

Sassano A., Report Telco per l'Italia 2018, presidente fondazione Bordoni;

AGCOM, *Indagine conoscitiva concernente le prospettive di sviluppo dei sistemi wireless e mobili verso la quinta generazione (5G) e l'utilizzo di nuove porzioni di spettro al di sopra dei 6 GHz ai sensi della delibera N. 557/16/CONS*;

Ericsson, *5G for business: a 2030 market compass*, October 2019;

Notiziario Tecnico, Anno 26 - Numero 2, Luglio 2017, pag.45, pag.61-62, pag. 73, www.telecomitalia.com/notiziariotecnico , ISSN 2038-1921;

Accenture Strategy, *How 5G Can Help Municipalities Become Vibrant Smart Cities*, SMART cities;

Lema M., Layes A., Mahmood T., Cuevas M., Sachs J., Markendahl J., Dohler M., *Business Case and Technology Analysis for 5G Low Latency Applications,* 2017, Pages 5917 – 5935;

Cheng J., Chen W., Tao F., Lin C.L., *Industrial IoT in 5G environment towards smart manufacturing,* 2018, Journal of Industrial Information Integration, Volume 10, June 2018, Pages 10-19;

Sriganesh K.R., Ramjee P., *Impact of 5G Technologies on Industry 4.0*,18 Marzo 2018, Springer Science Business Media, LLC, part of Springer Nature 2018

What Do Customers Crave in Mobile 5G?: A survey spotlights four standout factors. Autori: A. Seetharaman, Niranjan Niranjan, Varun Tandon, Sindhja Devarajan, M. Krishna Moorthy, A.S. Saravanan. Pubblicato: IEEE

https://www.economyup.it/innovazione/telecomunicazioni-in-italia-o-si-cambia-o-si-muore/

https://www.accenture.com/_acnmedia/pdf-94/accenture-b2b-growth-in-telecoms-pov.pdf

https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_network_operator

https://it.wikipedia.org/wiki/Internet_service_provider

https://www.inacon.de/glossary/Core-Network-Operator.php

https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_access_network

http://www.datamanager.it/news/reti-e-tlc/energia-rinnovabile-ed-efficienza-abbattere-i-costi-delle-telecomunicazioni

https://www.telecomitalia.com/tit/it/notiziariotecnico/edizioni-2017/n-2-2017/capitolo-1.html

https://www.universofree.com/2019/01/17/agcom-TIM-ancora-prima-nelle-sim-complessive-iliad-a-quota-2-2-2-7-nelle-sim-human-mvno-stabili-anche-senza-kena-e-ho/

https://www.globalxetfs.com/what-4g-can-teach-us-about-5g/

https://www.solotablet.it/blog/approfondimenti/tecnologia-5g-e-nuovi-modelli-di-business

https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/nb-iot-e-5g-per-lindustria-4-0-il-ruolo-delle-telco/

https://www.valut-azione.net/saperi/strategia/analisi-pest/

https://www.corrierecomunicazioni.it/telco/5g/svolta-5g-nicita-next-neutrality-la-prossima-frontiera/

https://www.corrierecomunicazioni.it/telco/5g/net-neutrality-ha-ancora-senso-nellera-del-5g/

https://it.wikipedia.org/wiki/Neutralit%C3%A0_della_rete

https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/guerra-usa-cina-sul-5g-la-sfida-sara-salvare-innovazione-e-sicurezza/

https://www.agendadigitale.eu/sicurezza/il-nuovo-governo-esercita-la-golden-power-che-succede-adesso/

https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/golden-power-5g-corona-ecco-effetti-e-limiti-del-decreto-conte/

https://quifinanza.it/info-utili/5g-cose-quale-impatto-avra-economia/301091/

https://www.repubblica.it/economia/2018/10/02/news/asta_5g_incasso_da_superenalotto_lo_stato_avra_6_7_miliardi_per_le_frequenze-207969038/

https://tecnologia.libero.it/TIM-e-vodafone-accordo-ufficiale-per-la-condivisione-delle-antenne-5g-29209

https://www.rsi.ch/rete-uno/programmi/intrattenimento/millevoci/Le-antenne-5G-tra-scetticismo-dubbi-paure-e-nuove-opportunit%C3%A0-tecnologiche-11710475.html

https://www.wired.it/scienza/medicina/2018/01/24/rete-5g-pericolo-salute-umana/

https://www.TIM.promo/5g/5g-e-fibra-ottica-come-cambiera-il-mondo-delle-connessioni-in-italia/

https://www.prysmiangroup.com/staticres/insight-3-2018-it/global-scenario/il-5g-e-il-futuro-e-non-ce-5g-senza-fibra.html

https://www.corrierecomunicazioni.it/digital-economy/niente-5g-senza-ftth-ecco-perche-la-fibra-fino-a-casa-e-linfrastruttura-definitiva/
https://www.corrierecomunicazioni.it/telco/TIM-patto-segreto-con-enel-e-cdp-sulla-fusione-con-open-fiber/

https://www.corrierecomunicazioni.it/telco/banda-ultralarga/TIM-open-fiber-il-cerchio-si-stringe-in-ballo-solo-la-fibra/

https://www.facile.it/adsl/news/TIM-e-open-fiber-fibra-ottica-in-arrivo-la-fusione.html

https://www.hwupgrade.it/news/telefonia/5g-e-davvero-piu-veloce-la-nuova-rete-ecco-i-primi-risultati-sul-campo_83035.html

https://www.innovationpost.it/2019/04/23/opportunita-e-limiti-tutto-quello-che-ce-da-sapere-sulla-tecnologia-5g/

https://www.tecnoandroid.it/2019/05/16/TIM-vodafone-sviluppo-5g-525078
https://www.mise.gov.it/index.php/it/normativa/notifiche-e-avvisi/2036226-5g-avviso-pubblico-per-progetti-sperimentali

https://www.t5g.it/123903-prato-5g-i-casi-duso-e-i-progetti-in-via-di-sviluppo-con-wind-tre-e-open-fiber/

https://www.tecnoandroid.it/2019/02/25/5g-le-novita-da-TIM-vodafone-wind-tre-iliad-e-fastweb-482483

https://tech.fanpage.it/5g-ecco-come-gli-operatori-italiani-si-preparano-al-lancio/

https://www.corrierecomunicazioni.it/telco/5g/5g-vodafone-accelera-sulle-sperimentazioni-ecco-le-7-new-entry/

https://initalia.virgilio.it/a-torino-la-prima-antenna-5g-ditalia-18799

https://www.corrierecomunicazioni.it/digital-economy/san-marino-primo-stato-5g-accessa-la-prima-antenna/

https://www.mobileworld.it/2018/12/18/san-marino-5g-copertura-totale-203055/

http://www.barimatera5g.it/

https://www.techfromthenet.it/201905108558/News-networking/TIM-presenta-le-sperimentazioni-5g-per-monitorare-genova.html

https://www.askanews.it/cronaca/2019/02/26/5g-sperimentazione-cisco-TIM-in-manifattura-e-smart-city-pn_20190226_00086/
https://www.startmag.it/innovazione/TIM-ericsson-5g-nokia-huawei-zte/

https://www.agi.it/economia/5g_costi_guerra_usa_huawei_sicurezza-6283392/news/2019-10-02/

https://www.corrierecomunicazioni.it/telco/5g/5g-for-business-la-partita-vale-700-miliardi-di-dollari/

https://www.cwi.it/networking/reti-wireless/5g-industrie-verticali-ericsson-110570

http://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_6.jsp?lingua=italiano&id=2509&area=eHealth&menu=iniziative

https://inno3.it/2019/03/07/disruption-digitale-settore-media-trend-per-2019/

https://www.hdblog.it/2019/06/20/mercato-gaming-sTime-2019-2022-mobile-console-pc/

http://www.datamanager.it/2019/03/ericsson-fotografa-il-mondo-del-gaming/

https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_gaming

https://it.wikipedia.org/wiki/Museo_virtuale

http://www.treccani.it/enciclopedia/museo-virtuale_%28XXI-Secolo%29/

http://eai.enea.it/archivio/anno-2016/patrimonio-culturale/un-nuovo-modo-di-comunicare-l2019arte-i-musei-virtuali

https://www.lastampa.it/tecnologia/news/2017/10/27/news/a-torino-il-museo-si-visita-in-realta-virtuale-grazie-al-5g-1.34409544

https://www.business.att.com/learn/tech-advice/how-5g-will-impact-the-transportation-industry.html#

https://www.global5g.org/verticals/5g-energy

https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/5g-e-smart-grid-come-cambiera-il-settore-dellenergia/

https://www.vodafone.com.au/red-wire/5g-future-students

https://www.techradar.com/news/how-is-5g-set-to-change-the-classroom

https://www.financierworldwide.com/5g-and-financial-services#.XbFue-gzbIU

https://www.business.att.com/learn/tech-advice/how-5g-will-enhance-the-finance-industry.html#

https://www.engerati.com/article/5g-%E2%80%93-what-will-it-bring-energy-sector

https://professional.advisoronline.it/risparmio-gestito/47328-smart-farming-cos-e-e-perche-rappresenta-l-ultima-frontiera-tecnologica.action

https://www.mondomobileweb.it/117760-smart-agriculture-per-un-futuro-piu-produttivo-e-con-meno-incertezze/

https://www.economyup.it/innovazione/cos-e-l-industria-40-e-perche-e-importante-saperla-affrontare/

https://www.osservatori.net/it_it/osservatori/comunicati-stampa/crescita-valore-mercato-industria-4-0-italia

http://www.nuovi-lavori.it/index.php/sezioni/820-industria-4-0-limiti-ed-opportunita-per-la-manifattura-italiana

https://www.economyup.it/innovazione/cos-e-l-industria-40-e-perche-e-importante-saperla-affrontare/

https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/the-road-to-5g-the-inevitable-growth-of-infrastructure-cost

https://www.hwupgrade.it/news/telefonia/vodafone-e-TIM-insieme-per-il-5g-ufficiale-l-accordo-la-rete-sara-condivisa-cosa-cambiera_83642.html

https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/banda-ultralarga-che-ci-porta-il-2019-tra-fibra-e-5g-tutti-i-rischi-da-evitare/

https://www.telcosolutions.net/post/will-5g-replace-ethernet

https://www.linkiesta.it/it/article/2019/05/11/nokia-ericsson-huawei-5g-telecomunicazioni/42100/

https://www.hdblog.it/2019/10/03/nokia-reti-5g-mercato-traguardi/

https://www.huawei.com/en/press-events/news/2019/6/huawei-kenhu-service-innovation-accelerating-5g-development

Fonti figure

Figura 1: interno TIM

Figura 2: notiziario tecnico 2-2017 TIM pagina 11

Figura 3: interno TIM

Figura 4: presentation by Jeff Schmidt at Apricot 2017

Figura 5: marketreportgazzette.com

Figura 6: interno TIM

Figura 7: lanner-america.com

Figura 8: notiziario tecnico 1-2017 TIM pagina 16

Figura 9: interno TIM

Figura 10: interno TIM

Figura 11: interno TIM

Figura 12: interno TIM

Figura 13: Deloitte Consulting

Figura 14: Deloitte Consulting

Figura 15: GSMA Intelligene; Ovum; McKinsey analysis

Figura 16: Strategy Analytics, 2019

Figura 17: Ericsson e Artur D.Little

Figura 18: interno TIM

Figura 19: interno TIM

Ringraziamenti

Il presente lavoro di tesi non sarebbe stato possibile senza l'aiuto e il sostegno di molte persone.

Ringrazio il Professore Carlo Cambini, relatore di questa tesi, per la grande disponibilità e attenzione prestata.

Ringrazio tutto lo staff trovato in TIM per avermi fatto sentire sempre ben voluto sin dal primo giorno e per essere stati sempre disponibili nel chiarire ogni mio dubbio.
Un ringraziamento particolare va a Vincenzo, mio tutor aziendale, per essere stato la mia guida, il mio punto di riferimento in un ambiente a me nuovo. Grazie per la pazienza, la disponibilità e la gioia trasmessa nell'insegnarmi ogni singola cosa; non potevo trovare un tutor migliore.

Ringrazio tutta la mia famiglia, per avermi sempre trasmesso l'energia e la grinta per andare avanti senza mai arrendermi, ma soprattutto per aver creduto sempre in me, sin da quando, cinque anni fa, quando sono andato via di casa per iniziare questo lungo percorso.

Ringrazio Marianna, per aver arricchito la mia vita con la sua presenza. Grazie per i consigli e il sostegno anche nei momenti più difficili. Grazie per l'amore trasmesso, vera forza motrice della mia vita.

Un ultimo ringraziamento, ma non per importanza, va a tutti i miei amici, ai miei colleghi e al mio coinquilino Giuseppe per aver condiviso con me attimi di gioia e di tristezza e per essermi rimasti vicino in questi anni nonostante tutto.