

## Abstract

The continuous growth of worldwide mobile subscriptions and the progress of mobile devices and telecommunications in the last few years have led to a tremendous increase of demand for high data rate. The scarcity of licensed spectrum and the high costs of this resource have encouraged mobile operators to move towards the unlicensed spectrum. LTE Licensed-Assisted Access is the technology proposed by 3rd Generation Partnership Project (3GPP) in Release 13, that allows to work on the 5 GHz unlicensed band. To operate on these frequencies already occupied by Wi-Fi and radar systems, LTE must fairly coexist with the above using a Listen Before Talk mechanism.

Thereby, LTE-LAA is the solution to provide more capacity, better user experience and higher quality of service, overcoming the limits of LTE-Advanced. Utilizing high-order modulation (256QAM) and adding up to four MIMO layers, LAA globalizes the Gigabit LTE opportunity. For those reasons, it is also named LTE-Advanced Pro.

The aim of this thesis is to present and describe LTE Licensed-Assisted Access outlining the evolution of the LTE standard. And then, to analyse the downlink performance improvements, offered by the aggregation of unlicensed bands, in terms of user throughput. Therefore, through extensive simulations based on ns-3 simulator, this work presents a comparison between the throughput results of LTE-LAA and the data-rates offered by LTE in licensed bands.

## Abstract

Il continuo aumento del numero mondiale di abbonati mobili ed il progresso degli apparecchi mobili e delle telecomunicazioni nel corso degli ultimi anni hanno portato ad un incredibile incremento della domanda di data-rate elevato. La ristretta disponibilità dello spettro licenziato e gli alti costi di tale risorsa hanno dunque incoraggiato gli operatori mobili verso l'uso dello spettro non licenziato.

La tecnologia proposta in questo senso dall'ente 3GPP (3rd Generation Partnership Project) all'interno della Release 13 è chiamata LTE Licensed-Assisted Access: essa consente per l'appunto di lavorare nella banda di frequenze non licenziate a 5 GHz. Per poter operare in queste range di frequenze, già occupate dai preesistenti sistemi radar e Wi-Fi, LTE deve garantire una coesistenza corretta e per fare ciò impiega il meccanismo denominato Listen Before Talk.

Perciò, LTE-LAA si configura come soluzione atta a fornire una maggiore capacità ed una migliore qualità del servizio, andando così a superare i limiti del LTE-Advanced.

Attraverso l'uso di ordini di modulazione elevati (come ad esempio 256QAM) e l'aggiunta di un numero massimo di quattro strati MIMO, LAA consente di globalizzare l'opportunità di quello che è definito Gigabit LTE – per via dell'elevato valore di throughput raggiunto. Proprio per tale ragione si fa riferimento a LTE-LAA con il nome di LTE-Advanced Pro.

Obiettivo di questa tesi è quello di presentare e descrivere la tecnologia LTE Licensed-Assisted Access ripercorrendo anche l'evoluzione dell'intero standard LTE che ne costituisce poi la base. Tale lavoro si propone in aggiunta lo scopo di analizzare i miglioramenti sulle prestazioni in downlink in termini di throughput di utente, apportati dalla tecnologia in esame grazie all'aggregazione di bande non licenziate.

Attraverso l'ampio uso di simulazioni basate sull'ambiente open source ns-3, questa tesi presenta dunque un confronto dei risultati di throughput ottenuti usando LTE-LAA con i risultati delle prestazioni offerte usando invece LTE esclusivamente in bande licenziate.