



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**  
**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA**

**ATTACCO DI TIPO DENIAL OF SERVICE ALLE RETI CELLULARI**

**Relatore: Prof. Mauro Migliardi**

**Laureando: Stefano Leggio**

**ANNO ACCADEMICO: 2020-2021**

**Data di laurea:**



# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>4</b>
1.1	Struttura del documento . . . . .	4
1.2	Scopo della tesi . . . . .	4
<b>2</b>	<b>La rete cellulare</b>	<b>5</b>
2.1	Definizione . . . . .	5
2.2	Infrastruttura . . . . .	5
2.3	Architettura . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Generazioni cellulari</b>	<b>7</b>
3.1	1G . . . . .	7
3.2	2G . . . . .	7
3.2.1	GSM . . . . .	8
3.2.2	GPRS . . . . .	8
3.2.3	EDGE . . . . .	8
3.3	3G . . . . .	8
3.3.1	UMTS . . . . .	8
3.3.2	HSPA/HSPA+ . . . . .	8
3.4	4G . . . . .	8
3.5	5G . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Attacco Denial of Service</b>	<b>10</b>
4.1	Definizione . . . . .	10
4.2	Vulnerabilità nelle reti cellulari . . . . .	10
4.3	Misurazione . . . . .	10
<b>5</b>	<b>Sistema di identificazione</b>	<b>11</b>
5.1	2G . . . . .	11
5.2	3G . . . . .	11
5.3	4G . . . . .	11
5.4	5G . . . . .	11
<b>6</b>	<b>Attacco alle reti UMTS</b>	<b>12</b>
6.1	Funzionamento . . . . .	12
6.2	Analisi dei risultati . . . . .	12
<b>7</b>	<b>Attacco alle reti 5G</b>	<b>13</b>
7.1	Replicazione attacco . . . . .	13
7.2	Altre vulnerabilità . . . . .	13
<b>8</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>14</b>

## Elenco delle figure

1	Mappa compertura AT&T negli USA . . . . .	5
2	Base station . . . . .	5
3	Schema delle generazioni cellulari . . . . .	7
4	Architettura 1G . . . . .	7
5	Architettura GSM e GPRS . . . . .	8
6	Architettura UMTS . . . . .	8
7	Architettura LTE . . . . .	9
8	Architettura 5G . . . . .	9
9	Distributed Denial of Service . . . . .	10

## Elenco delle abbreviazioni

**MS** Mobile system. 11

**MSC** Mobile switching center. 6

# **1 Introduzione**

Le reti cellulari rappresentano un punto nevralgico per le nostre comunicazioni. Per questo, la loro sicurezza è fondamentale per garantire un normale Funzionamento di tutti i servizi a cui ormai abituati. In questa tesi si tratterà della loro struttura e funzionamento, analizzando le diverse tecnologie cellulari che con il tempo si sono susseguite. Dopodichè si procederà ad analizzare nel dettaglio i meccanismi di autenticazione dei dispositivi, mettendo in luce le rispettive vulnerabilità per le diverse tecnologie cellulari. Sfruttando delle vulnerabilità nel sistema di autenticazione si dimostrerà come un attacco di tipo Denial of Service sia possibile, spiegando le possibili disastrose conseguenze che potrebbe comportare.

## **1.1 Struttura del documento**

## **1.2 Scopo della tesi**

## 2 La rete cellulare

### 2.1 Definizione

La rete cellulare è la struttura *hardware* e *software* che consente il corretto funzionamento delle comunicazioni cellulari. Grazie alla loro capillarità, i vari gestori telefonici riescono a garantire il servizio per la gran parte del territorio mondiale.

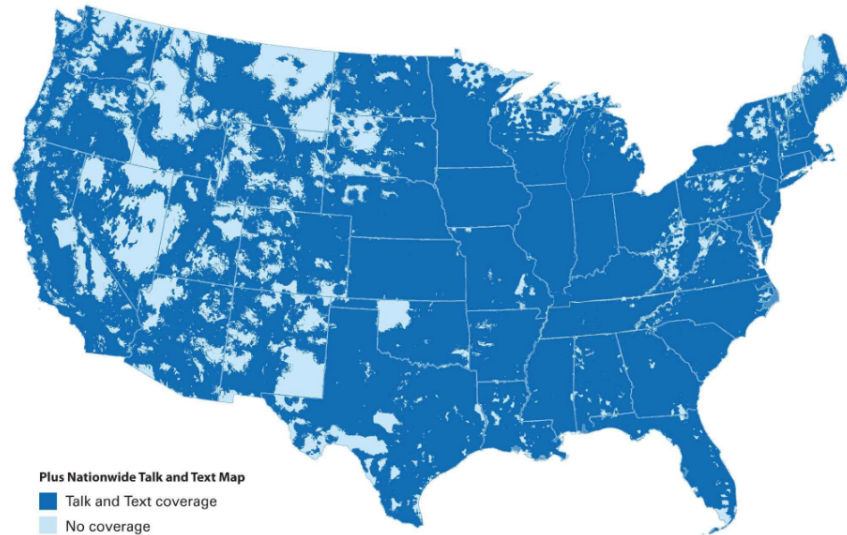


Figura 1: Mappa copertura AT&T negli USA

La loro struttura e architettura ha subito notevoli cambiamenti nel corso degli anni, nelle prossime sezioni si analizzeranno gli elementi fondamentali di una rete cellulare che qualsiasi generazione possiede.

### 2.2 Infrastruttura

Per rendere possibile il collegamento di dispositivi in zone molto vaste vengono usati i ripetitori di segnale chiamati *base station*. Questi vengono disposti in modo capillare sul territorio, suddividendolo in diverse aree di competenza chiamate celle. Ognuna di queste può gestire un numero limitato di dispositivi in contemporanea, che chiameremo *mobile station*, per questo, in caso di aree densamente popolate vengono ridotte le aree di competenza di ciascuna antenna. Le celle quindi, possono avere una dimensione variabile che dipende dal contesto in cui devono essere inserite.



Figura 2: Base station

Ogni cella ha un determinato raggio di azione determinato dalle caratteristiche fisiche dell'antenna stessa. Inoltre, ha a disposizione un determinato range di frequenze su cui instaurare la comunicazione con i vari dispositivi, che solitamente sono differenti rispetto a quelle usate dalle celle vicine per evitare interferenze. Celle sufficientemente distanti possono utilizzare le stesse frequenze poiché non corrono il rischio di interferenza, questo rappresenta un grande vantaggio per questa tecnologia.

## 2.3 Architettura

L'architettura di una rete cellulare può essere risassunta con alcuni fondamentali componenti. La *mobile station* si connette all'antenna della zona di competenza ossia la *base transceiver station*, quest'ultima quando riceve l'informazione la inoltra alla rispettiva *base station controller*, ossia un componente che si occupa di raggruppare diverse *base station*. Diversi *BSC* sono raggruppati nel *mobile switching centre* Mobile switching center (MSC)



### 3 Generazioni cellulari

Nel corso degli anni, si sono susseguite diverse generazioni di tecnologie cellulari, che hanno apportato notevoli cambiamenti alla loro architettura. Di seguito verranno presentati le principali caratteristiche delle diverse generazioni cellulari, in modo tale da rendere di facile comprensione l'analisi dei meccanismi di identificazione che verranno approfonditi nelle prossime sezioni.

Oltre ad elencare le principali caratteristiche di ogni generazione verranno analizzate nel dettaglio le specifiche dell'architettura di rete.
















1G	2G	3G	4G	5G
				
speed in kilobit per second <b>2.4 Kbps</b>	speed in kilobit per second <b>64 Kbps</b>	speed in kilobit per second <b>2,000 Kbps</b>	speed in kilobit per second <b>100,000 Kbps</b>	speed in kilobit per second <b>1Gbps</b>
				
<b>Analog Voice</b>	<b>Digital Voice + Simple Data</b>	<b>Mobile Broadband</b>	<b>Faster and Better</b>	<b>Real World Applications</b>
				

Figura 3: Schema delle generazioni cellulari

#### 3.1 1G

La generazione 1G è uno dei primi standard di comunicazione cellulare. Il suo funzionamento era completamente analogico e ormai è stata rimpiazzata totalmente dalle generazioni digitali successive.

L'architettura di questa generazione è molto semplice, è composta da tre componenti principali:

- Antenne per la trasmissione
- *Mobile Telephone Switching Office* (MTSO)
- Unità mobile (cellulare)

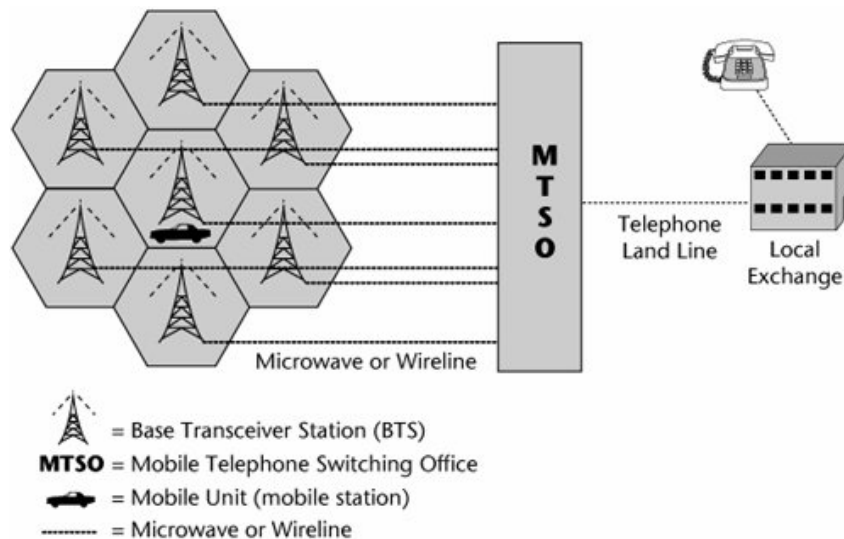


Figura 4: Architettura 1G

Si basava sulla *frequency-division multiple access* (FDMA) in cui ogni dispositivo che si connetteva alla stazione radio aveva assegnata una specifica sotto banda[2].

#### 3.2 2G

La seconda generazione cellulare è composta da diverse tecnologie che si sono susseguite nel corso degli anni aggiungendo funzionalità.

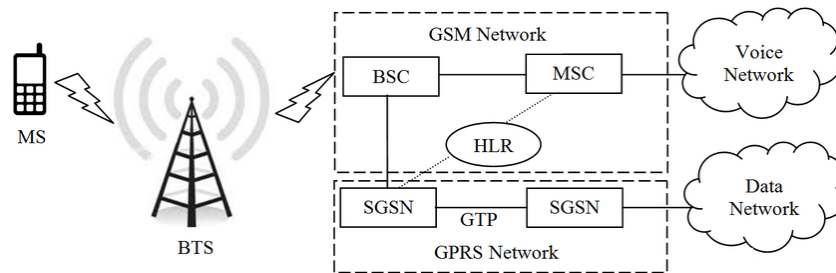


Figura 5: Architettura GSM e GPRS

### 3.2.1 GSM

### 3.2.2 GPRS

### 3.2.3 EDGE

Evoluzione del GPRS che consente maggiori velocità.

## 3.3 3G

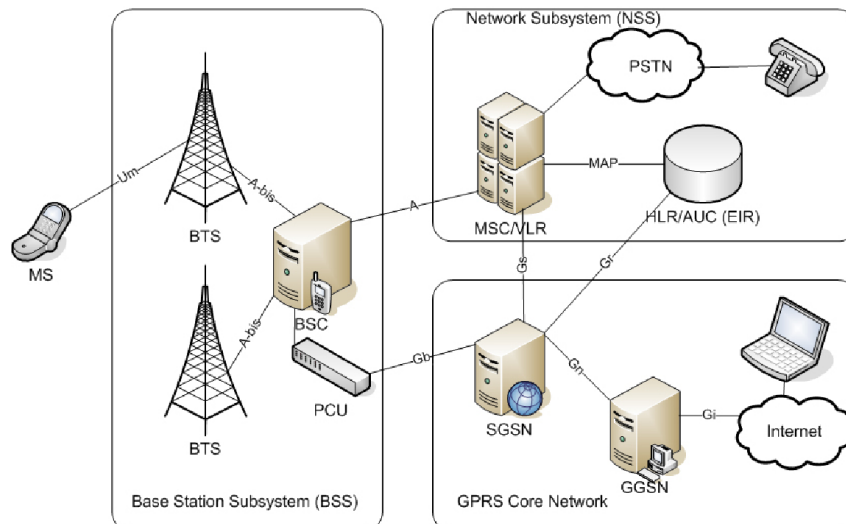


Figura 6: Architettura UMTS

### 3.3.1 UMTS

### 3.3.2 HSPA/HSPA+

## 3.4 4G

## 3.5 5G

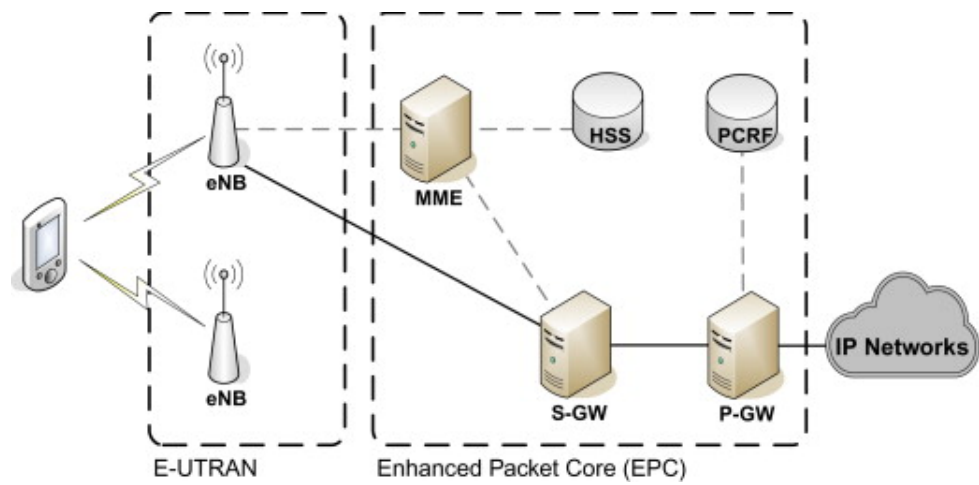


Figura 7: Architettura LTE

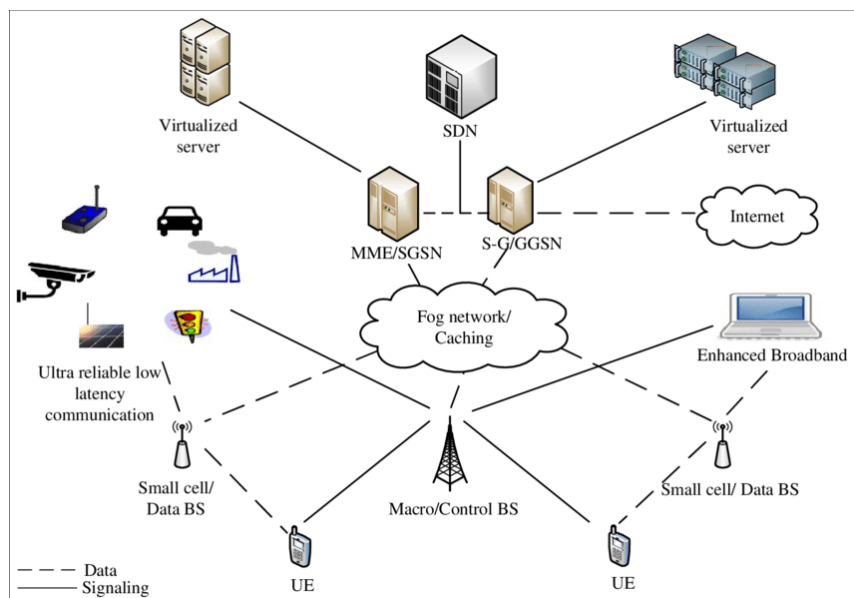


Figura 8: Architettura 5G

## 4 Attacco Denial of Service

### 4.1 Definizione

L'attacco di tipo *Denial of Service* (DOS) consiste nel rendere non disponibili servizi offerti da computer o altri dispositivi [1]. Questo avviene esasperando di richieste la macchina o infrastruttura che viene scelta come vittima. Le risorse della vittima verranno quindi interrogate in modo massivo fino al punto di indurre il sistema al collasso.

Una variante dell'attacco DOS è il *Distributed Denial of Service* (DDOS), in cui l'attaccante non è composto solamente da una sola macchina, ma bensì da una rete intera chiamata *botnet*. Questa seconda versione è più difficile da realizzare ma al tempo stesso molto più efficace. Solitamente, la *botnet* è composta dagli *zombies*, ovvero dispositivi di utenti normali ignari del fatto di essere stati infettati da un *malware* che consente all'attaccante di averne il controllo.

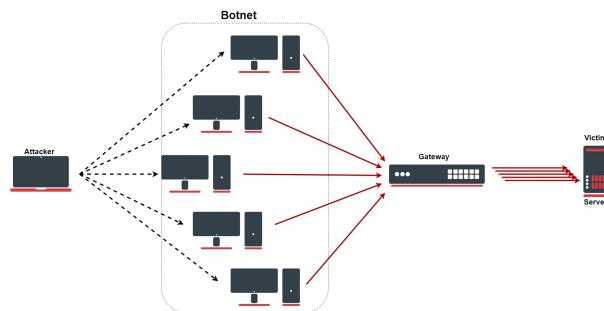


Figura 9: Distributed Denial of Service

### 4.2 Vulnerabilità nelle reti cellulari

Le reti cellulari non sono esenti da questo tipo di attacchi, anzi, sono una delle tipologie più frequenti e soprattutto difficile da risolvere poichè le vulnerabilità che sfruttano sono organiche nell'architettura della rete. Sono diversi i componenti che possono essere vulnerabili a un attacco DOS in una rete cellulare, gli obiettivi identificati come ottimi sono quelli che comportano un maggior utilizzo delle risorse della rete. Nel caso delle reti cellulari, le maggiori criticità sono rilevate nei meccanismi di identificazione degli utenti, poichè durante queste procedure si è in grado di interrogare direttamente il *database* che contiene le informazioni degli utenti. Questo archivio, nel caso delle reti 2G/3G è l'*Home Location Register* (HLR), e rappresenta un punto critico all'interno del *core network* poichè viene costantemente interrogato per numerose motivazioni come il cambio di posizione del dispositivo connesso ossia *update location*. Inoltre, ad aggravare il suo carico di lavoro, è il numero di utenti che deve servire spesso molto alto poichè deve servire aree geografiche molto vaste.

### 4.3 Misurazione

Per capire quale componente della rete sia il più vulnerabile a un attacco DOS si devono fare delle misurazioni sui vari componenti del *network*. In questo modo è possibile capire in quale punto si possono creare dei rallentamenti o *bottleneck* dovuti a un sovraccarico di richieste.

In [3] vi è una dettagliata spiegazione di come procedere con queste misurazioni e soprattutto come quantificare il numero di dispositivi che servono all'attaccante per completare l'attacco con successo.

## 5 Sistema di identificazione

Il meccanismo di identificazione è la procedura per verificare che un determinato dispositivo è abilitato a connettersi alla rete. Il 5G apporta una modifica organica del suo funzionamento, per questo si è deciso di analizzare nelle successive sezioni solamente i meccanismi di autenticazione della rete UMTS e 5G.

L'identificazione rappresenta un meccanismo molto vulnerabile ad attacchi di tipo *Denial of Service* poichè, in alcuni casi, si riesce a consumare delle onerose operazioni computazionali anche con dispositivi che non sono abilitati, quindi senza SIM.

### 5.1 2G

### 5.2 3G

### 5.3 4G

Il meccanismo presente nella rete UMTS è lo stesso usato nelle generazioni cellulari GSM, GPRS e EDGE. Inoltre, il suo funzionamento è molto simile a quello delle reti LTE (4G), pertanto si è deciso di presentarlo solamente una volta.

Un MS che si vuole collegare alla rete deve procedere con la fase di autenticazione o identificazione anche detta *Authentication and key agreement* (AKA). In questa fase, viene interrogata la rispettiva HLR/AuC dove l'IMSI del dispositivo viene validato, se tutto procede correttamente viene notificato il SGSN che inoltra al MS l'avviso di autenticazione completata.

### 5.4 5G

## **6 Attacco alle reti UMTS**

### **6.1 Funzionamento**

### **6.2 Analisi dei risultati**

## **7 Attacco alle reti 5G**

### **7.1 Replicazione attacco**

### **7.2 Altre vulnerabilità**

## 8 Conclusioni



## Riferimenti bibliografici

- [1] Kevin Hattingh et al. «DoS! Denial of Service». In: ().
- [2] Fredrick Njoroge e Lincoln Kamau. «A Survey of Cryptographic Methods in Mobile Network Technologies from 1G to 4G». In: (nov. 2018).
- [3] Patrick Traynor. «On Cellular Botnets: Measuring the Impact of Malicious Devices on a Cellular Network Core». In: (2009).