

INTRODUZIONE.....	5
CAPITOLO 1 – RETI WIRELESS AD-HOC	8
1.1 Introduzione alle reti wireless	8
1.2 Tipologia delle reti wireless	9
1.2.1 Personal Area Network (PAN).....	9
1.2.2 Wireless Local Area Network (WLAN)	10
1.2.3 Wireless Metropolitan Area Network (WMAN)	11
1.2.4 Wireless Wide Area Network (WWAN)	12
1.3 Lo standard IEEE 802.11	12
1.3.1 Architetture e protocolli dell'IEEE 802.11	14
1.3.2 Accesso DCF (Distributed Coordination Function).....	15
1.3.2.1 Gestione delle collisioni e algoritmo esponenziale di backoff.....	16
1.3.2.2 Meccanismo di contesa RTS/CTS.....	18
1.3.3 Sincronizzazione e power management in BSS e WLAN Ad-Hoc	19
1.4 Reti wireless Ad-Hoc	21
1.4.1 Caratteristiche e architetture delle reti WLAN Ad-Hoc.....	22
1.4.2 Algoritmi di routing nelle WLAN Ad-Hoc.....	24
1.4.2.1 Classificazione dei protocolli di routing nelle WLAN Ad-Hoc.....	25
1.4.2.2 Parametri per il calcolo delle performance nelle WLAN Ad-Hoc	26
1.4.3 MANET (Mobile Ad-hoc NETWORK) e algoritmi di routing	26
CAPITOLO 2 – VANET (VEHICULAR AD-HOC NETWORK)	30
2.1 Introduzione alle reti VANET.....	30
2.2 Caratteristiche e applicazioni delle reti VANET.....	32
2.3 Normative in ambito VANET	35
2.4 L'emendamento IEEE 802.11p.....	37
2.4.1 Lo strato fisico PHY.....	38
2.4.2 Lo strato MAC	40
2.4.2.1 Meccanismo di accesso EDCA e code di trasmissione.....	41
2.4.3 BSSID, Package Format e WBSS joining.....	46
2.5 Modalità di routing nelle VANET	48
2.6 Modelli di mobilità.....	51
2.7 Sicurezza e collisioni distruttive nelle reti VANET.....	53

CAPITOLO 3 – PROBLEMATICHE DI LIVELLO MAC	56
3.1 Problematiche di livello MAC nelle VANET	56
3.2 I tre protocolli MAC analizzati	57
3.3 Introduzione al protocollo cooperativo VC-MAC	58
3.3.1 Caratteristiche del protocollo VC-MAC	58
3.3.2 Scenari applicativi	61
3.3.3 Modello di sistema e analisi teorica	63
3.3.4 Struttura e implementazione del protocollo VC-MAC	66
3.3.5 Problemi critici nella progettazione del protocollo VC-MAC	72
3.4 Introduzione al protocollo MAC Solicitation-based	74
3.4.1 L'IEEE 802.11p e la fase di WBSS joining	76
3.4.2 Trattazione del problema	76
3.4.3 Modalità W-UIM e WAVE-Area dinamica	77
3.4.4 Analisi teorica del throughput in WBSS saturi	81
3.5 Introduzione al protocollo MAC multichannel per reti VANET dense	83
3.5.1 Lavori correlati	84
3.5.2 IEEE 802.11p e modello di antenna direttiva	85
3.5.3 Il protocollo VMMAC	86
3.5.4 Analisi teorica delle performance	93
CAPITOLO 4 – SCENARI SIMULATIVI E ANALISI DEI RISULTATI	95
4.1 Parametri simulativi e analisi del protocollo VC-MAC	95
4.1.1 Configurazione di riferimento e topologia di rete casuale	96
4.1.2 Analisi del throughput e considerazioni finali	98
4.2 Analisi del throughput del protocollo MAC Solicitation-based	101
4.2.1 Considerazioni finali	104
4.3 Scenario di riferimento e parametri del protocollo VMMAC	104
4.3.1 Analisi delle simulazioni e considerazioni finali	105
CONCLUSIONI	108
BIBLIOGRAFIA	110

INTRODUZIONE

Il crescente traffico nelle autostrade, strade urbane ed extraurbane comporta un aumento della difficoltà di guida per i conducenti di tutto il pianeta. Lo stress psicofisico che ne deriva provoca un aumento dei rischi legati ad incidenti, ostacoli improvvisi, intemperie climatiche ed altro ancora. Basti pensare che solo in Italia, ogni anno, gli incidenti stradali provocano oltre 7.000 vittime, 15.000 invalidità gravi, 120.000 mila ricoveri e più di 1 milione di persone al Pronto Soccorso, cifre un tempo impensabili.

L'esigenza di ridurre la dimensione di questi dati poco confortanti ha portato molti enti statali, le varie multinazionali automobilistiche (tra cui Renault, BMW, FIAT, Opel, Daimler, Volkswagen, Toyota, Volvo, Audi) e il mondo accademico, a sviluppare tecnologie di sicurezza orientate alla risoluzione di queste nuove problematiche: nascono così le reti VANET (Vehicular Ad-hoc NETwork), cioè reti veicolari auto-organizzanti che non richiedono alcuna infrastruttura fissa di appoggio e caratterizzate da un'elevata mobilità dei nodi.

In un primo momento la ricerca sulla sicurezza si è incentrata sulla realizzazione di dispositivi basati sulla fisica del veicolo. Tra questi ricordiamo sistemi per l'assorbimento degli urti (airbag o barre protettive laterali), la riduzione dei rischi di traumi fisici per il conducente/passeggero, il miglioramento della stabilità della vettura (ESP) e della frenata (ABS). Scarsa attenzione è stata quindi posta all'intero sistema viario, trascurando la cooperazione interveicolare o tra veicoli e infrastrutture poste a bordo strada. Grazie all'ausilio di sistemi di comunicazione sempre più efficienti, di reti satellitari permanenti che forniscono servizi di localizzazione geografica e di sincronizzazione temporale, è stato possibile studiare gli aspetti più importanti della cooperazione tra veicoli.

Il concetto di base delle reti VANET ha origini biologiche. L'idea nasce dalla tecnica usata dalle formiche per lo scambio di informazioni utili alla viabilità di un percorso: una formica esploratrice traccia un percorso olfattivo su un'area geografica mentre le altre formiche, in prossimità dell'area interessata, acquisiscono queste tracce e determinano la direzione corretta da intraprendere. In modo analogo i veicoli che percorrono un tragitto inviano ai propri vicini, limitatamente alla copertura del segnale, alcune informazioni come la propria velocità e direzione, il tipo di strada, il traffico presente ed altro ancora. I veicoli che ricevono questi messaggi acquisiscono informazioni utili alla viabilità per poi intraprendere decisioni di varia natura. Tali messaggi possono essere in seguito modificati e/o inoltrati ad altri vicini.

Le reti VANET si propongono, tra le altre cose, di rendere molto più confortevole il viaggio per i passeggeri, grazie allo sviluppo delle applicazioni più disparate (ricerca di luoghi d'interesse, navigazione Internet, prenotazione alberghi, ristoranti, ecc...).

Lo scopo di questa tesi è di fornire una panoramica su alcune problematiche presenti nelle reti VANET, con particolare riferimento a tre protocolli di accesso al mezzo (*MAC*, *Medium Access Control*) che hanno destato particolare interesse.

Nel Capitolo 1 verrà inizialmente effettuato un riepilogo delle tipologie di reti wireless più diffuse, focalizzando l'attenzione sullo standard IEEE 802.11. In particolare sarà analizzato lo strato fisico (PHY) e quello di accesso al mezzo (MAC): modulazione del segnale, meccanismo di contesa del canale, gestione delle collisioni, problema del terminale nascosto, power management ed altro ancora. Verranno di seguito introdotte le reti wireless Ad-Hoc fino a giungere alle reti MANET, contraddistinte da una certa mobilità dei nodi e da forwarding di tipo multihop. Saranno infine illustrati specifici protocolli di routing basati su tecniche proattive e reattive (OLSR, TBRPF, AODV).

Nel Capitolo 2 si giungerà alle reti VANET (come specializzazione delle MANET), caratterizzate da un'alta mobilità dei nodi. Tali reti nascono per fornire principalmente applicazioni orientate alla sicurezza stradale attiva/passiva (segnalazioni di incidenti, pericoli, mezzi di soccorso, ecc...) e prevedono veicoli con a bordo hardware dedicato (ricevitore GPS, transceiver ed altro). Lo sviluppo delle reti VANET è costantemente cresciuto negli ultimi anni: una certa convergenza normativa ha portato all'assegnazione delle frequenze per gli USA, l'Europa e il Giappone, mentre l'emendamento 802.11p (approvato nel luglio 2010) ha apportato numerose modifiche all'IEEE 802.11, anche se sostanzialmente l'802.11p si basa sull'emendamento 802.11e. Al di là di piccole modifiche allo strato fisico, le principali novità dell'IEEE 802.11p riguardano lo strato MAC ed in particolare l'introduzione di quattro code di priorità per ciascuno dei sette canali di trasmissione. L'accesso al canale con contesa può quindi dare origine a collisioni virtuali interne o collisioni (reali) esterne. I protocolli di routing per reti VANET prevedono tecniche di instradamento unicast e/o geografico, da simulare in alcuni modelli di traffico prefissati (Highway, Circular road, Manhattan, Realistic road). L'analisi delle reti VANET si conclude con una esposizione delle problematiche di sicurezza inerenti le informazioni scambiate nella rete.

Nel Capitolo 3 verrà illustrato e descritto il funzionamento di tre recenti protocolli di accesso al mezzo con destinazioni d'uso differenti: *VC-MAC*, *MAC Solicitation-based* e *VMMAC*. Particolare attenzione sarà posta sulle novità introdotte nei meccanismi

protocollari di contesa, nel packet format dei messaggi di controllo e nei dispositivi di trasmissione. Saranno poi analizzati i parametri coinvolti nella determinazione delle performance di rete e verranno descritti gli algoritmi utilizzati per il raggiungimento di alcuni obiettivi.

Nel Capitolo 4, infine, saranno illustrate le simulazioni effettuate sui nuovi protocolli di livello MAC, effettuando un confronto delle performance di sistema rispetto ad altri protocolli della stessa categoria.