

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA

Facoltà di Scienze Fisiche, Informatiche e Matematiche
Corso di Laurea in Informatica

Proposta di un'Implementazione per i Servizi di
Localizzazione e Traffic Monitoring
nell'Intelligent Transportation System Pegasus

Cristian Palazzi

Tesi di Laurea

Relatore:

Prof. Riccardo Martoglia

Anno Accademico 2011/2012

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio l'Ing. Riccardo Martoglia per la disponibilità e l'aiuto fornitomi durante la stesura del lavoro.

Ringrazio in particolare i miei genitori per avermi sostenuto, non solo economicamente, in questo percorso di studi.

Infine ho desiderio di ringraziare tutte le persone che mi hanno aiutato nei momenti difficili.

PAROLE CHIAVE

Intelligent Transportation System

Vehicle To Infrastructure

Vehicle To Vehicle

Traffic monitoring

Localizzazione

Indice

Introduzione	pag. 1
I – Stato dell’arte	pag. 3
1 Pegasus	pag. 4
1.1 Progetto pegasus	pag. 4
1.2 Struttura Centro di Controllo	pag. 6
1.2.1 Service Module	pag. 7
1.2.2 Data Stream Management System	pag. 7
1.3 Struttura OBU	pag. 9
2 Tecniche per la riduzione delle comunicazioni	pag. 11
2.1 TECNICHE V2I	pag. 11
2.1.1 Independent techniques	pag. 12
2.1.2 Information-need techniques	pag. 12
2.2 TECNICHE V2V	pag. 13
2.2.1 Algoritmo cluster	pag. 13
2.2.2 Esempio funzionamento algoritmo	pag. 14
II – Proposta implementazione servizi	pag. 16
3 Traffic monitoring	pag. 17
3.1 Descrizione servizio	pag. 18
3.2 Comportamento generale	pag. 18
3.3 Comportamento vettura CM	pag. 19
3.4 Comportamento vettura CM	pag. 21
3.5 Esempio funzionamento servizio	pag. 22
3.6 Valutazione sperimentale	pag. 25

4	Localizzazione	pag. 31
4.1	Descrizione servizio	pag. 31
4.2	Idea implementazione	pag. 31
4.3	Proposta implementazione	pag. 32
4.4	Esempio funzionamento servizio	pag. 34
4.5	Valutazione sperimentale	pag. 36
	Conclusione e sviluppi futuri	pag. 38
	Bibliografia	pag. 40

Introduzione

Al giorno d'oggi, la viabilità sulla rete stradale risulta essere sempre più congestionata dal traffico, di conseguenza si ha un aumento degli incidenti, dei rallentamenti e dell'inquinamento atmosferico e acustico.

Per ridurre questi problemi sono stati promossi dal 7th UE Framework Programme, lo sviluppo di nuovi progetti relativi all'implementazione di Sistemi di Trasporto Intelligente (ITS).

Il progetto PEGASUS (ProgEtto per la Gestione della mobilità Attraverso Sistemi infotelematici per l'ambito Urbano, per la Sicurezza di passeggeri, veicoli e merci) è inserito in questo contesto e ha come obiettivo la realizzazione di una piattaforma infotelematica integrata in grado di contrastare questi problemi basandosi sulla raccolta ed elaborazione in tempo reale dei dati provenienti dalle vetture, dalle infrastrutture e dalle loro interazioni.

Le comunicazioni per la raccolta delle informazioni possono essere di due differenti tipi, si parla di comunicazione Vehicle To Infrastructure (V2I) se avviene tra la vettura e il centro di controllo mentre nel caso in cui la comunicazione avvenga tra due vetture si parla di comunicazione Vehicle To Vehicle (V2V).

Per rendere possibili queste comunicazioni ogni vettura appartenente al sistema deve essere equipaggiata con un On-Board Unit (OBU), ovvero un'unità di bordo in grado di comunicare con il centro di controllo tramite GPRS e con le altre vetture nelle vicinanze, tramite l'utilizzo delle reti WiFi.

Per poter offrire dei servizi precisi e puntuali occorre mantenere aggiornati i dati presenti nel centro di controllo, dunque è necessario comunicare costantemente i nuovi dati raccolti.

Considerando però il gran numero delle vetture, le comunicazioni e la quantità di dati scambiati sono destinati a crescere velocemente, facendo crescere di conseguenza anche i costi di gestione.

Per questo motivo occorre implementare delle tecniche per la riduzione delle comunicazioni, garantendo comunque il corretto funzionamento dei servizi.

L'obiettivo della tesi è stato quello di proporre il possibile funzionamento dei servizi di Traffic Monitoring e Localizzazione di una vettura.

La presente Tesi è organizzata in quattro capitoli, suddivisi in due parti, la Prima delle quali riporta gli argomenti studiati per proporre le soluzioni presentate nella Seconda Parte.

Nel Capitolo 1 viene descritto il progetto PEGASUS. Il Capitolo 2 illustra le tecniche per la riduzione delle comunicazioni.

Il Capitolo 3 contiene la proposta di implementazione del servizio di Traffic Monitoring, basato sul calcolo del tempo medio di percorrenza di un segmento di strada, alleggerendo le comunicazioni V2I mediante l'uso di comunicazioni V2V, infine il Capitolo 4 contiene la proposta di implementazione del servizio di Localizzazione delle vetture partendo dalle idee presenti in [9].

Parte I

Stato dell'arte

Capitolo 1

Pegasus

1.1 Progetto Pegasus



Figura 1: Logo progetto Pegasus

Le aree urbane e periurbane del Paese sono sempre più congestionate dal traffico con conseguente aumento degli incidenti, dei rallentamenti, dell'inquinamento atmosferico e acustico, del numero degli automobilisti alla ricerca di parcheggi non sempre disponibili, o che devono affrontare vincoli/restrizioni all'accesso ai centri storici. L'insieme di tali fenomeni ha un impatto negativo sia dal punto di vista dello sviluppo economico che sociale del paese.

Obiettivo di PEGASUS è, quindi, la realizzazione di una piattaforma infotelematica integrata che sia l'elemento abilitante di un approccio sistemico alla gestione sostenibile ed in sicurezza dei flussi di persone, veicoli e merci all'interno delle aree urbane. In particolare, la piattaforma si baserà sulla raccolta ed elaborazione in tempo reale dei dati provenienti dalle vetture, dalle infrastrutture e dalle loro interazioni e li sfrutterà per una migliore gestione della mobilità nelle aree urbane e periurbane.

Una breve panoramica degli obiettivi [3] di PEGASUS:

- **SMART NAVIGATION:** La navigazione intelligente potrà essere garantita attraverso l'invio di informazioni sul traffico in tempo reale alle vetture, consentendo così al navigatore di bordo di aggiornare continuamente il percorso ottimo. Tale servizio è reso possibile dall'elevato numero di on board unit già installate o in corso di installazione su una molteplicità di veicoli che trasmettono ad un centro di controllo informazioni legate alla velocità media, garantendo così la conoscenza, in tempo reale, di eventuali rallentamenti o ingorghi. L'acquisizione e l'elaborazione da parte di un centro di controllo di dati provenienti dalle diverse unità e dalle infrastrutture già esistenti permetteranno di fornire un dato attendibile e puntuale, il più prossimo possibile al concetto di real traffic information system. La sempre più sentita esigenza da parte delle persone di avere informazioni sul traffico sarà soddisfatta dal sistema di smart navigation.
- **SAFETY:** L'introduzione e la diffusione del sistema eCall, dell>alert preventivo e delle reti di comunicazione "Vehicle to Vehicle" tramite la diffusione del servizio e degli standard correlati determineranno un miglioramento della sicurezza sulle strade delle aree urbane e periurbane, ma anche dei veicoli. L'impatto sociale e commerciale di questa ASII (azione strategica di innovazione industriale) è indubbio e, se ne trova una conferma di ciò anche nelle azioni di indirizzo, sostegno e promozione supportate dalla Unione Europea tramite la Commissione e le iniziative eSafety.
- **URBAN MOBILITY:** Gestione flussi, razionalizzazione della viabilità e determinazione dei livelli di inquinamento: la piattaforma infotelematica tramite il suo approccio di sistema permetterà alle Amministrazioni di pianificare le politiche sulla mobilità con una visione di lungo termine e coerentemente con le previsioni sui livelli di intensità dei flussi di spostamento, monitorando allo stesso tempo il reale impatto inquinante della mobilità in relazione alle emissioni derivanti dall'intensità e modalità

d'uso dei mezzi di trasporto, ed avendo così a disposizione potenti strumenti per lanciare politiche basate sui concetti “pay as you pollute” e “crediti d'inquinamento”. L'Urban Mobility in particolare permetterà di sviluppare un sistema integrato di gestione di nodi e servizi strategici della città: come permessi di transito/circolazione elettronici, disponibilità dei parcheggi in tempo reale e da remoto, gestione del flusso delle merci all'interno della rete stradale cittadina.

1.2 Struttura Centro di Controllo

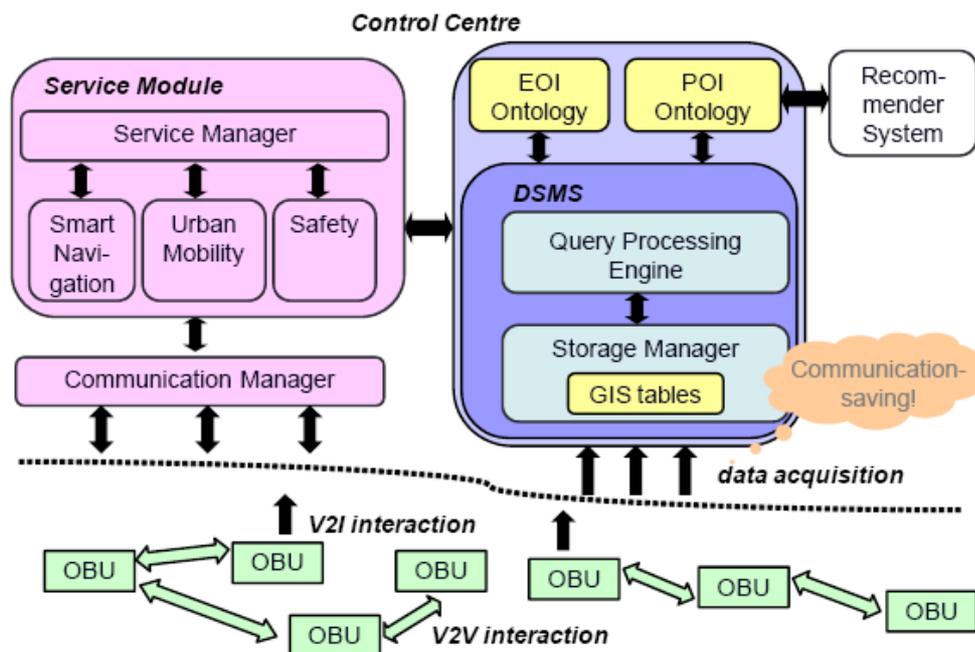


Figura 2: Struttura centro di controllo

Nel progetto PEGASUS, l'obiettivo principale del Centro di Controllo (CC) è quello di raccogliere ed analizzare la grande quantità di aggiornamenti provenienti dalle vetture, con lo scopo di fornire i servizi richiesti dagli utenti. [1][2]

Il Centro di Controllo è quindi composto da due moduli principali: il Data Stream Management System e il Service Module, come mostrato in Figura 2.

Il Service Module interagisce con il Data Stream Management System per ottenere le informazioni che saranno utilizzate per soddisfare le richieste degli utenti. Le comunicazioni tra le OBU e il Service Module sono gestite dal modulo Communication Manager, il quale offre un'interfaccia standard e trasparente per l'accesso ai servizi.

Il Data Stream Management System è responsabile della gestione delle informazioni, e deve essere in grado di gestire sia dati recenti, che devono essere tempestivamente disponibili, e dati storici, che possono essere memorizzati su dischi e riportati nella memoria cache quando occorrono.

1.2.1 Service Module

Il Service module, come detto in precedenza, si occupa di fornire i servizi richiesti dagli utenti.

Come si vede in Figura 2, è composto da vari moduli:

- SMART NAVIGATION: fornisce i servizi per la navigazione intelligente, per far sì che siano precisi deve mantenere i dati aggiornati comunicando con le vetture, in questo modo il navigatore di bordo potrà scegliere il percorso ottimale in quel momento.
- SAFETY: fornisce i servizi inerenti alla sicurezza stradale.
- URBAN MOBILITY: fornisce i servizi per la viabilità urbana, con l'obiettivo di migliorare il traffico nelle città.
- SERVICE MANAGER: interagisce con tutti gli altri moduli presenti in modo da ottimizzare i servizi.

1.2.2 Data Stream Management System

Il DSMS, dunque, acquisisce stream di dati tempo e geo spaziali e utilizza i dati recenti per eseguire delle query continue che permettono di offrire i servizi in tempo reale, ma gestisce anche dati storici utili a loro volta per effettuare previsioni.

La gestione dei dati recenti risulta essere differente rispetto alla gestione dei dati storici, infatti, i dati recenti saranno mantenuti in memoria principale velocizzando così il loro reperimento e il successivo utilizzo, mentre i dati storici potranno essere memorizzati in memorie secondarie e nel momento in cui se ne necessita il bisogno si recupereranno.

Facendo riferimento alla Figura 2, possiamo notare che il DSMS è composto da due moduli principali:

- **QUERY PROCESSING ENGINE:** è il modulo che si occupa dell'ottimizzazione e gestione delle query da eseguire nel sistema.
- **STORAGE MANAGER:** è il modulo che fornirà i dati da processare al query processing engine, dunque si occupa della gestione delle informazioni in arrivo dalle OBU installate sulle vetture. I dati ricevuti saranno tempo e geo referenziati, per questo motivo diventa indispensabile l'utilizzo di un Geographical Information System (GIS), in modo da gestirli al meglio.

Il DSMS gestisce infine i Point Of Interest (POI) e gli Event Of Interest (EOI) facendo uso di ontologie, cioè una rappresentazione formale, condivisa ed esplicita di una concettualizzazione di dominio di interesse.

Le ontologie oltre alla gestione dinamica dei punti e degli eventi di interesse, offrono un livello di astrazione più alto rispetto ai dati ricevuti dagli aggiornamenti inviati dalle OBU.

1.3 Struttura On-Board Unit

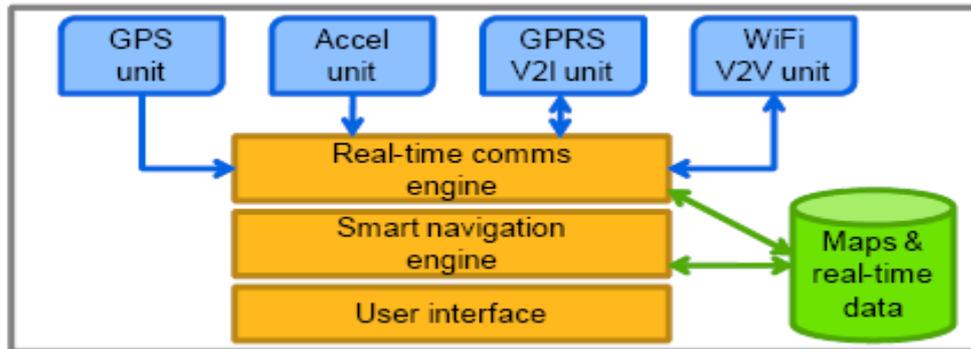


Figura 3: Struttura OBU

Ogni vettura che fa parte del progetto PEGASUS deve aver installato un On-Board Unit, il quale è un piccolo dispositivo paragonabile ad un mobile computing.

Questo dispositivo è in grado di acquisire, elaborare e comunicare le informazioni utili per i servizi.

Come si può notare in Figura 3, è composto da:

- UNITA' GPS: il Global Positioning System è un sistema di posizionamento e navigazione satellitare che fornisce le coordinate geografiche del dispositivo.
- ACCELEROMETRO: è uno strumento di misura in grado di rilevare e/o misurare l'accelerazione di un veicolo.
- UNITA' DI COMUNICAZIONE GPRS: è l'unità utilizzata quando si effettuano le comunicazioni con il centro di controllo (V2I). Queste comunicazioni si basano sulla tecnologia di telefonia mobile cellulare chiamata GPRS.
- UNITA' DI COMUNICAZIONE WIFI: è l'unità utilizzata per effettuare comunicazioni tra le vetture (V2V), le quali utilizzano le reti wireless gratuite.

Il dispositivo è inoltre dotato di una memoria flash dove sono memorizzati i dati statici inerenti alle mappe della rete stradale, gli eventuali dati dinamici ricevuti dalle altre OBU e i dati forniti dal centro di controllo.

Infine sono presenti i seguenti moduli:

- REAL-TIME COMMUNICATION ENGINE: gestisce tutte le operazioni di dati e le operazioni di comunicazione.
- SMART NAVIGATION ENGINE: fornisce i servizi per la navigazione intelligente.
- USER INTERFACE: rappresenta l'interfaccia grafica usata dall'utente.

I dati gestiti in un OBU sono dunque i seguenti:

- Dati utili per la gestione real-time del traffico come posizione e velocità delle vetture, tempo di percorrenza dei segmenti di strada, e altri dati acquisiti tramite l'utilizzo del GPS.
- Dati utili per rilevare incidenti o intasamenti, ricavati grazie all'accelerometro.
- Notifiche di POI e/o EOI e le possibili valutazioni degli utenti riguardanti ai POI.

Questi dati saranno dunque inoltrati in tempo reale al centro di controllo tramite comunicazioni V2I, le quali come detto in precedenza utilizzano la tecnologia GPRS a pagamento.

Per questo motivo devono essere necessariamente adottate tecniche di riduzione delle comunicazioni, in grado di ridurre questi costi.

Queste tecniche di riduzione delle comunicazioni saranno trattate in modo più approfondito nel capitolo successivo.

Capitolo 2

Tecniche per la riduzione delle comunicazioni

In questo capitolo sono descritte le tecniche di riduzione delle comunicazioni, le quali mirano a diminuire il numero di aggiornamenti inviati dalle OBU al centro di controllo.

Il loro lato favorevole, come detto, è che portano ad una riduzione dei costi di comunicazione e di aggiornamento nel centro di controllo e nelle OBU.

Però riducendo il numero di aggiornamenti, significa anche aver a disposizione una minor quantità di dati da elaborare, dunque occorre costruire queste tecniche in modo tale che garantiscano comunque dei risultati che rappresentano la realtà nel modo corretto in modo da poter offrire dei servizi precisi.

Discutiamo ora queste tecniche di riduzione delle comunicazioni nel dettaglio distinguendole a seconda del tipo di comunicazione che usano.

2.1 TECNICHE V2I

Le tecniche di riduzione delle comunicazione V2I si dividono in due categorie.

La prima categoria racchiude le Independent techniques, nelle quali la vettura decide autonomamente quando inviare gli aggiornamenti al centro di controllo.

La seconda categoria racchiude invece le Information-need techniques, nelle quali la vettura decide di trasmettere gli aggiornamenti sulle base delle specifiche ricevute dal centro di controllo.

2.1.1 *Independent techniques* [2]

- **SIMPLE SAMPLING:** l'aggiornamento è inviato al centro di controllo ad intervalli di tempo regolari. (ad esempio ogni minuto)
- **SPACE SAMPLING:** l'aggiornamento è inviato al centro di controllo ogni volta che viene percorsa una distanza prestabilita. (ad esempio ogni 2 km)
- **MAP BASED SAMPLING:** l'aggiornamento è inviato al centro di controllo basandosi sulla posizione della vettura. Se si trova in una zona trafficata (centri urbani, strade principali, ecc.) aumenta la frequenza di invio, al contrario se si trova in zone poco trafficate (zone periferiche, strade secondarie, ecc.) la diminuisce.

2.1.2 *Information-need techniques* [2][5]

- **DETERMINISTIC INFORMATION NEED POLICY:** l'aggiornamento è inviato al centro di controllo solo se differisce dagli aggiornamenti precedenti. In questa tecnica dunque le vetture ricevono in broadcast la velocità prevista per i segmenti di strada d'interesse, e l'aggiornamento è inviato solo se la velocità calcolata dalla vettura differenzia dalla velocità prevista di un valore superiore ad una soglia di tolleranza prefissata.
- **FLOW INFORMATION NEED POLICY:** l'aggiornamento è inviato basandosi anche su una certa probabilità, la quale può essere aggiornata dal centro di controllo in modo tale da garantire una determinata confidenza nel calcolo del valore cercato.
- **ISSUE WITH PREVIOUS POLICIES:** in questa tecnica si vuole dare un significato al non invio degli aggiornamenti che rientrano nell'intervallo definito dalla soglia di tolleranza, in modo tale da non considerare solo aggiornamenti che differiscono dal dato attuale introducendo così errori di stima.
- **FLOW-BASED POLICY:** questa politica non si basa sul concetto di soglia, infatti ogni vettura ha la stessa probabilità di inviare il proprio aggiornamento al centro di controllo. Così facendo non si corre il rischio

di ricevere delle informazioni incomplete dovute alla presenza di una soglia di tolleranza. La probabilità di invio dell'aggiornamento sarà definita come il rapporto tra il numero di aggiornamenti che il centro di controllo si aspetta e la stima delle vetture presenti.

2.2 TECNICHE V2V

Nelle tecniche di riduzione delle comunicazione V2V, le OBU installate sulle vetture comunicano tra di loro, sfruttando il canale di comunicazione gratuito WiFi, auto-organizzandosi dinamicamente in cluster tra vetture vicine con l'obiettivo di aggregare le loro informazioni per inviare un solo aggiornamento al centro di controllo riducendo così i costi GPRS.

Le caratteristiche principali dei cluster sono una forte dinamicità, mobilità e presenza di errori (collisioni o pacchetti persi/danneggiati).

Tra le vetture che fanno parte del cluster viene eletto un Cluster Head (CH), mentre tutte le altre sono considerate Cluster Member (CM).

Il CH ha come compito quello di aggregare le informazioni ricevute dai CM per poi inviarle al centro di controllo.

2.2.1 *Algoritmo cluster* [4]

Descriviamo ora l'algoritmo attualmente usato per formare i cluster.

L'algoritmo si basa su due fasi:

- FASE 1: ogni vettura memorizza il numero di vicini visti nella portata WiFi e genera una probabilità casuale di elezione come CH.
- FASE 2: le vetture tramite le comunicazioni V2V inviano il proprio numero di vicini visti e la rispettiva probabilità e ricevono il messaggio corrispondente dalle altre vetture che rientrano nel proprio raggio WiFi. Quindi viene eletto CH la vettura che vede il maggior numero di vicini tra quelle che rientrano nel copertura del WiFi, nel caso questo numero sia uguale per due o più vetture, l'elezione si basa sulla probabilità maggiore.

Nel caso in cui siano presenti delle vetture senza vicini diventano automaticamente CH.

Due sole fasi potrebbero non bastare per rendere ogni vettura CH o CM, ciò porterebbe ad averne alcuna chiamate per convenzione FN.

Per tali vetture occorre reiterare la seconda fase nella quale ogni FN si confronta con altri FN, se presenti tra i suoi vicini.

Questa ulteriore fase di confronto avviene, dunque, solo tra vetture considerate FN in quel momento, e termina quando quest'ultime sono state tutte definite come CH o come CM.

2.2.1 Esempio funzionamento algoritmo

Prendendo come possibile esempio la situazione illustrata in Figura 4, analizziamo il funzionamento dell'algoritmo .

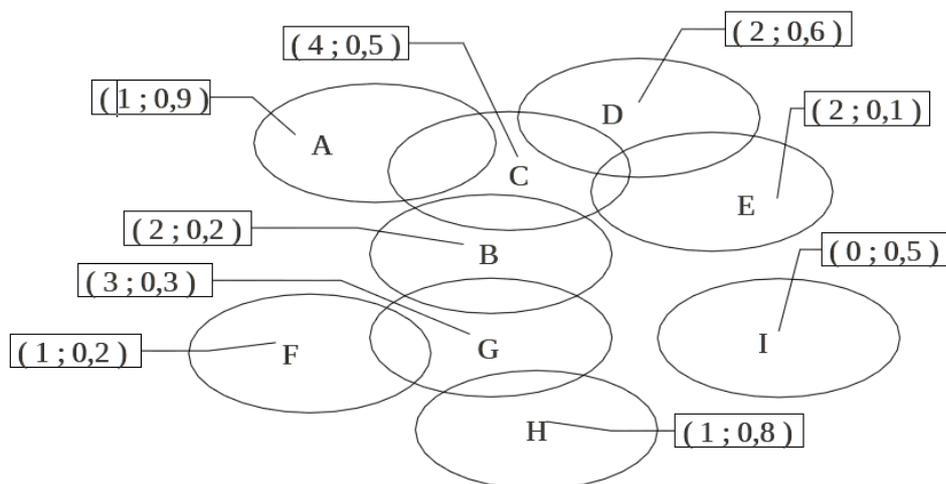


Figura 4: Fase 1 dell'algoritmo

Le etichette assegnate ad ogni vettura, contraddistinta da una lettera, rappresentano il numero di vicini che vede e il valore generato dalle OBU che rappresenta la probabilità di elezione come CH.

Nella Figura 5 viene illustrata l'organizzazione dei cluster che si sono formati grazie alla fase 2 dell'algoritmo.

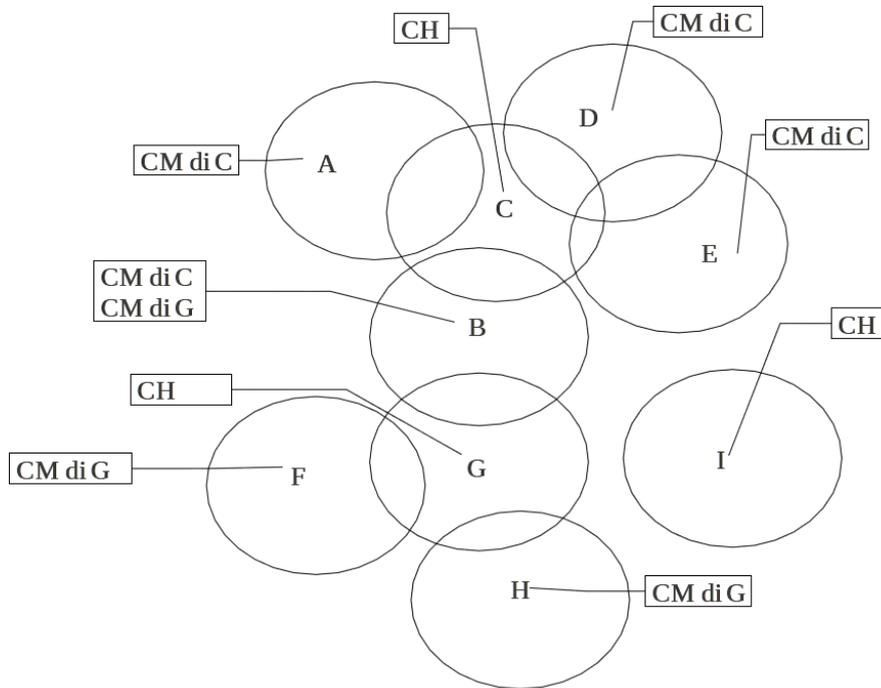


Figura 5: Fase 2 dell'algoritmo

Analizzando nel dettaglio la Figura 5 notiamo che sono stati eletti CH le vetture denominate C, G, I.

I CM di C sono le vetture A, B, D, E, quelli di G sono B, F, H mentre I risulta essere isolato.

Perciò sono stati formati tre cluster riducendo così il numero delle comunicazioni V2I da 9 a 3.

L'ultimo problema da risolvere risulta essere quello delle vetture che fanno parte a due o più cluster, come la vettura B nell'esempio precedente.

Queste vetture vengono chiamate Cluster Member Multi Cluster Head (CMMCH), e sono assegnate al CH che vede il minor numero di vetture, cercando in questo modo di creare dei cluster con un numero di partecipanti omogeneo.

Dunque nel nostro esempio la vettura B sarà assegnata al CH G.

Parte II

Proposta implementazione servizi

Capitolo 3

Traffic monitoring

Per offrire dei servizi, nello scenario preso in considerazione, il centro di controllo calcola l'informazione di interesse e successivamente la comunica alle vetture in modo tale da informarle sull'evoluzione della rete stradale.

Le informazioni cercate dal centro di controllo possono essere di due tipi: [2]

- **ITEM-BASED INFORMATION:** l'informazione cercata è direttamente derivabile dalla vettura stessa senza doversi confrontare con le altre.
- **AGGREGATE-BASED INFORMATION:** l'informazione è un aggregato di dati in una finestra temporale. L'aggregazione viene effettuata dalla vettura eletta CH e successivamente inviata al centro di controllo.

I protocolli utilizzati per il calcolo delle informazioni aggregate si suddividono in due categorie: [6]

- **OVERLAY PROTOCOLS:** impongono la presenza di una struttura (ad esempio gli spanning tree) per calcolare il dato. Questi protocolli risultano essere efficienti però impongono la presenza di connessioni stabili tra le vetture.
- **UNSTRUCTURED PROTOCOLS:** in questi protocolli non è presente una struttura ma le vetture comunicano periodicamente con un piccolo numero di vetture nelle vicinanze. Dunque risultano essere più indicati per le reti che presentano connessioni instabili.

3.1 Descrizione servizio

Il traffic monitoring, è inteso come il servizio in grado di calcolare in tempo reale il tempo medio di percorrenza di un segmento di strada.

Le vetture utilizzando questa informazione possono scegliere il tragitto migliore da seguire in quel momento, evitando così rallentamenti e incidenti.

L'informazione che stiamo cercando è dunque un aggregato di dati in un certo intervallo di tempo e come sarà specificato successivamente si ricaverà utilizzando un unstructured protocols.

Per poter ricavare il valore di interesse deve essere presente, sia nel centro di controllo che nelle OBU installate sulle vetture, un database rappresentante la rete stradale e infine le vetture devono essere in grado di memorizzare nella propria memoria le informazioni ancora da inviare al centro di controllo.

3.2 Comportamento generale

Le vetture durante il proprio tragitto memorizzano in una tabella il tempo che hanno impiegato a percorrere i segmenti di strada su cui sono transitate, e questi dati saranno successivamente inviati al centro di controllo.

I dati memorizzati in questa tabella sono i seguenti:

- **ID SEGMENTO:** indica il numero identificativo di un segmento di strada, ed è memorizzato in memoria utilizzando 4 byte.
- **TEMPO:** indica l'intervallo di tempo, espresso in secondi, impiegato a percorrere quel determinato segmento, ed è memorizzato in memoria utilizzando 2 byte.

Possiamo vedere in Tabella 1 dei possibili dati memorizzati da una vettura, analizzandola vediamo che il segmento di strada con numero identificativo 1 è stato percorso in 20 secondi, che il segmento di strada con numero identificativo 2

è stato percorso in 47 secondi e infine che il segmento di strada con numero identificativo 3 è stato percorso in 5 secondi.

ID SEGMENTO	TEMPO
1	20
2	47
3	5

TABELLA 1: ESEMPIO TABELLA MEMORIZZATA DA UNA VETTURA

3.3 Comportamento vettura CM

Nel momento in cui vengono formati i cluster, come descritto precedentemente nel paragrafo 2.2.1 e in [4], se la vettura è classificata come Cluster Member deve inoltrare, al Cluster Head, i propri dati memorizzati mediante comunicazioni V2V.

La struttura di questi messaggi, che chiameremo Message From Cluster Member (MFCM) la possiamo vedere in Figura.

ID SEGMENTO	TEMPO
4 byte	2 byte

Figura 6: Struttura messaggi MFCM

Queste comunicazioni devono essere gestite tramite un protocollo che garantisca il corretto invio dei dati, dunque deve essere in grado di gestire eventuali errori di comunicazione che si possono verificare al momento dell'invio.

Come si vede in Figura 7 il processo di invio dei dati è composto da tre fasi:

- FASE 1: la vettura CM invia al CH la tabella contenente i dati, da comunicare al centro di controllo.
- FASE 2: nel momento in cui il CH li riceve, invia un messaggio di avvenuta ricezione alla vettura CM.
- FASE 3: quando la vettura CM riceve il messaggio di avvenuta ricezione dal CH, invia un ultimo messaggio di chiusura della comunicazione e successivamente a quest'ultimo il CM elimina i dati che aveva in memoria, mentre il CH elabora i dati ricevuti, come sarà descritto nel paragrafo successivo, per poi inviarli al centro di controllo.

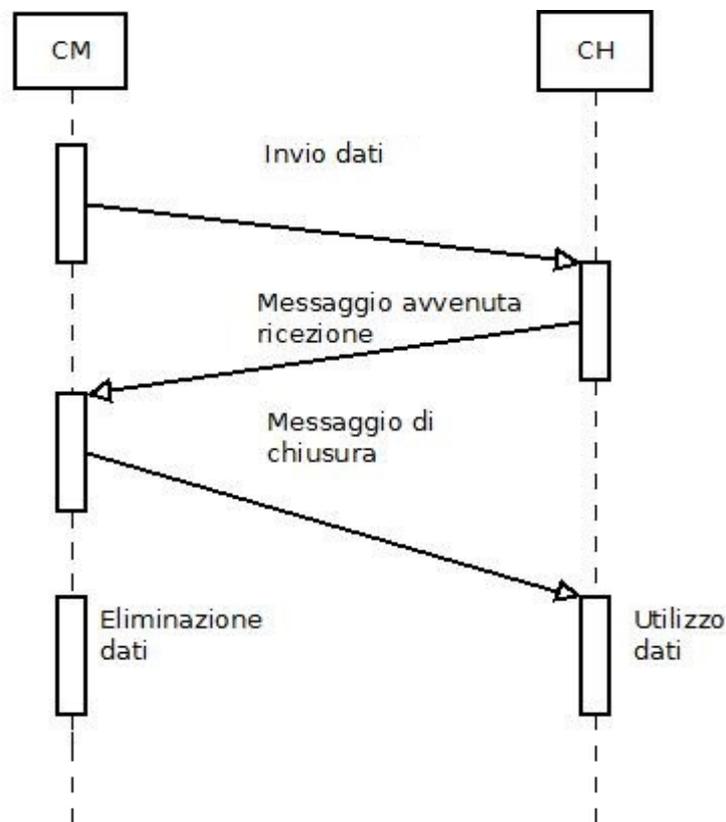


Figura 7: Fasi di comunicazione con il CH

Se si verificano degli errori durante lo scambio di questi messaggi, il protocollo di supporto come detto precedentemente deve essere in grado di rilevarli, in modo tale da gestire nel modo opportuno i dati.

Infatti se non sono recapitati nel modo corretto al CH, il CM li deve inviare autonomamente al centro di controllo prima di eliminarli, per non avere perdita di informazioni.

3.4 Comportamento vettura CH

Nel caso in cui la vettura è stata eletta Cluster Head deve gestire i dati che riceve dai Cluster Member che fanno parte del gruppo, e successivamente dovrà inoltrarli al centro di controllo.

Il CH, conoscendo il numero N di vetture che fanno parte del cluster di cui è capo, prima di effettuare la comunicazione con il centro di controllo attende di ricevere gli N messaggi contenenti i dati. Se si tratta di un CH isolato non deve attendere nessun messaggio e può inviare immediatamente i suoi dati al centro di controllo.

Nel caso in cui, il CH non abbia ancora ricevuto tutti i messaggi allo scadere dell'intervallo di tempo in cui il cluster è attivo, gestirà solo i dati ricevuti correttamente.

Per gestire i messaggi ricevuti dalle vetture CM, il CH unirà i dati inerenti allo stesso segmento di strada, in modo tale da ridurre la grandezza della tabella che sarà inviata al centro di controllo.

I dati memorizzati nella tabella sono i seguenti:

- ID SEGMENTO: indica il numero identificativo di un segmento di strada.
- TEMPO: indica la somma dei tempi, espressa in secondi, ricavata dall'unione delle informazioni ricevute dalle vetture partecipanti al cluster.
- NUM: indica il numero di vetture che hanno partecipato alla somma totale del tempo, questo valore sarà utile al centro di controllo per calcolare il tempo medio di percorrenza per quel segmento. Memorizzato utilizzando 1 byte.

In figura 8 è illustrata la struttura dei messaggi inviati dal CH al centro di controllo, e li chiameremo Message From Cluster Head (MFCH).

ID SEGMENTO	TEMPO	NUM
4 byte	2 byte	1 byte

Figura 8: Struttura messaggi MFCH

3.5 Esempio funzionamento servizio

Supponendo un cluster formato come in Figura 9.

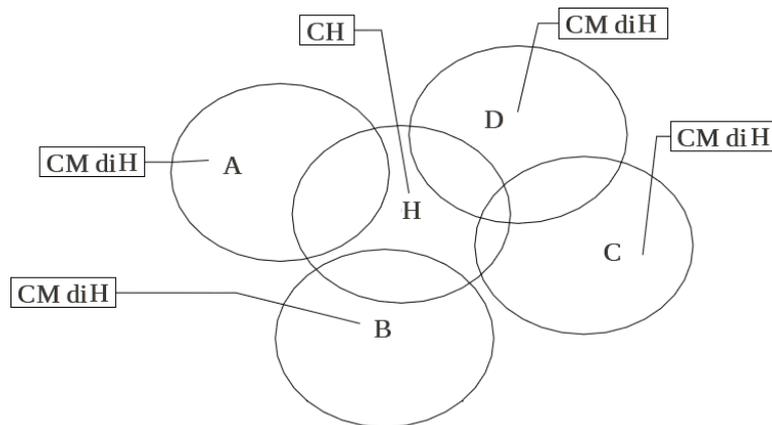


Figura 9: Cluster d'esempio

Nel quale i dati memorizzati dalle vetture sono i seguenti:

Tabella vettura H:

ID SEGMENTO	TEMPO	NUM
1	5	1
2	5	1

TABELLA 2: TEMPI INIZIALI DEL CH

Tabella vettura A:

ID SEGMENTO	TEMPO
1	6
2	7
3	5

TABELLA 3: TEMPI SALVATI DAL CM A

Tabella vettura B:

ID SEGMENTO	TEMPO
1	8
4	3

TABELLA 4: TEMPI SALVATI DAL CM B

Tabella vettura C:

ID SEGMENTO	TEMPO
1	8

TABELLA 5: TEMPI SALVATI DAL CM C

Tabella vettura D:

ID SEGMENTO	TEMPO
1	6
2	7

TABELLA 6: TEMPI SALVATI DAL CM D

Supponendo infine che tutte le comunicazioni V2V vadano a buon fine, la tabella che sarà inviata al centro di controllo dal CH, risulta essere completata come segue:

ID SEGMENTO	TEMPO	NUM
1	33	5
2	19	3
3	5	1
4	3	1

TABELLA 7: TEMPI FINALI DEL CH

Nel momento in cui il centro di controllo riceverà questi dati, potrà facilmente calcolare l'attuale tempo medio di percorrenza dei segmenti di strada, presenti nella tabella, facendo una semplice divisione: TEMPO/NUM.

La caratteristica fondamentale di questa implementazione risulta essere la totale assenza di perdita di informazioni, infatti garantisce che tutti i dati memorizzati dalle vetture arrivino al centro di controllo per essere elaborati.

Per quanto riguarda le comunicazioni V2V, possiamo affermare che non sono presenti problemi per il trasferimento dei dati, in quanto le OBU sono equipaggiate con un sistema WiFi 802.11 grazie al quale i tempi di latenza sono compresi tra 1 e 3 millisecondi e la velocità di trasmissione risulta essere quasi sempre superiore ad un mega bit al secondo [7] [8].

Perciò si può ipotizzare per questo motivo che tutte le trasmissioni V2V vadano a buon fine, infatti nel nostro caso abbiamo la necessità di trasferire quantità di dati che richiedono performance inferiori a queste.

3.6 Valutazione sperimentale

Partendo dal presupposto che, nel caso in cui non si aggregassero i dati tramite le comunicazioni V2V, ogni singola vettura dovrebbe effettuare una comunicazione V2I per comunicare al centro di controllo le proprie informazioni, si può stimare la quantità di byte che si risparmiano nelle comunicazioni V2I implementando il servizio come descritto nel paragrafo 3.5 di questo documento.

Supponendo che:

- Tutte le comunicazioni V2V vadano a buon fine.
- La percentuale media di aggregazione che si verifica nei cluster sia pari al 25%, intendendola come la percentuale di segmenti che hanno in comune le vetture dello stesso cluster.

- I segmenti memorizzati tra un campionamento e l'altro siano in media 3 se il campionamento avviene ogni 4 secondi e 6 se quest'ultimo avviene ogni 8.

Utilizzando i dati presenti in [4], riguardanti la variante in Via Tiburtina nel tratto Via di Casal Bruciato Ponte Mammolo a Roma redatta a Perugia nel 1999 si può ottenere una stima della quantità di byte risparmiati.

I dati utilizzati sono riportati in Tabella 8, la quale contiene i seguenti campi:

- n CHs: numero medio di CH presenti ad ogni campionamento.
- n CMs: numero medio di CM presenti ad ogni campionamento.
- CAMPIONAMENTO: indica l'intervallo di tempo, espresso in secondi, che trascorre prima di riformare i cluster.
- PORTATA: indica il raggio di copertura, espresso in metri, del WiFi.

n CHs	n CMs	CAMPIONAMENTO	PORTATA
21.58	197.12	4	100
21.23	196.49	8	100

TABELLA 8: DATI AL VARIARE DEL TEMPO DI CAMPIONAMENTO

Valutiamo per prima cosa la quantità di byte inviati se non si utilizzasse l'aggregazione delle informazioni, dunque ogni vettura dovrebbe effettuare una comunicazione V2I comunicando i dati contenuti nei MFCM.

Ricordandoci la quantità di memoria che occupano i dati per essere memorizzati possiamo calcolare la grandezza media di un messaggio di una singola vettura.

Sapendo che, per memorizzare l'ID SEGMENTO e il TEMPO impiegato a percorrerlo occorrono 6 byte, si trova la grandezza media del pacchetto di dati di una vettura moltiplicando il numero medio di segmenti memorizzati tra un campionamento e l'altro per 6.

Dunque nel caso in cui il campionamento sia di 4 secondi il numero di byte occupati dal MFCM risulta essere pari a 18, invece se il campionamento è di 8 secondi risulta essere 36 byte.

A questo punto conoscendo la grandezza media di un MFCM, che deve essere inviato da ogni singola vettura, possiamo moltiplicarla per il numero totale delle vetture presenti nello scenario ottenendo come risultato la quantità di byte che sarebbero inviati se non si effettuassero aggregazioni.

Effettuando il calcolo si ottiene che nel caso in cui il campionamento sia di 4 secondi il totale dei byte da inviare risulta essere 3936.60 mentre nel caso in cui sia pari a 8 secondi risulta essere 7837.92.

Ora andiamo a calcolare la quantità di byte che saranno inviati utilizzando l'aggregazione dei dati.

Per quanto riguarda le vetture elette come CH occorre considerare che la dimensione dei dati che hanno memorizzati non possono essere aggregati ad altri, e inoltre bisogna tenere in considerazione il byte in più che gli occorre per memorizzare il campo NUM che rappresenta il numero di vetture che hanno partecipato alla somma totale del TEMPO.

Detto questo calcoliamo per prima cosa la quantità di byte derivanti dai CH, sapendo che la dimensione media dei loro pacchetti è di 19 byte se il campionamento è di 4 secondi, e di 57 byte se è ogni 8 secondi.

Moltiplicando questi dati per il numero medio di CH presenti nello scenario otteniamo 410.02 e 785.51 byte a secondo del campionamento.

Per ricavare la quantità totale di byte occorre ora calcolare il quantitativo di byte derivante dalle vetture CM.

Sapendo che la percentuale di aggregazione di questi dati è pari al 25% ricaviamo il risultato calcolando il 75% del valore ottenuto dalla moltiplicazione tra la

grandezza media dei pacchetti delle singole auto e il numero medio di CM presenti nello scenario.

Svolgendo il calcolo otteniamo 2661.12 byte con il campionamento pari a 4 secondi e 5305.23 byte se il campionamento è di 8 secondi.

Andando a sommare i valori ottenuti, risulta che la dimensione dei messaggi MFCH inviati al centro di controllo è di 3071.14 byte e 6090.74 byte a secondo del campionamento.

Si può vedere, in Grafico 1 e in Grafico 2, come l'implementazione proposta comporta una diminuzione del numero di byte inviati, riducendo in questo modo i costi derivanti dalle comunicazioni V2I.

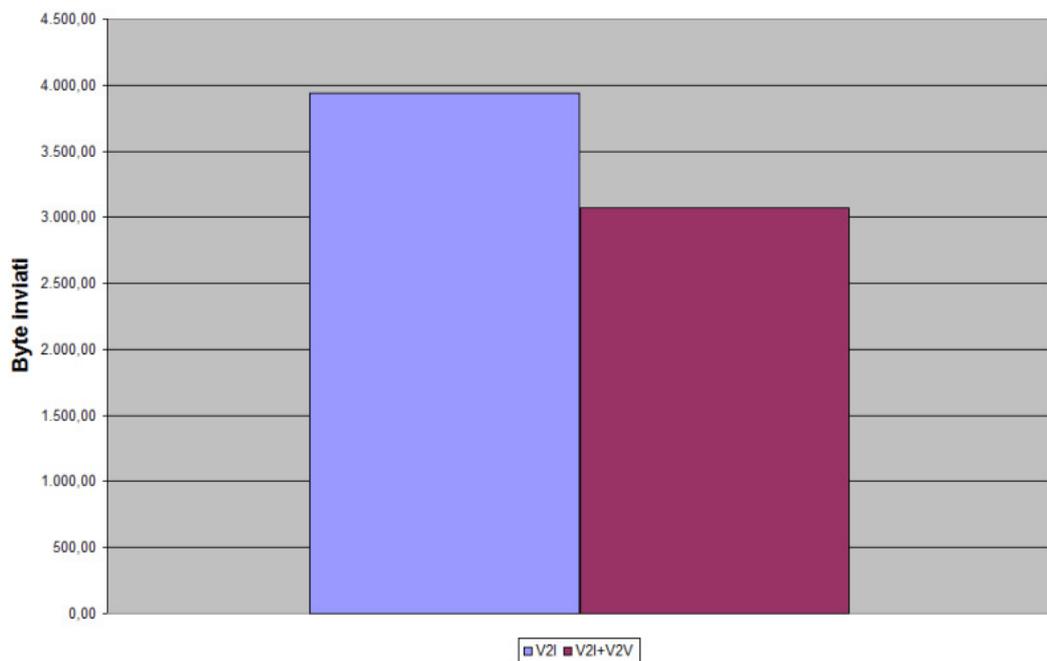


Grafico 1: Risultati con campionamento 4 secondi

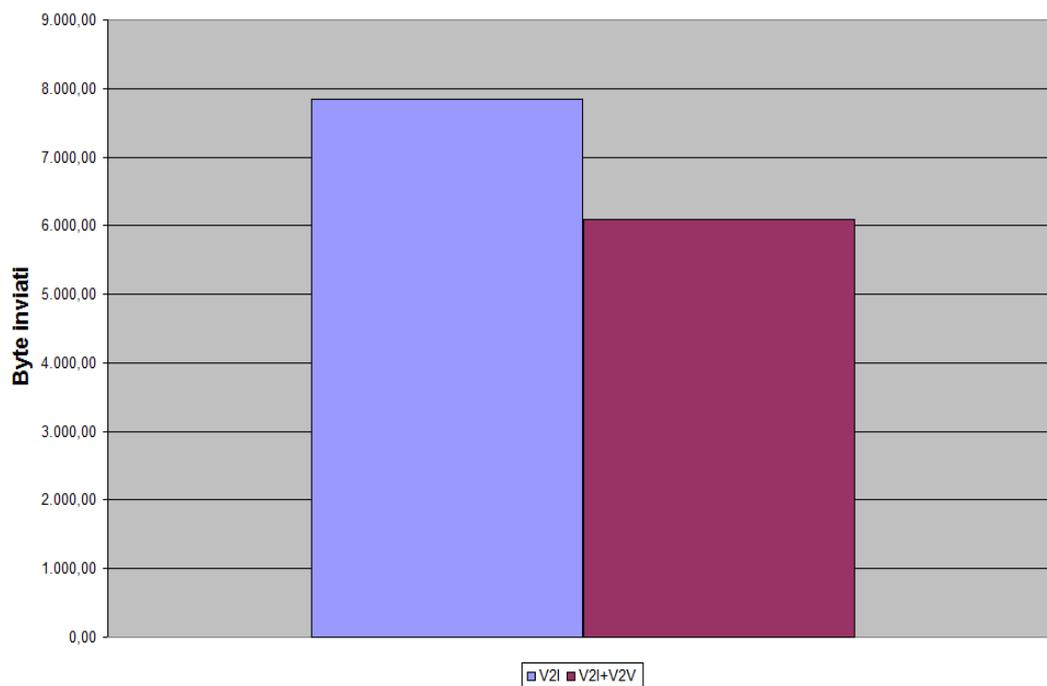


Grafico 2: Risultati con campionamento 8 secondi

In conclusione analizzando il caso in cui il campionamento avvenga ogni 8 secondi si nota che ad ogni iterazione si risparmia l'invio di 1747,18 byte. Sapendo che si è considerato uno scenario con la presenza media di 217.72 vetture per campionamento si calcola il risparmio medio per ogni singola vettura ottenendo 8.02 byte ogni 8 secondi.

Tenendo presente che la densità delle vetture, equipaggiate con le OBU, può variare a secondo se ci troviamo in un grande centro abitato oppure in una zona periferica con conseguente aumento o diminuzione della percentuale di aggregazione, possiamo valutare il risparmio in uno scenario come quello in cui è inserito il progetto PEGASUS che attualmente conta un numero di OBU installate superiore a 1.300.000.

Sapendo che, da una ricerca effettuata dall'Osservatorio sulla Mobilità Sostenibile dell'Airp un italiano trascorre giornalmente in media 60 minuti in auto, il numero di campionamenti effettuati ogni 8 secondi, risulta essere pari a 450, dunque si

calcola un risparmio medio giornaliero per vettura di 3609 byte, equivalenti a 0,000344 megabyte.

Questo significa, che tenendo conto del numero totale di OBU installate, il risparmio medio giornaliero sarebbe di 4472 megabyte, e considerando che mediamente la tariffa per il trasferimento di un megabyte, tramite l'utilizzo delle reti GPRS, è circa pari a 2 centesimi di euro comporterebbe un risparmio economico di 32.645,60 € annui.

Capitolo 4

Localizzazione

4.1 Descrizione servizio

Il servizio di localizzazione consiste nel sapere dove si trova ogni singola vettura in qualsiasi momento.

Grazie a questo servizio si può garantire un livello di sicurezza superiore ai viaggiatori, ad esempio se la vettura fosse coinvolta in un incidente si possono inviare tempestivamente i soccorsi nel luogo esatto, senza perdere tempo.

Un'altra situazione nella quale risulta essere molto utile questo servizio è nel caso di furto della vettura, infatti sapendo precisamente dove si trova risulta essere facile recuperarla.

4.2 Idea implementazione

Idealmente, per poter offrire questo servizio nel modo più preciso possibile, occorrerebbe inviare, al centro di controllo, un aggiornamento della propria posizione in ogni unità di tempo durante la quale la vettura si muove.

Procedendo però in questo modo, il costo delle comunicazione V2I diventerebbe insostenibile, dunque alla luce di questo occorre adottare una strategia che abbia l'obiettivo di ridurre questi costi.

Come detto in [9], una strategia possibile risulta essere quella di adottare una stima della posizione di una vettura mediante previsioni.

Entrando maggiormente nel dettaglio, questo significa che sia il centro di controllo che le vetture in movimento devono eseguire lo stesso algoritmo di previsione, e nel caso in cui la vettura eseguendolo ottiene un risultato che dista dalla sua posizione attuale, di un valore maggiore ad una soglia fissata a priori, deve inviare un aggiornamento sulla posizione corretta al centro di controllo, tramite una comunicazione V2I, in modo tale che le prossime previsioni risultino essere più precise.

Dunque il compito delle vetture è quello di verificare la previsione effettuata dal centro di controllo e, nel caso in cui quest'ultima non sia precisa, di inviargli un aggiornamento.

Invece i compiti del centro di controllo sono quelli di mantenere aggiornato il database delle posizioni delle vetture tramite le predizioni dell'algoritmo e gli aggiornamenti che riceve, infine deve anche scegliere e comunicare alle vetture la soglia di tolleranza e l'intervallo di tempo che deve trascorrere tra due esecuzioni dell'algoritmo in base al livello di precisione che desidera ottenere.

4.3 Proposta implementazione

Questa proposta si basa sulla destinazione delle vetture, la quale può essere:

- **SICURA:** significa che il viaggiatore ha comunicato la sua destinazione.
- **PRESUNTA:** significa che la destinazione viene ipotizzata basandosi sulle abitudini del viaggiatore o su altre considerazioni (ad esempio se una vettura in un certo orario della giornata percorre molte volte lo stesso tragitto si può presupporre che se risulta essere in movimento in quell'orario la sua destinazione sarà quella solita). Nel momento in cui ci si accorge, tramite gli aggiornamenti, che si è ipotizzato una destinazione errata occorre identificare un'altra destinazione possibile.

Dunque la destinazione sicura o presunta viene utilizzata nell'algoritmo di previsione per stimare la posizione della vettura.

Conoscendo, grazie al servizio di traffic monitoring, anche il tempo che si impiega a raggiungere la destinazione, si calcola la posizione stimata valutando da quanto tempo è in viaggio la vettura.

Questo algoritmo comporta che nel momento in cui la vettura inizia a muoversi invia un messaggio al centro di controllo indicando il segmento di partenza e un eventuale destinazione. Il centro di controllo risponde comunicando la soglia di tolleranza espressa in metri, e l'intervallo di tempo, espresso in secondi, che deve trascorrere tra un'esecuzione e l'altra dell'algoritmo.

Infine nel momento in cui la destinazione è raggiunta la vettura deve comunicare che arresta il suo movimento.

Procedendo in questo modo nel caso in cui sia specificata la destinazione, il numero di aggiornamenti inviati dalla vettura al centro di controllo sarà minimo, in quanto si verificherebbero solo se i dati ricavati dal traffic monitoring risultino errati o in caso di imprevisti.

Invece nel caso in cui non venga specificata la destinazione, gli aggiornamenti saranno di numero superiore fino a quando non si ipotizza una "buona" destinazione.

4.4 Esempio funzionamento servizio

Supponendo il caso in cui una vettura inizi il suo tragitto comunicando al centro di controllo la sua posizione di partenza e la sua destinazione, come possiamo vedere in Tabella 9:

ID SEGMENTO PARTENZA	ID SEGMENTO ARRIVO
1	6

TABELLA 9: MESSAGGIO INVIATO DALLA VETTURA ALLA PARTENZA

Quando il centro di controllo riceve il messaggio, invia alla vettura la soglia di tolleranza e l'intervallo di tempo stabili, Tabella 10:

TOLLERANZA	INTERVALLO
100	6

TABELLA 10: RISPOSTA INVIATA DAL CENTRO DI CONTROLLO

Dopo questi primi messaggi, la vettura sa che deve inviare gli aggiornamenti solo nel caso in cui la previsione ottenuta dista di almeno 101 metri da quella reale e che deve eseguire l'algoritmo ogni 6 secondi.

Invece il centro di controllo stabilisce che la vettura ha iniziato a muoversi e che si sta recando alla destinazione indicata, dunque manterrà aggiornata la posizione basandosi sull'algoritmo di previsione e sugli eventuali aggiornamenti ricevuti.

A questo punto sia la vettura che il centro di controllo possono iniziare ad eseguire l'algoritmo di previsione basandosi sui dati ottenuti dal traffic monitoring.

In Figura 10 è descritto un possibile tragitto che la vettura compie per raggiungere la destinazione specificata, con indicati i tempi di percorrenza media dei singoli segmenti di strada che devono essere percorsi:

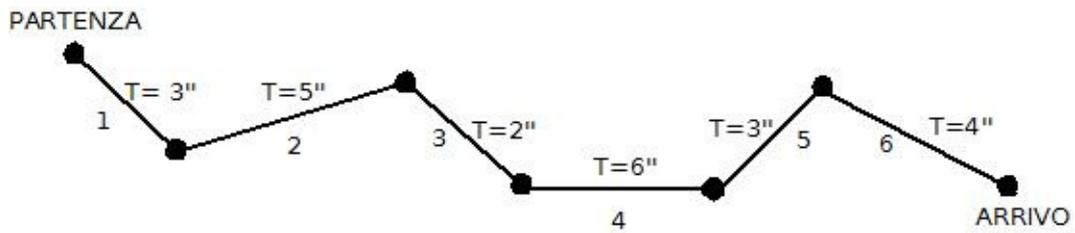


Figura 10: Tragitto percorso dalla vettura

Dunque in questo esempio la vettura, lungo il suo tragitto, esegue l'algoritmo tre volte:

- **PRIMA VOLTA:** durante la quale l'algoritmo di previsione restituisce come posizione prevista il segmento 2.
- **SECONDA VOLTA:** durante la quale l'algoritmo di previsione restituisce come posizione prevista il segmento 4.
- **TERZA VOLTA:** durante la quale l'algoritmo di previsione restituisce come posizione prevista il segmento 5.

E invia l'aggiornamento al centro di controllo solo se la previsione risulta essere errata di un valore maggiore della soglia di tolleranza.

Implementando il servizio in questo modo, se viene specificata la destinazione o se viene ipotizzata nel modo corretto, il numero minimo di comunicazioni che saranno fatte sono tre: le due comunicazioni effettuate dalla vettura al momento della partenza e dell'arrivo e la comunicazione effettuata dal centro di controllo per comunicare la soglia di tolleranza e l'intervallo di tempo che deve trascorrere tra un'esecuzione e l'altra dell'algoritmo.

4.5 Valutazione sperimentale

Confrontando il numero di byte inviati nel caso in cui si utilizzasse l'algoritmo di previsione con quelli inviati nel caso in cui si utilizzasse la tecnica Simple Sampling, rispettivamente descritti nel paragrafo 4.3 e 2.1.1, si può stimare il risparmio ottenuto.

Calcoliamo per prima cosa, la quantità di byte inviati utilizzando la tecnica Simple Sampling, supponendo che le vetture comunichino la propria posizione, al centro di controllo, ogni 20 secondi.

Gli aggiornamenti inviati utilizzando questa tecnica hanno la dimensione di 4 byte, in quanto contengono l'ID SEGMENTO del tratto di strada su cui si trova la vettura.

Sapendo che in media una vettura è in movimento per 60 minuti al giorno, il numero di comunicazioni che effettua risulta essere 180, le quali comportano un totale di byte inviati pari a 720.

Dunque in uno scenario come quello in cui è inserito il progetto Pegasus, nel quale sono presenti un numero di vetture superiore a 1.300.000, si stima che utilizzando la tecnica Simple Sampling il numero di byte inviati giornalmente, risulta essere pari a 936.000.000 che equivalgono a 892,64 megabyte.

Ora per effettuare i calcoli inerenti alla tecnica proposta occorre supporre:

- La percentuale di vetture che specificano la destinazione. Stimata al 50%.
- Il tempo medio che trascorre tra un aggiornamento e l'altro nel caso in cui la previsione dell'algoritmo non vada bene. Stimato pari ad 1 minuto.

Come prima cosa, calcoliamo il numero di byte inviati dalle vetture nel momento in cui iniziano il proprio tragitto, sapendo che la dimensione del messaggio, risulta essere di 8 byte nel caso in cui sia specificata anche la destinazione, in quanto

contiene anche l'ID SEGMENTO che indica la destinazione.

Perciò nello scenario di riferimento questi messaggi comportano un numero di byte inviati pari a 7.800.000.

Calcoliamo infine le dimensioni degli aggiornamenti inviati, ricordandoci che in media questi aggiornamenti sono inviati ogni minuti, dunque una vettura ne invia 60 al giorno.

Sapendo che la dimensione di questi aggiornamenti è pari a 4 byte, otteniamo che una vettura invia giornalmente 240 byte.

Dunque in totale utilizzando l'implementazione proposta nel paragrafo precedente si inviano giornalmente 319.800.000 byte equivalenti a 304,98 megabyte.

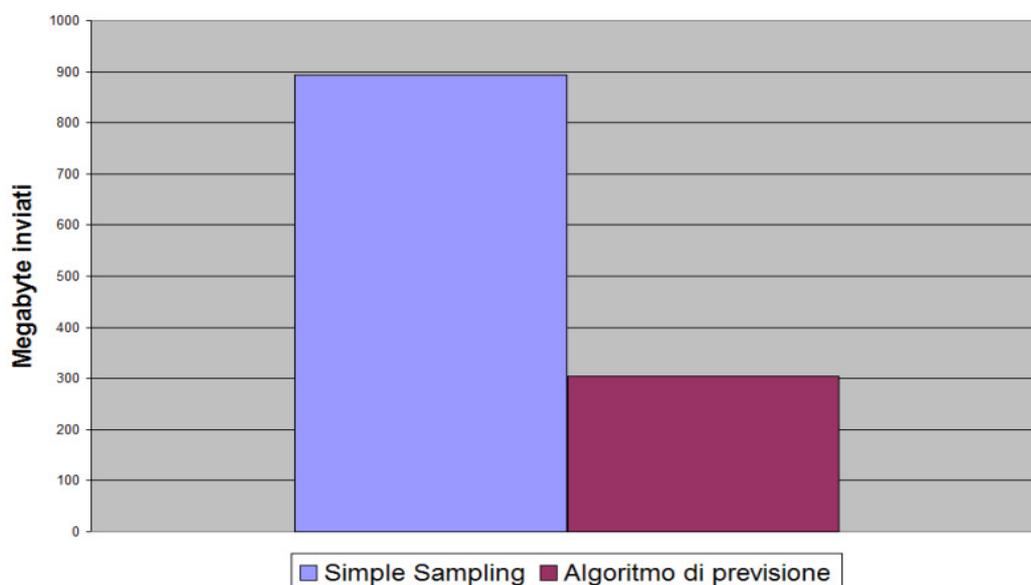


Grafico 3: Megabyte inviati giornalmente

Come si nota nel Grafico 3, confrontando i risultati, si conclude che facendo le supposizioni elencate precedentemente, l'implementazione proposta comporta una diminuzione di 587,66 megabyte inviati al giorno, equivalente ad un risparmio pari al 65.83%.

Conclusione e sviluppi futuri

Durante questa Tesi di Laurea si è voluto proporre l'implementazione per i servizi di Traffic Monitoring e di Localizzazione inseriti nell'Intelligent Transportation System PEGASUS.

Queste proposte hanno come obiettivo quello di offrire il servizio nel modo più preciso possibile, andando a diminuire i costi dovuti alle comunicazioni V2I.

Per far ciò, la proposta inerente al Traffic Monitoring sfrutta le comunicazioni V2V in modo tale da ridurre il quantitativo di byte da inviare al centro di controllo.

Mentre la proposta inerente al servizio di Localizzazione prende spunto dalle idee presenti in [9], cercando di ridurre il numero di comunicazioni V2I tramite un algoritmo di previsione della posizione di una vettura.

Le valutazioni sperimentali hanno mostrato che, grazie l'utilizzo di queste implementazioni, la quantità di dati inviati al centro di controllo risulta essere minore, con un conseguente risparmio economico, garantendo comunque un servizio preciso ed affidabile.

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri si dovrebbero implementare i codici degli algoritmi proposti in modo tale da testare con più precisione, tramite simulatori di traffico stradale come Vissim [10], l'effettiva riduzione dei costi.

Infine si dovrebbero implementare sull'architettura di ogni OBU installate sulle vetture valutando così il reale risparmio.

Bibliografia

- [1] F. Mandreoli, R. Martoglia, W. Penzo, S. Sassatelli: Data Management Issues for Intelligent Transportation System. In 18th Italian Symposium on Advanced Database Systems (SEBD 2010), 2010
- [2] F. Madreoli, R. Martoglia, W. Penzo, L. Carafoli: Evaluation of Data Reduction Techniques for Vehicle to Infrastructure Communication Saving Purpose
- [3] PEGASUS: ProgEtto per la Gestione delle mobilità Attraverso Sistemi infotelematici per l'ambito Urbano, per la Sicurezza di passegger, veicoli e merci, Web site: <http://pegasus.octotelematics.com>
- [4] M. Pergola: Studio, simulazione e valutazione di un algoritmo V2V per lo scambio di informazioni, Università di Modena e Reggio Emilia, 2010/2011
- [5] D. Ayala, J. Lin, O. Wolfson, N. Rische, and M. Tanizaki: Communication Reduction for Floating Car Data-based Traffic Information System. In Proc. Of Advanced Geographic Information System, Applications and Service, 2010

- [6] Oliver Kennedy, Christoph Koch, Al Demers Dept: Dynamic Approaches to In-Network Aggregation. IEEE International Conference on Data Engineering, 2009

- [7] IEEE 802.11TM WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS.
Web site: <http://www.ieee802.org/11/>

- [8] IEEE 802.11 from Wikipedia
Web site: [http://it.wikipedia.org/wiki/IEEE 802.11](http://it.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)

- [9] A. Civilis, C. S. Jensen, and S. Pakalnis, “Efficient tracking of moving objects with precision guarantees”, In Proc. MobiQuitous, 2004, pp 164-173.

- [10] VISSIM – Multi-Modal Traffic Flow Modeling
Web sites: <http://www.english.ptv.de/software/transportation-planning-trafficengineering/software-system-solution/vissim/>
http://www.tpsitalia.it/software/ingegneria_traffico/vissim.php