

SAMUELE MOSCATELLI, NICOLÒ PINCIROLI,
ANDREA POZZOLI

GESTIONE DEL TRAFFICO



DOCUMENTAZIONE DEL PROGETTO DI
PROVA FINALE

Samuele Moscatelli, Nicolò Pincioli,
Andrea Pozzoli,
Gestione del traffico
Documentazione del progetto di prova finale

E-MAIL:

Samuele Moscatelli - sem.mosca97@libero.it
Nicolò Pincioli - nicolopinci.1997@gmail.com
Andrea Pozzoli - pozzoliandrea97@gmail.com

Documentazione realizzata con L^AT_EX.

INDICE

1	ANALISI DEI REQUISITI	1
1.1	Tema del progetto	1
1.2	Analisi di fattibilità	2
1.2.1	Analisi dei costi	3
1.2.2	Dati trasmessi	3
1.2.3	Conclusioni	3
1.3	Diagramma i*	4
1.3.1	Sistema centrale	4
1.3.2	Centralina automobilistica	4
1.3.3	Centralina stradale	4
1.3.4	Applicazione mobile	5
1.3.5	Utente	5
1.3.6	Amministratore	5
1.4	Data dictionary	7
A	APPENDICE	15
A.1	Calcolo dei costi	15
A.2	Calcolo dei dati trasmessi	16
	BIBLIOGRAFIA	17

1.1 TEMA DEL PROGETTO

Realizzare un sistema per il monitoraggio e il controllo integrato del traffico cittadino, composto dai seguenti sotto-sistemi che operano in modo distribuito:

- **Sistema centrale:** incaricato di memorizzare tutte le informazioni di stato, inviare notifiche a sistemi esterni in caso di specifici eventi, mostrare lo stato dell'intero sistema e sottosistemi. Il sistema quindi include una interfaccia utente che consente di esplorare le varie informazioni attuali.
Opzionale: è possibile decidere di mostrare i dati anche in un qualche tipo di forma grafica (diagrammi, mappe. ecc.).
- **Centraline stradali:** incaricate di monitorare il flusso di traffico del segmento stradale in cui collocate e inviarlo al sistema centrale con periodicità proporzionale all'ammontare di traffico.
- **Centraline automobilistiche:** incaricate di inviare con periodicità fissa il dato di velocità (e posizione) del veicolo su cui sono installate.
- **Applicazioni mobili:** installate su telefono cellulare e incaricate di inviare al sistema centrale esplicite segnalazioni di traffico (coda, con posizione GPS) da parte degli utenti / guidatori. Le applicazioni inoltre ricevono notifiche dal sistema centrale per qualsiasi evento di traffico (coda, velocità lenta, traffico elevato) in un raggio fisso dalla posizione (ultima registrata) del telefono.

Specificare, progettare e implementare il sistema distribuito necessario, coprendo: sistema centrale, applicazione mobile, e una a scelta tra centralina stradale e centralina automobilistica.

Definire esplicitamente tutti i formati dei dati scambiati e le modalità di scambio (protocollo).

È possibile raffinare i requisiti ed aggiungere ipotesi e assunzioni sul contesto, sensate e in linea con quanto indicato nei requisiti. Tali estensioni devono essere esplicitamente riportate nella documentazione di progetto (sezione specifica requisiti).

1.2 ANALISI DI FATTIBILITÀ

In questa sezione si vuole analizzare la fattibilità del progetto descritto nella sezione precedente individuando i clienti, l'obiettivo, i benefici, le risorse disponibili, i possibili ostacoli e rischi e come minimizzarli. Inoltre, in due sottosezioni, vengono studiati i costi e la quantità di dati trasmessi dal sistema.

I clienti del progetto proposto sono:

- Il docente di ingegneria del software
- Il Comune di Como

L'obiettivo è quello di monitorare il traffico cittadino e ottimizzarne la gestione. Nonostante la portata iniziale del progetto sia limitata a livello comunale, il campo di azione può essere esteso ad aree geografiche più ampie senza che vengano introdotte modifiche significative.

Lo sviluppo del sistema avrebbe un impatto positivo sia a livello ambientale, in quanto ridurrebbe le emissioni dovute alle code, sia in termini di efficienza degli spostamenti dei cittadini, grazie alla possibilità di scegliere percorsi meno trafficati.

Le risorse disponibili possono essere suddivise in tre categorie: persone, tempo e attrezzature. Per quanto riguarda le persone, è prevista la collaborazione di tre studenti, supportati da due esercitatori e due assistenti di laboratorio. Il tempo stimato per la realizzazione del progetto è di tre mesi, cadenzati da quattro scadenze. Le attrezzature necessarie sono di due tipologie:

- Software: Eclipse, OpenOme, StarUML, GitLab, L^AT_EX;
- Hardware: centraline stradali, centraline per veicoli, sistema centrale, personal computer.

Alcuni dei potenziali ostacoli che rallenterebbero lo sviluppo del sistema potrebbero essere il tempo ridotto, i requisiti generici, l'integrazione con i sensori e il mondo esterno, l'insoddisfazione del cliente, i problemi di comunicazione e l'organizzazione tra i membri del team e gli assistenti e le difficoltà nell'apprendimento di nuovi sistemi.

Per quanto riguarda i rischi, bisogna considerare che il sistema potrebbe essere poco estensibile e poco comprensibile per altri sviluppatori. Un ulteriore possibile rischio è l'eccessiva ambiziosità dei progettisti in rapporto alle proprie competenze tecniche.

Al fine di minimizzare questi pericoli possono essere adottate diverse soluzioni, tra cui: mantenere contatti continui con il cliente, in modo da comprendere le sue richieste e mostrare il programma nelle sue fasi di sviluppo, apportando eventuali modifiche; commentare il codice e utilizzare il design pattern; fornire una documentazione

chiara ed esaustiva; preferire una programmazione ad oggetti; distinguere le parti fondamentali e indispensabili del progetto da quelle secondarie o opzionali; estendere le conoscenze del team.

1.2.1 Analisi dei costi

Si analizzano ora i costi di creazione e gestione nel tempo del sistema. Il risultato dei calcoli dipende da tre fattori: il costo dei dispositivi che costituiscono il sistema, il consumo elettrico all'ora, e il costo orario di manutenzione (sezione A.1). Si deduce quindi che il costo totale è in funzione del tempo t espresso in ore e in particolare vale:

$$C(t) = 425000 + 1.22t$$

dove il primo numero è il costo iniziale mentre il secondo è il costo elettrico e di manutenzione in funzione del tempo espresso in ore. Ponendo $t = 8760h$ (1 anno), si ottiene quindi che il costo complessivo per il primo anno risulterebbe pari a circa 436000 €.

1.2.2 Dati trasmessi

Si può inoltre stimare la quantità di dati trasmessi nel caso peggiore (sezione A.2). Le centraline automobilistiche devono inviare al sistema centrale con velocità di trasmissione richiesta pari a $128 * 8000 = 1.024 * 10^6 \text{ bit/s}$. Per quanto riguarda le centraline stradali si ha un volume di dati complessivo pari a $1.8 * 10^5 \text{ bit/s}$. Infine è possibile stimare la quantità di dati inviati e ricevuti dall'applicazione mobile, risultando quindi $8 * 10^5 \text{ bit/s}$.

Il traffico massimo raggiungibile sarebbe pari a circa 2 milioni di bit/s ($2 * 10^6 \text{ bit/s}$), di conseguenza basterebbe un sistema centrale con una connessione da 0.25MB/s per trasmettere tutti i dati.

1.2.3 Conclusioni

Dallo studio complessivo di fattibilità risulta che le risorse e le tempistiche a disposizione sono sufficienti affinché gli obiettivi prefissati vengano pienamente raggiunti. Infatti l'attenta analisi dei rischi e degli ostacoli che possono presentarsi non ha rivelato motivi di un possibile insuccesso, dato che sono state individuate delle strategie per minimizzare i rischi e che i benefici giustificerebbero i costi, in ogni caso non elevati.

1.3 DIAGRAMMA I*

1.3.1 Sistema centrale

Il sistema centrale presenta tre obbiettivi di tipo hard. Il primo di essi riguarda il monitoraggio del traffico cittadino, cioè la memorizzazione di tutte le informazioni di stato. Tramite due task viene specificato come raggiungere questo obiettivo, cioè memorizzando lo stato del sistema centrale e memorizzando lo stato dei sottosistemi. Con il termine stato si intende i dati raccolti riguardanti il traffico. Il secondo hard goal del sistema centrale è rendere consultabile lo stato del sistema complessivo. Questo obiettivo richiede una risorsa all'obiettivo precedente, lo stato memorizzato, e lo rende disponibile all'amministratore. Anche in questo caso, si suddivide il goal in due task che specificano lo stato mostrato, e cioè lo stato del sistema centrale e lo stato dei singoli sottosistemi. Infine il sistema centrale ha il compito di controllare i sottosistemi. Per fare questo sono necessari quattro task:

- elaborare dati veicoli, che riceve dalle centraline automobilistiche i dati di posizione e velocità come risorse;
- elaborare dati di traffico stradale, che richiede alle centraline stradali i dati di traffico che rilevano;
- elaborare notifiche applicazioni mobili, che riceve la posizione e la segnalazione di coda inviata dall'app.
- inviare notifiche, che comunica con l'applicazione dopo aver elaborato una condizione di traffico.

1.3.2 Centralina automobilistica

La centralina ha due hard goal che sono collegati da una risorsa. Il primo obiettivo è quello di monitorare lo stato del veicolo che svolge due azioni rappresentate tramite sue task, cioè rilevare la velocità e rilevare la posizione dell'automobile. Il secondo compito è quello di aggiornare il sistema centrale, e lo svolge ricevendo lo stato del veicolo (cioè i dati raccolti) e inviando la velocità e la posizione a intervalli di tempo regolari al sistema centrale tramite due task.

1.3.3 Centralina stradale

Anche la centralina stradale ha due hard goal, molto simili a quelli della centralina automobilistica, che si scambiano una risorsa. Un obiettivo è monitorare il traffico stradale e viene fatto tramite due task, il rilevamento delle variazioni di traffico e il calcolo della periodicità. Per variazioni di traffico si intende il conteggio del numero di veicoli che vengono rilevati dalla centralina in un intervallo di tempo. Con periodicità invece indichiamo l'intervallo di tempo, che è

proporzionale al traffico medio in quel tratto di strada. Il secondo obiettivo è l'aggiornamento del sistema centrale, svolto richiedendo al goal precedente i dati di traffico rilevati e inviandoli come risorsa.

1.3.4 Applicazione mobile

L'applicazione mobile comunica con il sistema centrale e con l'utente. Presenta quindi due obiettivi che sono notificare il sistema centrale e informare l'utente sul traffico. Il primo obiettivo, che riceve dall'utente una segnalazione di coda come risorsa, si raggiunge tramite due task, segnalare la presenza di coda e inviare la posizione da cui si manda la segnalazione, che inviano le risorse già spiegate in sistema centrale. Il secondo obiettivo è più articolato e si suddivide in quattro task:

- mostrare notifiche eventi, che riceve dal sistema centrale la notifica di un particolare evento di traffico e lo invia all'utente;
- segnalare velocità lenta, cioè comunicare all'utente questo specifico evento nella notifica;
- segnalare traffico elevato, analogo a velocità lenta;
- segnalare coda, analogo a velocità lenta.

Inoltre, può essere preso in considerazione il soft goal riguardante la tempestività nell'aggiornare l'utente, favorita dai due hard goal precedentemente descritti.

1.3.5 Utente

L'utente ha due obiettivi di tipo hard: conoscere lo stato del traffico e avvisare gli altri utenti. Il primo viene eseguito grazie a un task, cioè consultare l'applicazione, che riceve come risorsa la notifica che l'applicazione mobile invia all'utente per comunicargli un particolare evento di traffico. L'altro obiettivo sempre tramite un task, la pressione del pulsante, invia all'applicazione un avviso di una condizione di coda su un determinato tratto stradale.

1.3.6 Amministratore

L'amministratore ha un singolo hard goal che riguarda il fatto di conoscere la condizione di traffico dell'area geografica coperta dal sistema. Tale obiettivo viene raggiunto attraverso due task, ovvero la consultazione dello stato del sistema centrale in sé e la consultazione dello stato dei singoli sottosistemi. Per fare ciò il sistema centrale dispone di un'interfaccia utente apposita, nel diagramma i* rappresentata come risorsa "stato sistema".

L'amministratore avrà quindi l'obiettivo di gestire il sistema, rappresentato nel diagramma come soft goal in quanto molto generico.

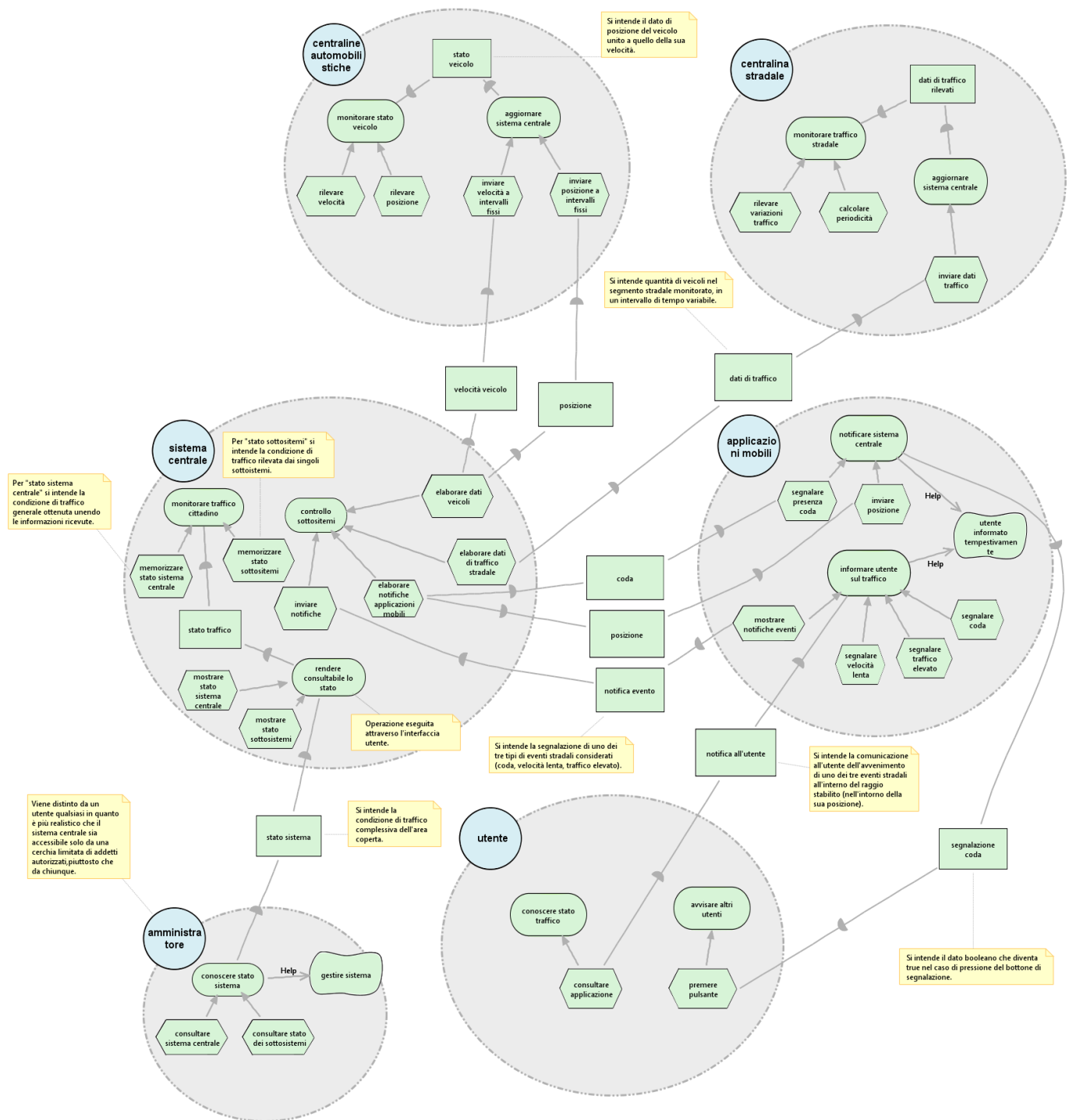


Figura 1: Diagramma I* del sistema di gestione del traffico

1.4 DATA DICTIONARY

Le seguenti tabelle rappresentano i dati con i quali il sistema opera ed una loro descrizione, che ne considera la tipologia, la struttura e l'utilizzo.

Nome	Bottone
Definizione	Tasto a disposizione dell'utente di un'applicazione mobile per segnalare la presenza di coda in una determinata posizione
Tipo di dato	È formato da un booleano che indica lo stato del bottone (premuto o non premuto).
Dimensione del dato	1 bit
Sinonimi	Tasto, pulsante
Esempi	True (premuto), false (non premuto)
Sottotipi	
Supertipi	
Attributi	Stato(bool)
Componenti	
Relazioni	Notifica, dati di traffico, posizione, coda,

Nome	Centralina automobilistica
Definizione	Centralina installata all'interno di un veicolo in grado di trasmettere al sistema centrale i dati di posizione e velocità del veicolo stesso.
Tipo di dato	È formato da un dato di tipo posizione, un dato di tipo velocità e uno di tipo intervallo di tempo.
Dimensione del dato	89 bit
Sinonimi	Centralina del veicolo
Esempi	-36.82065, 175.07823 30 25 (Il sistema, attraverso dei sensori, riceve la velocità e la posizione del veicolo, trasmettendola a intervalli di tempo fissati al sistema centrale)
Sottotipi	
Supertipi	Centralina
Attributi	
Componenti	Posizione (70 bit), Periodo (10 bit), Velocità (9 bit)
Relazioni	Dati di traffico, Velocità, Posizione, Intervallo di tempo, Automobile

Nome	Centralina stradale
Definizione	Dispositivo adibito al controllo costante del flusso di traffico in un determinato segmento stradale.
Tipo di dato	È formato da una stringa che indica lo stato, da un dato di tipo posizione, un dato di tipo velocità, uno di tipo conteggio e uno di tipo intervallo di tempo.
Dimensione del dato	134 bit
Sinonimi	Stazione stradale, cellula stradale
Esempi	-36.82065, 175.07823 “accesa” -24.82065, 95.07823 “spenta”
Sottotipi	Stato(string)
Supertipi	Intervallo di tempo, conteggio, posizione
Attributi	Intervallo di tempo, notifica, dati di traffico, velocità, conteggio, posizione,
Componenti	Posizione (70 bit), Periodo (10 bit), Velocità (9 bit)
Relazioni	Dati di traffico, Velocità, Posizione, Intervallo di tempo, Automobile

Nome	Coda
Definizione	Indicazione della presenza o dell’assenza di una coda in una determinata posizione.
Tipo di dato	È formato da un booleano che indica la presenza di coda e da un dato di tipo posizione.
Dimensione del dato	71 bit
Sinonimi	Incolonnamento
Esempi	1, -36.82065, 175.07823 significa che in posizione -36.82065, 175.07823 è presente una coda.
Sottotipi	esiste_coda (1 bit)
Supertipi	Posizione (70 bit)
Attributi	Dati di traffico, Notifica, Automobile
Componenti	Posizione (70 bit), Periodo (10 bit), Velocità (9 bit)
Relazioni	Dati di traffico, Velocità, Posizione, Intervallo di tempo, Automobile

Nome	Conteggio veicoli
Definizione	Classe per il conteggio dei veicoli rilevati da una centralina stradale in un determinato intervallo di tempo.
Tipo di dato	È formato da un intero positivo che rappresenta il numero di veicoli e da due flag che indicano il comando di reset del conteggio e la presenza di overflow.
Dimensione del dato	32 bit (può contare un numero di automobili dell'ordine di grandezza della popolazione mondiale)
Sinonimi	Conteggio passaggi
Esempi	75 0 0 (esempio di dato) Per ogni veicolo rilevato il contatore aumenta di un'unità, a meno che reset non valga 1. Se supera il limite massimo del conteggio segnala un errore di overflow ponendo l'attributo overflow a 1.
Sottotipi	
Supertipi	
Attributi	numero_veicoli (30 bit), reset (1 bit), overflow (1 bit)
Componenti	
Relazioni	Dati di traffico, Centralina stradale, Intervallo di tempo

Nome	Dati di traffico
Definizione	Variabile che identifica la mobilità di un tratto stradale in funzione della velocità dei veicoli e del loro numero in un intervallo di tempo
Tipo di dato	È formato da un intero positivo che rappresenta la velocità media, dalla posizione geografica espressa con due numeri di dieci cifre, e da una stringa di massimo 16 caratteri per il tipo di traffico
Dimensione del dato	16bit+70bit+ 240bit=326bit
Sinonimi	Stato del traffico, flusso
Esempi	30 -36.82065, 175.07823 "velocità lenta"
Sottotipi	Coda, traffico elevato, velocità lenta
Supertipi	Tipo di traffico (string)
Attributi	Velocità, posizione
Componenti	Velocità, posizione, app mobile, sistema centrale, centralina stradale, centralina automobile
Relazioni	Dati di traffico, Centralina stradale, Intervallo di tempo

Nome	Diagramma
Definizione	Rappresentazione grafica di dati riguardanti le condizioni del traffico.
Tipo di dato	È formato da una lista puntata di coordinate e da informazioni sul colore espresse in formato RGBA.
Dimensione del dato	variabile
Sinonimi	Grafico
Esempi	Diagramma2D, Diagramma3D, Diagramma4D
Sottotipi	Lista_punti (ogni punto da 20 a 40 bit), colore (10 bit)
Supertipi	Punto, Dati di traffico, Mappa
Attributi	Velocità, posizione
Componenti	Velocità, posizione, app mobile, sistema centrale, centralina stradale, centralina automobile
Relazioni	Dati di traffico, Centralina stradale, Intervallo di tempo

Nome	Intervallo di tempo
Definizione	Periodicità con cui viene notificato lo stato del traffico da parte dei sottosistemi al sistema centrale. Può essere un intervallo fisso o variabile a seconda del sottosistema da cui viene inviato.
Tipo di dato	Intero positivo che indica la durata della periodicità.
Dimensione del dato	15 bit (espresso in secondi)
Sinonimi	Periodo, frequenza
Esempi	100, 300, 640, 120 (secondi)
Sottotipi	Notifica, centralina stradale, traffico elevato, dati di traffico, conteggio, centralina auto
Supertipi	Punto, Dati di traffico, Mappa
Attributi	Velocità, posizione
Componenti	Velocità, posizione, app mobile, sistema centrale, centralina stradale, centralina automobile
Relazioni	Dati di traffico, Centralina stradale, Intervallo di tempo

Nome	Mappa
Definizione	Rappresentazione grafica delle strade caricabili dalla posizione individuata dall'applicazione mobile con i relativi dati di traffico
Tipo di dato	Dato che rappresenta un'interpolazione di coordinate colorate in RGBA e che segnala i tratti di strada che presentano traffico.
Dimensione del dato	Variabile
Sinonimi	Cartina stradale
Esempi	Traffico, colore, segnali, lista punti
Sottotipi	Posizione, dati di traffico
Supertipi	Coda, velocità lenta, traffico elevato, posizione, raggio, veicolo, app mobile
Attributi	Velocità, posizione
Componenti	Velocità, posizione, app mobile, sistema centrale, centralina stradale, centralina automobile
Relazioni	Dati di traffico, Centralina stradale, Intervallo di tempo

Nome	Notifica
Definizione	Segnalazione dell'avvenimento di un dato evento stradale riguardante il traffico. Può essere indirizzata da un sottosistema verso il sistema centrale o dal sistema centrale verso le applicazioni mobili, oppure anche da queste ultime verso l'utente.
Tipo di dato	È formato da una stringa che indica il tipo di notifica, e un dato di tipo posizione.
Dimensione del dato	Variabile
Sinonimi	Segnalazione, avviso, allarme
Esempi	"coda" 36.82065, 175.07823 "velocità lenta" 36.82065, 175.07823
Sottotipi	NotificaDaSC,notificaASC
Supertipi	Tipo(string)
Attributi	Posizione
Componenti	Dati di traffico, velocità lenta, raggio, conteggio, posizione, centralina auto, coda, intervallo di tempo, centralina stradale, bottone, traffico elevato
Relazioni	Dati di traffico, Centralina stradale, Intervallo di tempo

Nome	Posizione
Definizione	Posizione espressa in coordinate GPS (latitudine e longitudine)
Tipo di dato	È formato da due numeri espressi in virgola mobile.
Dimensione del dato	70 bit
Sinonimi	Posizione GPS, Coordinate
Esempi	-36.82065, 175.07823 (esempio di dato)
Sottotipi	
Supertipi	Posizione
Attributi	Latitudine (35 bit, virgola mobile), longitudine (35 bit, virgola mobile)
Componenti	
Relazioni	Mappa, Coda, Centralina stradale, Centralina automobilistica, Traffico elevato, Automobile

Nome	Raggio
Definizione	Distanza in metri tra la posizione rilevata dall'applicazione mobile e la porzione di mappa caricabile sullo smartphone (viene caricata una area circolare)
Tipo di dato	Intero positivo
Dimensione del dato	16 bit
Sinonimi	500 m
Esempi	Mappa, app mobile, posizione
Sottotipi	
Supertipi	Posizione
Attributi	Latitudine (35 bit, virgola mobile), longitudine (35 bit, virgola mobile)
Componenti	
Relazioni	Mappa, Coda, Centralina stradale, Centralina automobilistica, Traffico elevato, Automobile

Nome	Stato veicolo
Definizione	Insieme di dati inviati dalla centralina automobilistica riguardanti la posizione, la velocità e l'identificativo del veicolo.
Tipo di dato	È formato da un intero positivo che definisce l'identificativo e da un dato posizione e uno velocità.
Dimensione del dato	100 bit
Sinonimi	Auto, automobile, macchina, unità
Esempi	NumeroID
Sottotipi	Posizione, velocità
Supertipi	Centralina auto, centralina stradale, utente, app
Attributi	Latitudine (35 bit, virgola mobile), longitudine (35 bit, virgola mobile)
Componenti	
Relazioni	Mappa, Coda, Centralina stradale, Centralina automobilistica, Traffico elevato, Automobile

Nome	Traffico elevato
Definizione	Dato che definisce la presenza di molti veicoli in un determinato tratto stradale; viene scambiato tra sistema centrale e applicazioni mobili
Tipo di dato	È formato da un booleano che indica la presenza di traffico elevato e da un dato di tipo posizione.
Dimensione del dato	71 bit
Sinonimi	True -36.82065, 175.07823
Esempi	Traffico(bool)
Sottotipi	Posizione
Supertipi	Notifica, dati di traffico, mappa, conteggio, posizione
Attributi	Latitudine (35 bit, virgola mobile), longitudine (35 bit, virgola mobile)
Componenti	
Relazioni	Mappa, Coda, Centralina stradale, Centralina automobilistica, Traffico elevato, Automobile

Nome	Velocità
Definizione	Spazio percorso da un veicolo in un intervallo di tempo, viene raccolta da appositi sensori, misurata in metri al secondo
Tipo di dato	Intero positivo.
Dimensione del dato	16 bit
Sinonimi	10 m/s , 50m/s
Esempi	Dati di traffico, veicolo
Sottotipi	Posizione
Supertipi	Notifica, dati di traffico, mappa, conteggio, posizione
Attributi	Latitudine (35 bit, virgola mobile), longitudine (35 bit, virgola mobile)
Componenti	
Relazioni	Mappa, Coda, Centralina stradale, Centralina automobilistica, Traffico elevato, Automobile

Nome	Velocità lenta
Definizione	Tratto di strada in cui i veicoli si muovono a una velocità inferiore alla media.
Tipo di dato	È formato da un booleano che indica la presenza di velocità lenta e fornisce un dato di tipo posizione.
Dimensione del dato	71 bit
Sinonimi	Rallentamento
Esempi	1 -36.82065, 175.07823, significa che nella posizione indicata dai due numeri con la virgola c'è velocità lenta
Sottotipi	Vlenta (bool)
Supertipi	Posizione
Attributi	Velocità, posizione, dati di traffico, notifica
Componenti	
Relazioni	Mappa, Coda, Centralina stradale, Centralina automobilistica, Traffico elevato, Automobile

A | APPENDICE

A.1 CALCOLO DEI COSTI

Siano SC il sistema centrale, CS una centralina stradale, CA una centralina automobilistica, EL la corrente elettrica e t il tempo in ore. Si indichi con C un costo, con P una potenza, con N un numero e con M la manutenzione. Il costo complessivo può essere espresso come somma di una parte fissa (il costo dei componenti) e di una parte variabile (che dipende dal consumo di corrente e dal costo periodico di manutenzione). Il costo complessivo, di conseguenza, è dato dalla formula seguente:

$$C(t) = C_{CS}N_{CS} + C_{CA}N_{CA} + C_{CS} + C_{EL}t(P_{CS}N_{CS} + P_{SC}) + \frac{t}{8760}(M_{CS} + M_{SC})$$

Supponendo che:

- il numero di centraline stradali (N_{CS}) sia 100;
- il numero di centraline delle automobili (N_{CA}) sia 8000;
- il costo della corrente elettrica (C_{EL}) sia pari a 0.20 €/kWh [ARE];
- il costo del sistema centrale (C_{SC}) sia di 5000 €;
- il costo di una centralina stradale (C_{CS}) sia di 200 €;
- il costo di una centralina auto (C_{CA}) sia di 50 €;
- la potenza di una centralina stradale (P_{CS}) sia di 1 W;
- la potenza del sistema centrale (P_{SC}) sia di 10 W.
- il costo di manutenzione di una centralina stradale (M_{CS}) sia di 100 €/anno;
- il costo di manutenzione del sistema centrale (M_{SC}) sia di 500 €/anno;

si ottiene quindi un costo complessivo pari a:

$$C(t) = 200 * 100 + 50 * 8000 + 5000 + 0.20 * t * (0.001 * 100 + 0.01) + \frac{t}{8760}(100 * 100 + 500) = 425000 + 1.22t$$

dove il primo numero è il costo iniziale e il secondo è il costo elettrico e di manutenzione in funzione del tempo espresso in ore. Ponendo $t = 8760h$ si ottiene quindi che il costo complessivo per il primo anno risulterebbe quindi pari a circa 436000 €.

A.2 CALCOLO DEI DATI TRASMESSI

Si può quindi stimare la quantità di dati trasmessi nel caso peggiore. Le centraline automobilistiche devono inviare al sistema centrale velocità e posizione. Supponendo che un veicolo non superi la velocità di 511km/h, 9 bit risultano sufficienti per la trasmissione del dato. Per esprimere la posizione in termini di latitudine e longitudine, supponendo che ogni valore abbia una precisione di 10 cifre decimali, sono necessari $\log_2(10^{20}) = 67\text{bit}$.

Complessivamente, di conseguenza, devono essere trasmessi 75 bit. Supponendo di ricorrere a un protocollo di invio di tipo TCP/IP (in cui i pacchetti comprendono anche un header e un codice di controllo) e un invio per ogni secondo, la velocità di trasmissione richiesta è pari a 128 bit/s.

Per quanto riguarda le centraline stradali, queste devono inviare la velocità ed, eventualmente, il numero identificativo della centralina. Si può supporre che venga utilizzato un protocollo analogo a quello delle centraline automobilistiche, per un volume di dati complessivo pari a 36 bit/s.

Supponendo di installare le centraline su 8000 auto, nel caso peggiore trasmetteranno $128 * 8000 = 1.024 * 10^6 \text{bit/s}$. Le centraline stradali, assumendo che siano posizionate tutte in strade con un alto flusso di traffico, trasmettono il proprio identificativo e la velocità di ogni macchina che passa. Per assurdo si può ipotizzare che tutte le macchine viaggino a 180 km/h (50m/s), che ogni macchina sia distanziata di 5 metri dalla precedente e sia lunga altrettanto e che invii i dati ogni secondo. Se passano 5 macchine al secondo, quindi, si ottiene $5 * 36 * 100 = 1.8 * 10^5 \text{bit/s}$.

Infine è possibile stimare la quantità di dati inviati e ricevuti dall'app mobile. Nel caso peggiore a Como circolano contemporaneamente 30000 auto, ognuna delle quali riceve i dati dal sistema centrale (ad esempio una notifica da 100 caratteri, pari a 800 bit ogni 60 secondi), e invia altrettanti bit nello stesso tempo. Il traffico di bit riguardanti l'app mobile risulta quindi essere $40000 * 800 * \frac{2}{60} = 8 * 10^5 \text{bit/s}$.

In base a queste considerazioni, il traffico massimo raggiungibile sarebbe pari a circa 2 milioni di bit/s, di conseguenza basterebbe un sistema centrale con una connessione da 0.25MB/s per trasmettere tutti i dati.

BIBLIOGRAFIA

[ARE] ARERA. *ARERA - Prezzi e tariffe*. URL: <https://www.arera.it/it/prezzi.htm>.