

SAMUELE MOSCATELLI, NICOLÒ PINCIROLI,  
ANDREA POZZOLI

## GESTIONE DEL TRAFFICO



DOCUMENTAZIONE DEL PROGETTO DI  
PROVA FINALE

POLIMI

INGEGNERIA INFORMATICA

A.A. 2018 - 2019

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



**Figura 1:** Un esempio di traffico

## INDICE

<b>1 ANALISI DEI REQUISITI . . . . .</b>	<b>1</b>
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	5
1.3.2 Centralina automobilistica	6
1.3.3 Centralina stradale	7
1.3.4 Applicazione mobile	8
1.3.5 Utente	9
1.3.6 Amministratore	10
1.4 Data dictionary	11
<b>A APPENDICE . . . . .</b>	<b>19</b>
A.1 Calcolo dei costi	19
A.2 Calcolo dei dati trasmessi	20
<b>BIBLIOGRAFIA . . . . .</b>	<b>21</b>

# 1

## ANALISI DEI REQUISITI

### 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

Il progetto in analisi consiste nel realizzare un sistema di gestione e controllo del traffico cittadino, in particolare per il Comune di Como. In questa sezione si vuole analizzare la fattibilità del progetto 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 di creazione e mantenimento del sistema e la quantità di dati trasmessi quando esso è in esecuzione.

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. Inizialmente la portata del progetto è limitata a un contesto comunale, il campo di azione può essere esteso poi 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. Inoltre si migliorerebbe anche il trasporto pubblico, in quanto le strade diventerebbero più scorrevoli, e si avrebbe una tempestività maggiore nelle situazioni di emergenza. Nel Comune di Como si aiuterebbe infine a gestire più efficacemente uno dei maggiori problemi della città, e cioè la distribuzione dei flussi stradali.

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<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X;
- Dispositivi: 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, i problemi di comunicazione e di organizzazione tra i membri del team e gli assistenti, e le difficoltà nell'apprendimento di nuovi software. Per quanto riguarda i rischi, bisogna considerare che il sistema potrebbe essere poco estensibile e poco comprensibile per altri sviluppatori. Ulteriori possibili minacce sono l'eccessiva ambizione dei progettisti in rapporto alle proprie competenze tecniche e l'insoddisfazione del cliente.

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). Dai conti effettuati e riportati in appendice, si ricava che il costo totale in funzione del tempo  $t$  espresso in ore vale:

$$C(t) = 440000 + 1.52t$$

dove il primo numero è il costo di realizzazione mentre il secondo è il costo dell'elettricità e della manutenzione in funzione del tempo espresso in ore. Annualmente il sistema necessita di una spesa pari a circa 14000 €(ottenuto ponendo  $t=8760h$ ).

#### 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 una velocità di trasmissione richiesta pari a  $128 * 8000 = 1.024 * 10^6$  bit/s. Per quanto riguarda le centraline stradali si ha un volume di dati complessivo pari a  $2.2 * 10^4$  bit/s. Infine è possibile stimare la quantità di dati inviati e ricevuti dall'applicazione mobile, risultando quindi  $7 * 10^5$  bit/s.

Il traffico massimo raggiungibile sarebbe pari a circa 2 milioni di bit/s ( $2 * 10^6$  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 tempestiche a disposizione sono sufficienti affinché gli obiettivi prefissati vengano 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. Infine, i benefici, che l'attuazione del sistema porterebbe, giustificherebbero i costi, in ogni caso non elevati per il Comune in questione.

## 1.3 DIAGRAMMA I\*

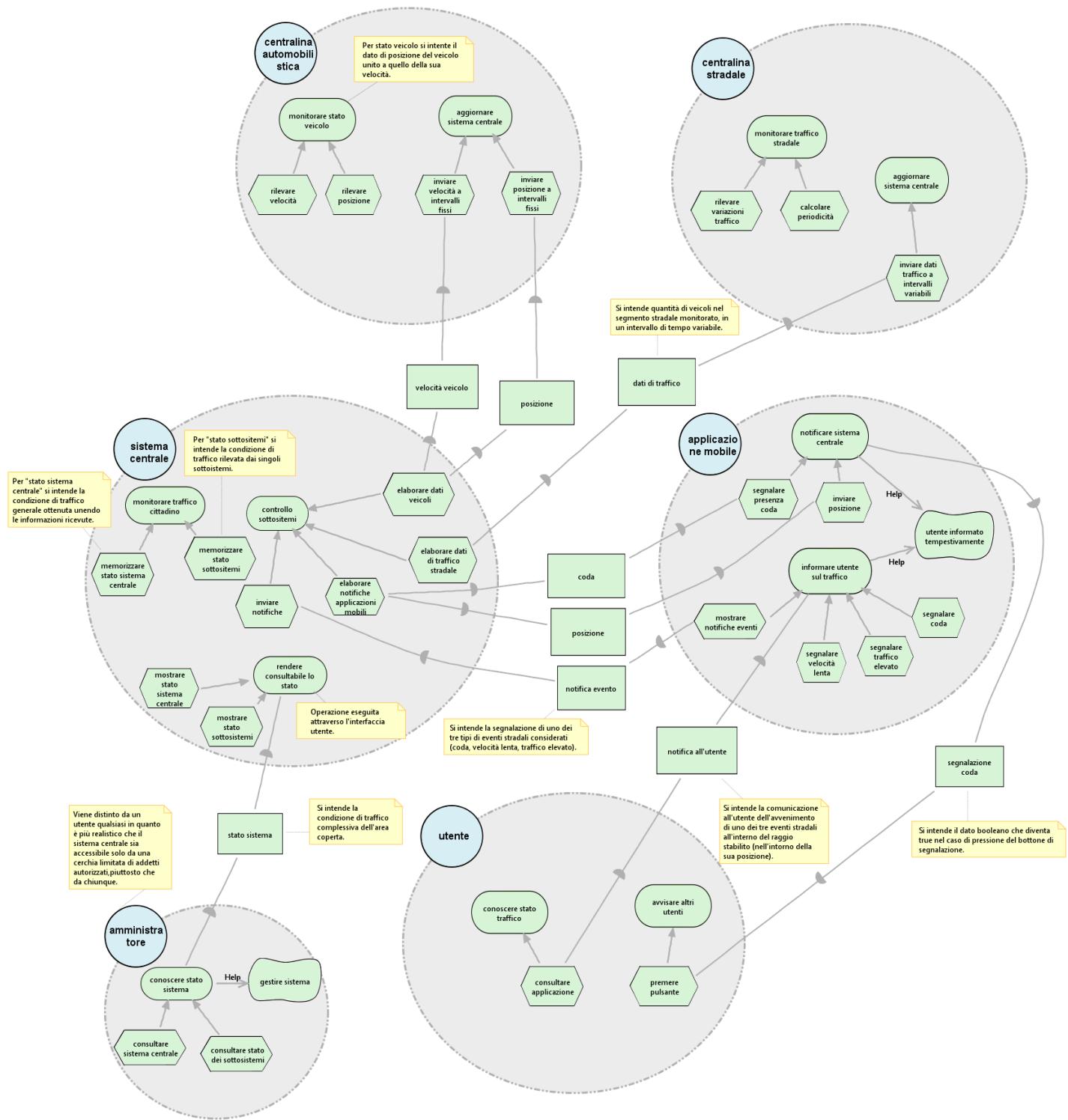


Figura 2: Diagramma i\* del sistema di gestione del traffico

### 1.3.1 Sistema centrale

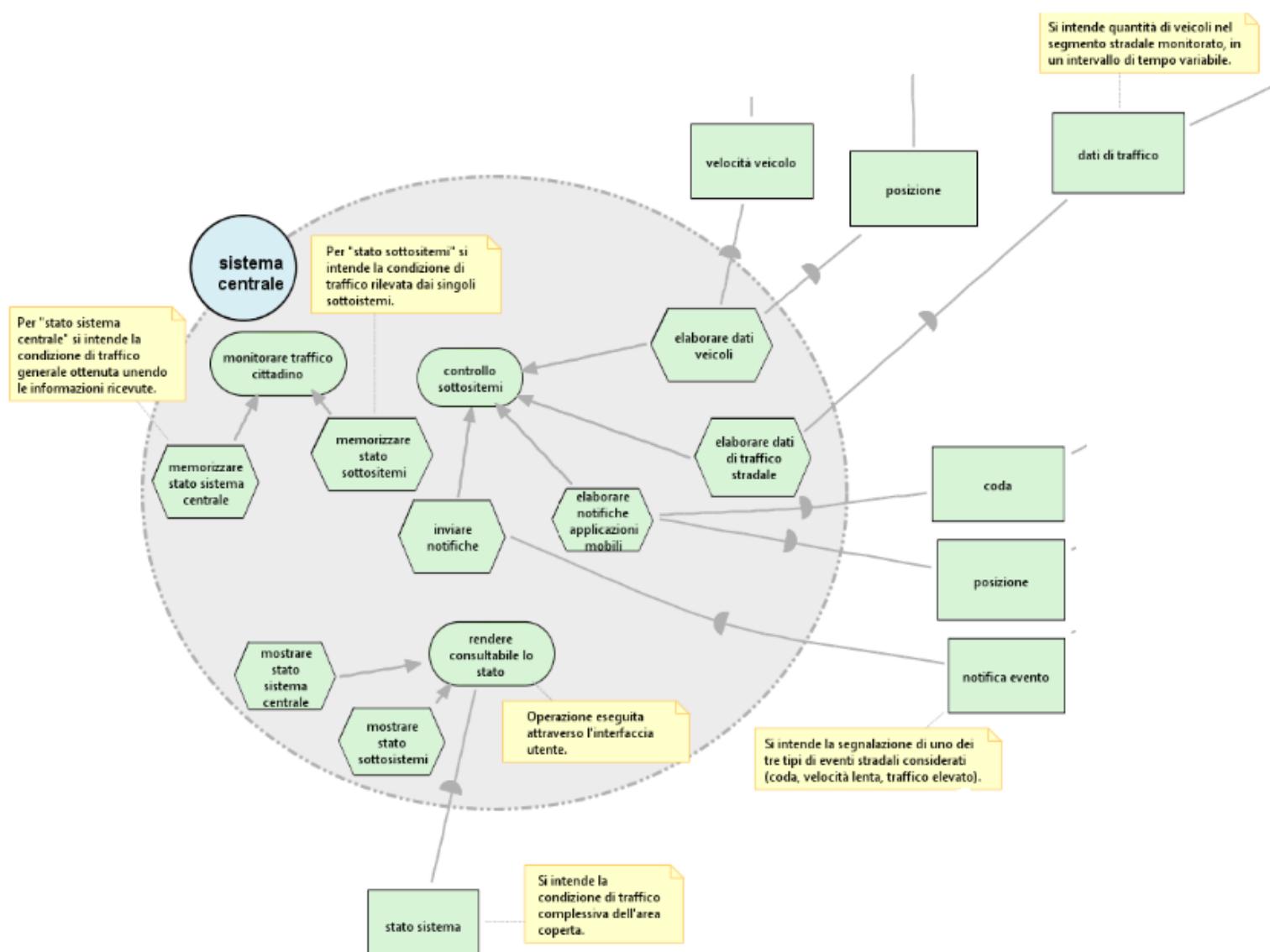


Figura 3: Il sistema centrale

Il sistema centrale è caratterizzato da tre hard goal. Il primo di essi riguarda il monitoraggio del traffico cittadino, ovvero la memorizzazione di tutte le informazioni di stato. I task relativi alla memorizzazione dello stato del sistema centrale e alla memorizzazione dello stato dei sottosistemi specificano in che modo viene raggiunto questo obiettivo. Con il termine stato si intende l'insieme dei dati raccolti riguardanti il traffico.

Il secondo hard goal del sistema centrale è rendere consultabile lo stato del sistema complessivo. Per fare ciò vengono utilizzate le informazioni memorizzate attraverso l'adempimento dell'obiettivo precedentemente discusso. Tali dati vengono poi organizzati in una interfaccia

apposita in modo da mostrarli in modo intuitivo all'amministratore. Anche in questo caso, è possibile suddividere il goal in due task che specificano lo stato mostrato, ovvero lo stato del sistema centrale e lo stato dei singoli sottosistemi. Infine il sistema centrale ha il compito di controllare i sottosistemi. Quest'ultima operazione richiede 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'applicazione mobile.
- inviare notifiche, che comunica con l'applicazione dopo aver elaborato una condizione di traffico.

#### 1.3.2 Centralina automobilistica

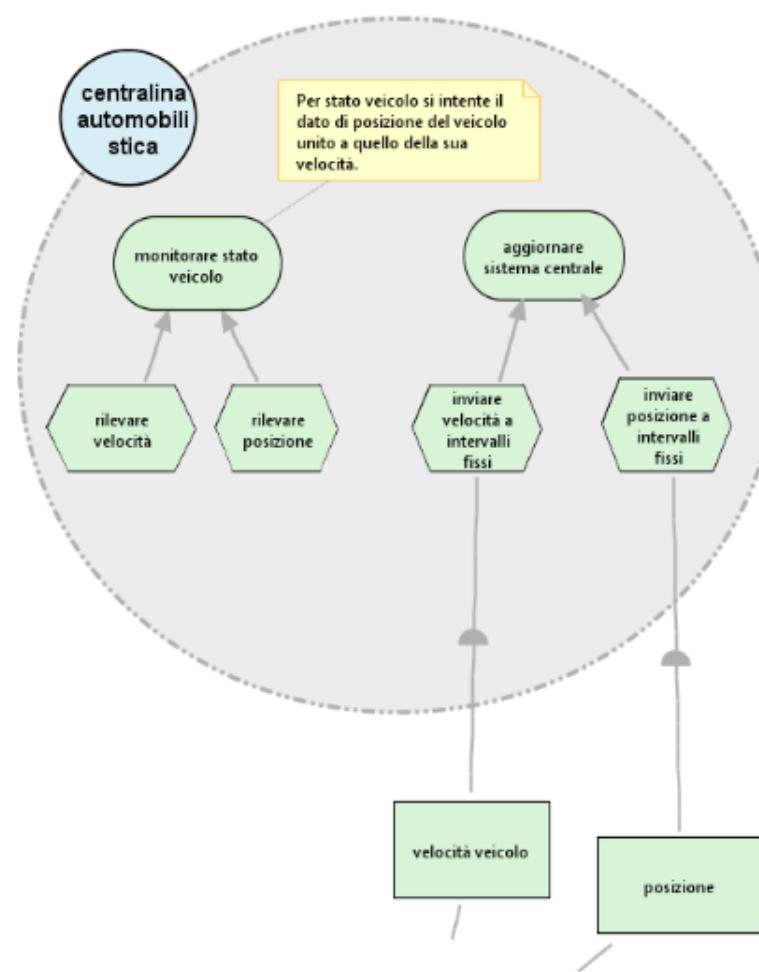


Figura 4: Centralina automobilistica

La centralina automobilistica ha due hard goal. Il primo obiettivo è quello di monitorare lo stato del veicolo. Questo hard goal è raggiunto grazie a due task, ovvero rilevare la velocità e rilevare la posizione dell'automobile. Il secondo obiettivo, aggiornare il sistema centrale, viene raggiunto ricevendo lo stato del veicolo (i dati raccolti) rilevato attraverso l'obiettivo precedente e inviando velocità e posizione a intervalli di tempo regolari al sistema centrale, ricorrendo quindi a due task.

### 1.3.3 Centralina stradale

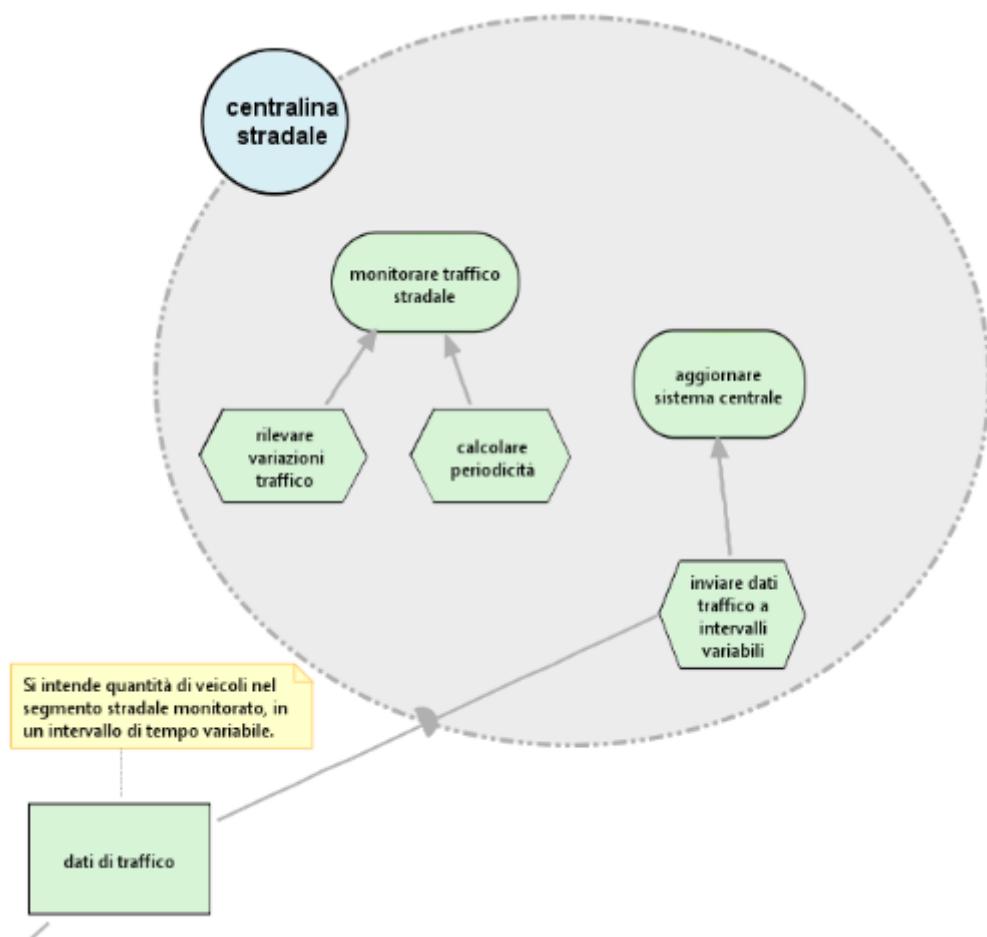


Figura 5: Centralina stradale

La centralina stradale ha due hard goal molto simili a quelli della centralina automobilistica. Uno degli obiettivi di questo attore è quello di monitorare il traffico stradale. Questo viene raggiunto tramite i due task per il rilevamento delle variazioni di traffico e il calcolo della periodicità. Per variazioni di traffico si intende l'aumento o la diminuzione del numero di veicoli che vengono rilevati dalla centralina in

un intervallo di tempo. Con periodicità invece si intende l'intervallo di tempo che intercorre tra l'invio di un blocco di dati da parte della centralina e l'invio del blocco successivo da parte della stessa. Tale periodo di tempo varia a seconda del numero di auto presenti nel segmento di strada. In particolare, nel caso in cui aumenti il traffico la periodicità si riduce, mentre nel caso in cui il traffico diminuisca la periodicità aumenta. Il secondo obiettivo è l'aggiornamento del sistema centrale, portato a termine inviando i dati di traffico rilevati al sistema centrale sotto forma di risorsa.

#### 1.3.4 Applicazione mobile

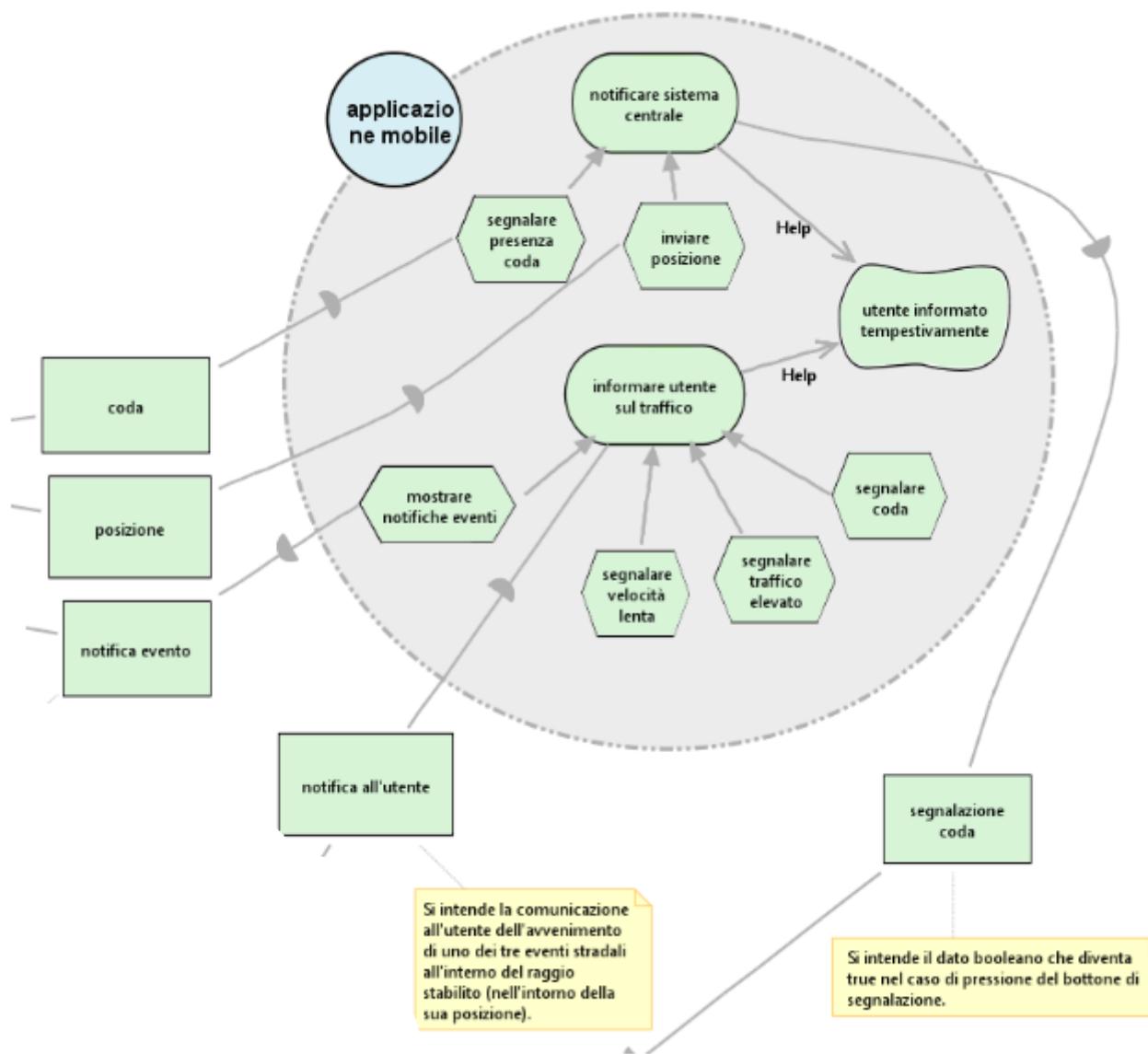


Figura 6: L'applicazione mobile

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 come risorsa, e inviare la posizione da cui si manda la segnalazione), che inviano le risorse già analizzate nella descrizione del 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, ovvero comunicare all'utente questo specifico evento nella notifica;
- segnalare traffico elevato, ovvero comunicare all'utente questo specifico evento nella notifica;
- segnalare coda, ovvero comunicare all'utente questo specifico evento nella notifica;

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

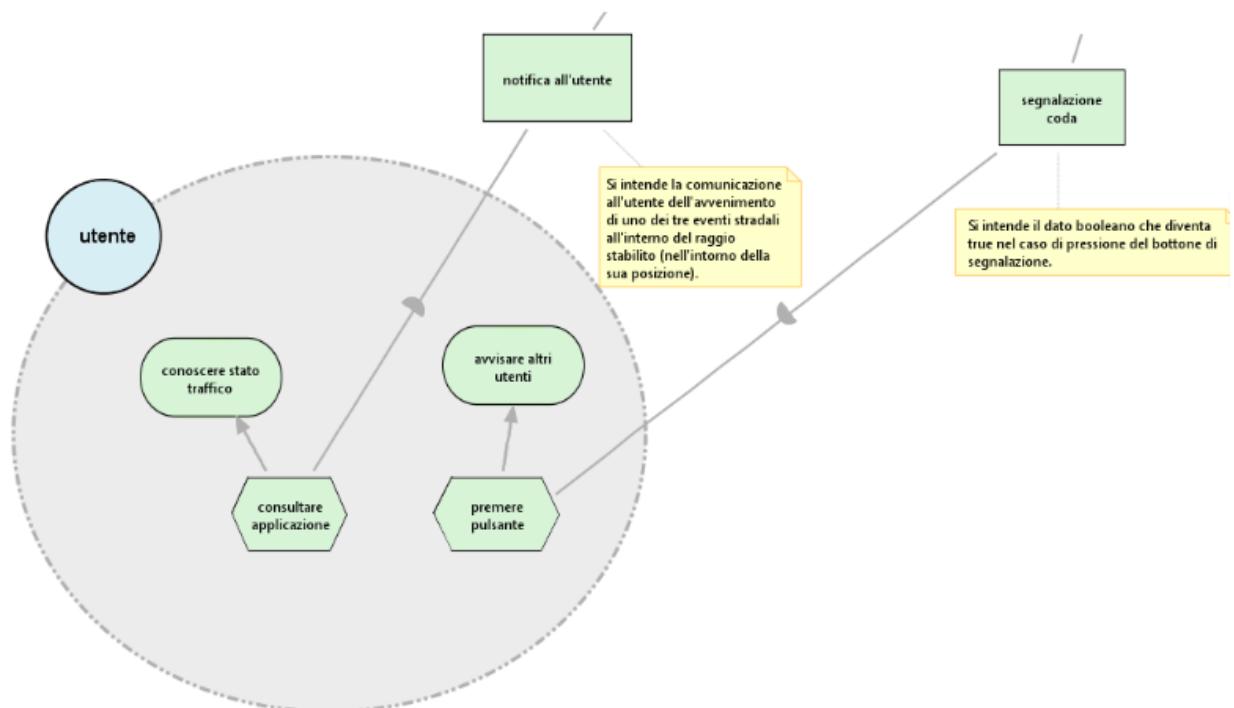


Figura 7: L'utente

L'utente ha due hard goal: conoscere lo stato del traffico e avvisare gli altri utenti della situazione del traffico. Il primo viene eseguito grazie a un task (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 viene raggiunto grazie ad un task (pressione del pulsante), che invia all'applicazione un avviso che indica la presenza di una coda su un determinato tratto stradale.

#### 1.3.6 Amministratore

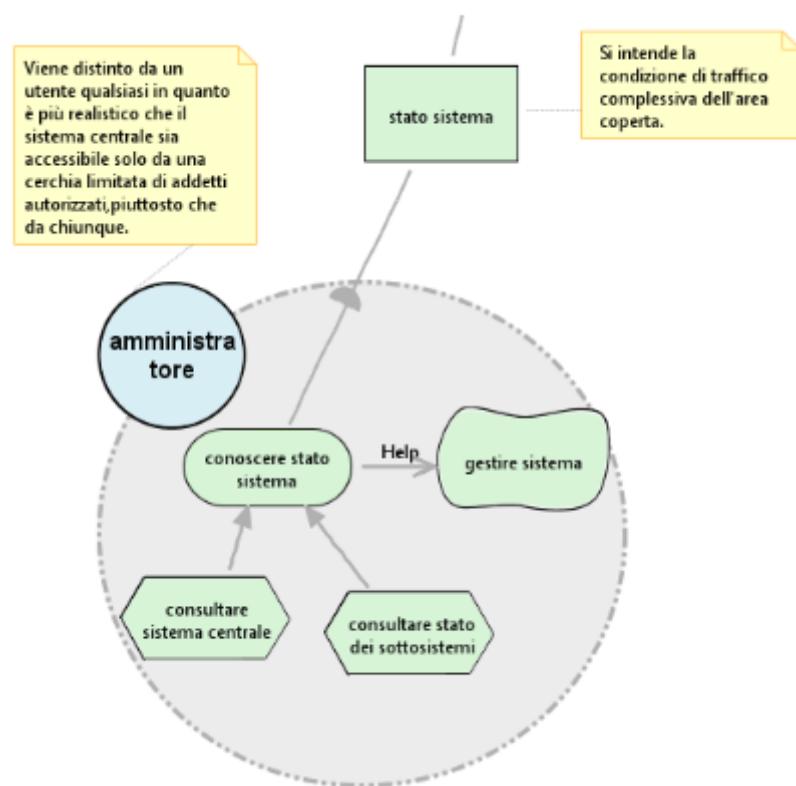


Figura 8: L'amministratore

L'amministratore ha un singolo hard goal, ovvero 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 e la consultazione dello stato dei singoli sottosistemi. Per fare ciò il sistema centrale fornisce l'amministratore di un'interfaccia utente apposita, che nel diagramma I\* è rappresentata dalla risorsa "stato sistema". L'amministratore avrà quindi l'obiettivo di gestire il sistema, rappresentato nel diagramma come soft goal in quanto la verifica del suo raggiungimento non è quantificabile in modo esatto.

#### 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.

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

<b>Nome</b>	Centralina automobilistica
<b>Definizione</b>	Centralina installata all'interno di un veicolo in grado di trasmettere al sistema centrale i dati di posizione e velocità del veicolo stesso.
<b>Tipo di dato</b>	È formato da un dato di tipo posizione, un dato di tipo velocità e uno di tipo intervallo di tempo.
<b>Dimensione del dato</b>	89 bit
<b>Sinonimi</b>	Centralina del veicolo
<b>Esempi</b>	-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)
<b>Sottotipi</b>	
<b>Supertipi</b>	Centralina
<b>Attributi</b>	
<b>Componenti</b>	Posizione (70 bit), Periodo (10 bit), Velocità (9 bit)
<b>Relazioni</b>	Dati di traffico, Velocità, Posizione, Intervallo di tempo, Automobile

<b>Nome</b>	Centralina stradale
<b>Definizione</b>	Dispositivo adibito al controllo costante del flusso di traffico in un determinato segmento stradale.
<b>Tipo di dato</b>	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.
<b>Dimensione del dato</b>	134 bit
<b>Sinonimi</b>	Stazione stradale, cellula stradale
<b>Esempi</b>	-36.82065, 175.07823   "accesa" -24.82065, 95.07823   "spenta"
<b>Sottotipi</b>	Stato(string)
<b>Supertipi</b>	Intervallo di tempo, conteggio, posizione
<b>Attributi</b>	Intervallo di tempo, notifica, dati di traffico, velocità, conteggio, posizione,
<b>Componenti</b>	Posizione (70 bit), Periodo (10 bit), Velocità (9 bit)
<b>Relazioni</b>	Dati di traffico, Velocità, Posizione, Intervallo di tempo, Automobile

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

<b>Nome</b>	Conteggio veicoli
<b>Definizione</b>	Classe per il conteggio dei veicoli rilevati da una centralina stradale in un determinato intervallo di tempo.
<b>Tipo di dato</b>	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.
<b>Dimensione del dato</b>	32 bit (può contare un numero di automobili dell'ordine di grandezza della popolazione mondiale)
<b>Sinonimi</b>	Conteggio passaggi
<b>Esempi</b>	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.
<b>Sottotipi</b>	
<b>Supertipi</b>	
<b>Attributi</b>	numero_veicoli (30 bit), reset (1 bit), overflow (1 bit)
<b>Componenti</b>	
<b>Relazioni</b>	Dati di traffico, Centralina stradale, Intervallo di tempo

<b>Nome</b>	Dati di traffico
<b>Definizione</b>	Variabile che identifica la mobilità di un tratto stradale in funzione della velocità dei veicoli e del loro numero in un intervallo di tempo
<b>Tipo di dato</b>	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
<b>Dimensione del dato</b>	16bit+70bit+ 240bit=326bit
<b>Sinonimi</b>	Stato del traffico, flusso
<b>Esempi</b>	30   -36.82065, 175.07823   "velocità lenta"
<b>Sottotipi</b>	Coda, traffico elevato, velocità lenta
<b>Supertipi</b>	Tipo di traffico (string)
<b>Attributi</b>	Velocità, posizione
<b>Componenti</b>	Velocità, posizione, app mobile, sistema centrale, centralina stradale, centralina automobile
<b>Relazioni</b>	Dati di traffico, Centralina stradale, Intervallo di tempo

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

<b>Nome</b>	Intervallo di tempo
<b>Definizione</b>	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.
<b>Tipo di dato</b>	Intero positivo che indica la durata della periodicità.
<b>Dimensione del dato</b>	15 bit (espresso in secondi)
<b>Sinonimi</b>	Periodo, frequenza
<b>Esempi</b>	100, 300, 640, 120 (secondi)
<b>Sottotipi</b>	Notifica, centralina stradale, traffico elevato, dati di traffico, conteggio, centralina auto
<b>Supertipi</b>	Punto, Dati di traffico, Mappa
<b>Attributi</b>	Velocità, posizione
<b>Componenti</b>	Velocità, posizione, app mobile, sistema centrale, centralina stradale, centralina automobile
<b>Relazioni</b>	Dati di traffico, Centralina stradale, Intervallo di tempo

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

<b>Nome</b>	Notifica
<b>Definizione</b>	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.
<b>Tipo di dato</b>	È formato da una stringa che indica il tipo di notifica, e un dato di tipo posizione.
<b>Dimensione del dato</b>	Variabile
<b>Sinonimi</b>	Segnalazione, avviso, allarme
<b>Esempi</b>	“coda”   36.82065, 175.07823 “velocità lenta”   36.82065, 175.07823
<b>Sottotipi</b>	NotificaDaSC,notificaASC
<b>Supertipi</b>	Tipo(string)
<b>Attributi</b>	Posizione
<b>Componenti</b>	Dati di traffico, velocità lenta, raggio, conteggio, posizione, centralina auto, coda, intervallo di tempo, centralina stradale, bottone, traffico elevato
<b>Relazioni</b>	Dati di traffico, Centralina stradale, Intervallo di tempo

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

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

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

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

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

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

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

Supponendo che:

- il numero di centraline stradali ( $N_{CS}$ ) sia 100;
- il numero di centraline delle automobili ( $N_{CA}$ ) sia 8000 (pari al 15% delle automobili presenti nel Comune di Como);
- il costo della corrente elettrica ( $C_{EL}$ ) sia pari a 0.20 €/kWh [ARE];
- il costo del sistema centrale ( $C_{SC}$ ) sia di 20000 €;
- 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 3 W (dato stimato sulla base di [Pat15]);
- la potenza del sistema centrale ( $P_{SC}$ ) sia di 1 kW [Pat15];
- 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 1000 €/anno.

si ottiene quindi un costo complessivo pari a:

$$C(t) = 200 * 100 + 50 * 8000 + 20000 + 0.20 * t * (0.003 * 100 + 1) + \frac{t}{8760}(100 * 100 + 1000) = 440000 + 1.52t$$

dove il primo numero è il costo di realizzazione mentre il secondo è il costo dell'elettricità e della manutenzione in funzione del tempo espresso in ore. Annualmente il sistema necessita di una spesa pari a circa 14000 €(ottenuto ponendo t=8760h).

## 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  $\log_2(10^{20}) = 67$ bit.

Complessivamente, di conseguenza, devono essere trasmessi 76 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  $128 * 8000 = 1.024 * 10^6$ 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 4 metri e che invii i dati ogni secondo. Se passano 6 macchine al secondo, quindi, si ottiene  $6 * 36 * 100 = 2.2 * 10^4$ bit/s.

Infine è possibile stimare la quantità di dati inviati e ricevuti dall'applicazione mobile. Nel caso peggiore a Como circolano contemporaneamente 25000 auto (la metà delle macchine presenti), 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  $25000 * 800 * \frac{2}{60} = 7 * 10^5$ 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>.
- [Pat15] David A Patterson. *Struttura e progetto dei calcolatori / David A. Patterson, John L. Hennessy*. 4. ed. italiana condotta sulla 5. ed. americana. Bologna: Zanichelli, 2015. ISBN: 978-88-08-35202-6.