

Università IUAV di Venezia

Scuola di Dottorato: dottorato di ricerca in "Nuove Tecnologie e Informazione Territorio - Ambiente"

Facoltà di Pianificazione del Territorio

## Assegno di ricerca

### *"Infomobilità in territorio adottato"*



*Assegnista di ricerca: ing. Antonella Ragnoli*

*Responsabile della ricerca: prof. Luigi Di Prinzio*

*Ottobre 2009-Settembre 2010*

## INDICE

<b>INTRODUZIONE</b> .....	4
Scenario di riferimento .....	4
Obiettivi .....	5
Fasi della ricerca .....	6
Prodotti e risultati attesi .....	8
<b>INFOMOBILITÀ</b> .....	9
Quadro di riferimento e definizioni di base .....	9
La mobilità e le problematiche ad essa connesse .....	14
Gli obiettivi e possibili vantaggi .....	17
Obiettivi specifici legati al monitoraggio della rete stradale .....	18
Obiettivi specifici per la componente traffico stradale: .....	19
Vantaggi .....	19
Attori coinvolti .....	20
Norme di riferimento e strumenti attuativi .....	21
Normativa di riferimento sovranazionale .....	21
Normativa nazionale .....	30
Progetti e best practices .....	35
Progetti a livello europeo .....	35
Progetti a livello nazionale .....	37
Esempi ed esperienze .....	39
Esempi di servizi nazionali .....	46
Il “mio percorso” sull’Infomobilità” .....	51
Esperienza di riferimento .....	52
<b>QUADRO DI CONOSCENZA: CARATTERIZZARE LA RETE ED IL TERRITORIO</b> .....	54
Risorse .....	55
I giacimenti informativi .....	55
Contributi delle utenze .....	56
Tecnologie .....	57
Rete stradale .....	57
M.M.S. Mobile Mapping System .....	57
Laser Scanner Terrestre .....	60
Micro UAV .....	61
Contesto Territoriale .....	64
Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN) .....	64
Ortofoto .....	65
Immagini satellitari .....	66
<b>NUOVE RISORSE CONOSCITIVE: STRUMENTI E TECNOLOGIE DISPONIBILI PER IL   MONITORAGGIO DEI FLUSSI DI TRAFFICO</b> .....	67
Il Paradigma del Monitoraggio: il contributo delle nuove tecnologie alla conoscenza del territorio .....	67
Il Monitoraggio .....	68
Sensori infrastructure based .....	68
Sensori non infrastructure based-Vehicle to Infrastructure Communication .....	84
Sensori non infrastructure based-Vehicle to Vehicle Communication .....	89
Architettura del sistema di raccolta e diffusione informazioni .....	96
<b>SPERIMENTAZIONE: IL TERRITORIO ADOTTATO</b> .....	100
Scenario di riferimento .....	100
La domanda di conoscenza condivisa sul territorio e l’ambiente .....	100
Rilievo con MMS .....	101
Rilievi con Icaro .....	107
Struttura del sistema .....	108

Attività di rilievo.....	109
Smart box.....	113
Sviluppi del Progetto.....	119
Risultati e conclusioni .....	122
<b>PROGETTI ED ATTIVITÀ PARALLELE ALLA RICERCA.....</b>	<b>124</b>
Progetti .....	124
Web Atlas R.d.V.....	124
Eye on Venice.....	129
Altre Attività parallele.....	131
Seminari e Convegni .....	131
Altre attività parallele .....	134
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>136</b>
<b>SITOGRAFIA .....</b>	<b>138</b>

## **INTRODUZIONE**

Il presente documento vuole essere una sintesi del percorso di ricerca seguito nel corso dell'anno di attività oggetto dell'assegno di ricerca dal titolo : " *Infomobilità in " territorio adottato " "* .

Nel rapporto verranno illustrati in una prima fase le problematiche e gli obiettivi afferenti al tema, comprendendo gli esempi di riferimento e le tecnologie disponibili finalizzati alla gestione della mobilità; successivamente saranno presentate delle esperienze legate alle sperimentazioni nell'ambito dell'area di test scelta e presentati i risultati conseguiti.

### **Scenario di riferimento**

Il tema dell'infomobilità ha raggiunto negli ultimi anni una posizione di rilievo in campo internazionale, incoraggiata sia dalla crescente esigenza di mobilità sostenibile sia dalla massiccia diffusione e pervasività della tecnologia ormai svincolata dai suoi limiti fisici ed economici, sia dalla necessità di una migliore gestione ed ottimizzazione del patrimonio infrastrutturale esistente.

Sotto la spinta di una crescente coscienza sociale, sensibile a problematiche legate alla sicurezza stradale e tutela ambientale, e con lo scopo di corrispondere ad una spingente domanda di informazione da parte degli utenti, si è assistito, negli ultimi anni, ad una massiccia diffusione di strumenti tecnologici e piattaforme di comunicazione, cioè ICT *Information Communication Technology*, e parallelamente, sistemi specializzati nel settore della mobilità, ITS *Intelligent Transport System*.

In particolare architetture tecnologiche come gli ITS prevedono l'impiego di nuove tecnologie informatiche e telematiche a supporto della logistica, della pianificazione delle reti e gestione del traffico produce evidenti benefici in termini di innalzamento degli standard di sicurezza e mitigazione degli impatti sull'ambiente.

ITC-ITS

All'interno dello scenario degli ITS si stanno moltiplicando esempi di efficienti servizi di infomobilità, in grado di corrispondere a nuove e condivise esigenze di informazione espresse sia da parte di utenti in mobilità, ad esempio in termini di disponibilità e modalità di accesso ai servizi di trasporto, informazioni sui percorsi più convenienti, sia da parte di enti gestori per esigenze di controllo dei flussi di traffico e della situazione generale della mobilità nella propria area di competenza.

Ne emerge che l'esplosione di nuove tecnologie, soprattutto performanti ed a basso costo, sia stato il motore che ha condotto ad un innovativo concetto di mobilità ed informazione. La diffusione di navigatori GPS integrati in strumenti di uso comune, come i telefonini, della telematica a bordo di veicoli e della cultura informatica ha reso gli utenti più attenti e consapevoli del loro ruolo e contemporaneamente consente loro di trarre vantaggi dalle informazioni di geo-localizzazione che anche essi stessi sono in grado di generare.

L'infomobilità in questo modo assurge l'informazione geo-localizzata raccolta da una rete di sensori a elemento irrinunciabile per una mobilità sicura e sostenibile, con evidenti benefici in termini di salvaguardia ambientale.

### **Obiettivi**

La ricerca si pone l'obiettivo di fornire una panoramica sulle tecnologie, le modalità operative ed i fondamenti teorici che sottendono il concetto di infomobilità.

Si vuole inoltre porre l'accento sul ruolo che le nuove tecnologie hanno avuto in questo settore: individuare gli strumenti e le piattaforme tecnologiche che consentono di acquisire importanti dati informativi, definire le modalità di integrazione ottimali, al fine di creare un completo quadro conoscitivo in continuo aggiornamento, di supporto alle politiche di gestione territoriale in termini di mobilità.

## ***Fasi della ricerca***

Il percorso di ricerca è stato strutturato in quattro fasi principali, seguendo un iter logico che partendo dal concetto di fondo del tema di ricerca ne va ad investigare le cause, analizza le “best practice” ed i modelli innovativi attraverso lo studio e l’applicazione di nuove tecnologie.

### ***Il tema: Infomobilità***

La prima fase prevede l’inquadramento del tema principale dell’infomobilità a partire dalle esigenze condivise lo sottendono, per poi approfondire i fondamenti teorici alla base di tale paradigma, con particolare riferimento a quelle che sono le macro-categorie funzionali:

- “infrastrutture intelligenti”
- “veicoli intelligenti”

Si prevede quindi un ulteriore step di ricerca che consenta, a partire dall’analisi di realtà consolidate nel settore dell’infomobilità, la definizione di metodologie e tecniche mirate alla valutazione del sistema di mobilità esistente e suggeriscano possibili percorsi di miglioramento della funzionalità della rete sulla quale la mobilità si esplica (definizione di indicatori qualitativi, modelli di gestione e sintesi delle informazioni). Tale fase non può prescindere da un inquadramento normativo, benché allo stato attuale non sia ancora disponibile una struttura legislativa di base consolidata.

### ***Quadro conoscitivo***

La seconda fase prevede l’analisi critica del vasto scenario tecnologico connesso al tema della mobilità.

In particolare si è approfondito il contributo delle nuove tecnologie offrono in relazione all’acquisizione e gestione di informazioni georeferenziate di varia natura e provenienza.

Si è voluto inoltre dedicare particolare attenzione all’analisi delle finalità applicative delle diverse metodologie ed alla possibilità di integrazione

**Veicoli Intelligenti  
Infrastrutture Intelligenti**

**Quadro conoscitivo**

delle diverse fonti, al fine di tracciare un completo quadro informativo territoriale, di fondamentale supporto ai sistemi di infomobilità.

Il fine è dunque quello di ottenere un quadro conoscitivo d'insieme che, a partire da una prospettiva più ampia, in termini di informazioni a carattere territoriale in senso lato, si focalizzi su informazioni specifiche della rete dell'infrastruttura di mobilità, fino ad informazioni puntuali relative al singolo veicolo e al singolo servizio.

### **Strumenti informatici**

Contestualmente si è intrapreso un percorso di ricerca ed approfondimento finalizzato all'acquisizione di maggiore conoscenza degli strumenti informatici che consentono la sintesi, l'analisi e la rappresentazione dei dati acquisiti.

Vista la molteplicità delle fonti informative si è optato per metodiche di analisi e gestione tipiche degli ambienti GIS, sfruttando le potenzialità di tali sistemi in termini di interoperabilità, interagendo con geodatabase, e prediligendo un approccio debole per evitare problemi di insostenibilità di sistema legati a rigidità strutturali fondate sul contenuto spaziale che caratterizza tutte le informazioni utilizzate.

### **Infomobilità nel "territorio adottato"**

I concetti maturati nelle precedenti fasi di ricerca sono stati trasposti ed applicati in relazione all'area del "territorio adottato", individuato nel comprensorio montano della Regione Veneto ed in particolare del bellunese, a seguito del manifesto interesse di una serie di stakeholders che operano in tale area.

In occasione infatti del Laboratorio Tecnologico della Laurea Magistrale in sistemi informativi territoriali Telerilevamento. è stato possibile effettuare una completa campagna di acquisizione dati nella zona di Feltre, impiegando diverse tecnologie : piattaforme tecnologiche per l'acquisizione di dati georiferiti, un sistema integrato di sensori

opportunamente scelti per rilievi in continuo per il conteggio dei flussi di traffico e rilievo dei parametri ambientali.

### ***Prodotti e risultati attesi***

Il presente rapporto vuole essere una sintesi dell'attività di ricerca svolta nei precedenti 12 mesi sul tema dell'infomobilità, fornendo una panoramica sia sulle "best practice" adottate in realtà mondiali, sia un approfondimento sulle tecniche e nuove tecnologie ad oggi disponibili, che anche in questo contesto rivestono un ruolo cardine.

Questi strumenti infatti permettono di aumentare la capacità di un sistema di mobilità, senza realizzare nuove infrastrutture, ma ottimizzando, in un'ottica di maggiore sostenibilità, il funzionamento di quelle esistenti, garantendo nel contempo livelli di sicurezza più elevati, provvedimenti in linea con gli scopi dei programmi europei.

## **INFOMOBILITÀ**

### **Quadro di riferimento e definizioni di base**

L'*infomobilità* nasce per corrispondere, attraverso tecnologie dell'informazione, alla condivisa esigenza di "conoscenza del territorio" espressa dai soggetti in mobilità.

Con tale termine infatti si identifica il complesso di sistemi, intesi in termini di piattaforme hardware -software e servizi, costituiti da apparati mobili, elementi distribuiti sul territorio e unità centrali finalizzati a migliorare l'efficienza, la qualità, la sicurezza e l'impatto della mobilità dei veicoli, delle persone e delle merci.

Sotto la spingente richiesta di mobilità efficiente, sicura e sostenibile e grazie alla pervasiva diffusione tecnologica ed informatica i sistemi di infomobilità e, più in generale gli ITS, si sono rivelati strumenti efficaci per una gestione ottimizzata della rete stradale e del territorio.

Gli ITS *Intelligent Transportation System*, di cui l'infomobilità rappresenta un aspetto particolare, vanno ad accrescere l'*accessibilità* del territorio, intesa come conoscenza dei luoghi, dei punti di interesse e di offerta di mobilità relativa all'area stessa, con evidenti vantaggi in termini di qualità della vita e livelli di sicurezza stradale a fronte di oneri economici inferiori rispetto a quelli derivanti dall'adeguamento e costruzione di nuove opere.

Le componenti informative che regolano l'efficienza di un sistema orientato all'infomobilità, e dunque finalizzato ad accrescere l'accessibilità, sono essenzialmente lo *spazio* ed il *tempo*: la prima componente è riconducibile alle tecniche di posizionamento di precisione disponibili (GPS e costellazioni di satelliti) ed alla costruzione di strati informativi con base geografica, mentre la componente temporale esprime l'esigenza di servizi on demand corrisposti all'utenza in tempo reale, mediante tecnologie telematiche ed informatiche.

E' evidente quindi che al fine di ottenere una in sistema informativo efficiente debba sussistere un'ottima integrazione delle fonti informative, strutturate all'interno di un modello organizzativo definito e supportato da infrastrutture tecnologiche e telematiche adeguate, rispettando standard che renda il sistema stesso interoperabile .

**Infomobilità**

**ITS**

**Accessibilità**

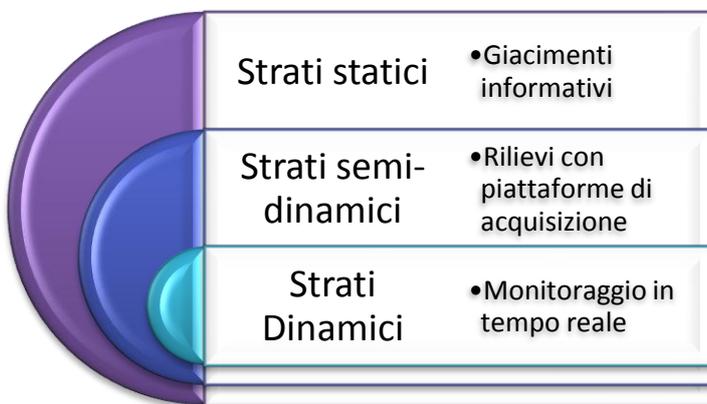
**Integrazione  
Struttura**



**Figura 1: Fasi per la creazione di informazioni sulla mobilità**

Alla base del sistema, per quanto concerne l'aspetto dei contenuti, è necessario partire dalla creazione di un quadro conoscitivo di base, che prevede come substrato più profondo l'apporto di giacimenti informativi reperibili da enti presenti sul territorio, integrati con altri strati informativi "dinamici" generati dai dati acquisiti dalle piattaforme tecnologiche, reti di sensori e flussi informativi originati dagli attori coinvolti mediante tecnologie che permettono geotagging, e quindi aggiornabili in real time, rappresentando quindi la componente di innovazione fondamentale del sistema.

**Integrazione  
Fonti**



**Figura 2: Integrazione delle fonti informative**

Infatti i servizi di infomobilità, nell'ambito dei sistemi ITS, integrando informazioni geografiche (positioning, georeferenziazione, etc.) e informazioni circa la mobilità, sono in grado di costituire nuovi pacchetti informativi orientati ai diversi profili di utenti della strada o agli enti preposti alla gestione, e di diffonderli in real time mediante soluzioni efficaci rese disponibili dalle nuove

tecnologie: portali Web dedicati, messaggi su telefonini, contenuti multimediali su smartphone e navigatori GPS, pannelli a messaggio variabile, Web Tv con canali dedicati, tecnologia Car2CAR.

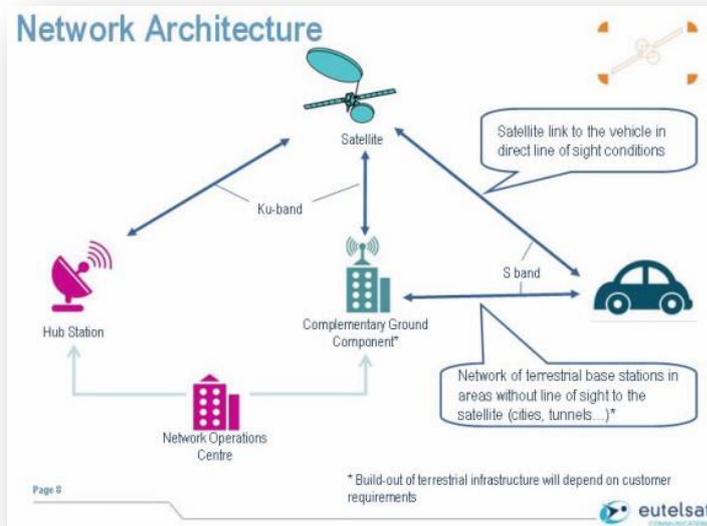


Figura 3: Schema di infrastruttura di dati per la mobilità

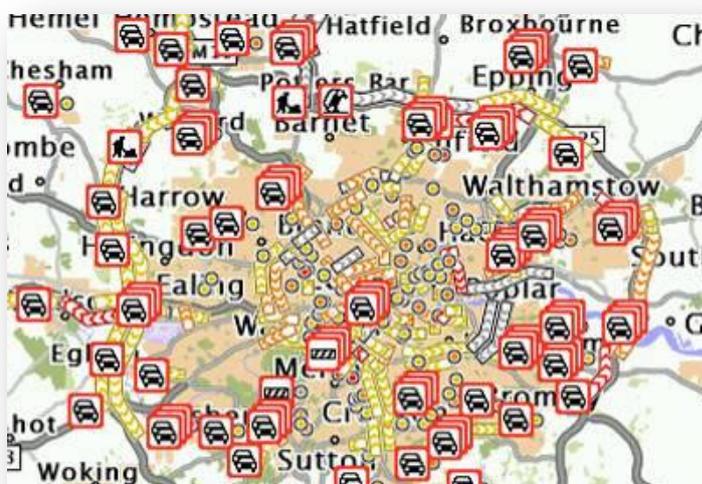


Figura 4: Esempio di rappresentazioni sistema Infomobilità-Sensor web mapping

Gli ITS nascono dall'applicazione delle tecnologie informatiche e delle telecomunicazioni ai sistemi di trasporto: essi raccolgono, elaborano, gestiscono e trasmettono dati relativi ai veicoli, allo stato delle infrastrutture agli utenti integrandoli tra loro in modo "intelligente". Questo permette di affrontare i problemi legati alla domanda e offerta di mobilità in modo organico e unitario, incrementando la sicurezza e l'efficienza del trasporto. Ulteriore beneficio introdotto dall'applicazione di tali tecnologie consiste nella riduzione dell'impatto ambientale e miglioramento della qualità della vita degli utenti.

I Sistemi di Trasporto Intelligenti sono uno strumento innovativo ed efficace per intervenire sulla mobilità, in grado di garantire significativi benefici su un orizzonte temporale di breve e medio termine. Ciò è legato principalmente al fatto che gli ITS consentono di realizzare un approccio "di sistema", nel quale informazione, gestione e controllo operano in sinergia, favorendo l'uso ottimale delle infrastrutture e dei veicoli.

Le nuove tecnologie attualmente disponibili ora sempre più fruibili dalla maggioranza stanno giocando un ruolo decisivo nella diffusione di servizi di infomobilità: computers, elettronica, satelliti e sensori stanno accorciando le distanze ed abbattendo il digital divide .



Figura 5: I.C.T. [<http://www.ecoquadro.com> ]

L'innovazione principale sta nell'integrazione di tecnologie esistenti per creare nuovi servizi; essi sono strumenti versatili e possono essere applicati a diverse modalità di trasporto ( strade, treni, aerei, navi) ed interessando sia le utenze ultime, sia gli enti gestori.

L'applicazione dei fondamenti degli ICT Information e Communication Technologies alle infrastrutture dei trasporti ed ai veicoli evidenzia il valore delle informazioni ai fini della sicurezza e della sostenibilità: la fase finale della catena informativa infatti presuppone una fitta maglia di infrastrutture di comunicazione, ottenute dall'integrazione di tecnologie informatiche e telematiche, affinché i contenuti raggiungano attori e utenti dei processi e servizi di mobilità, in relazione al loro ruolo e alle loro esigenze.

L'infomobilità, oltre alla gestione ed ottimizzazione della rete stradale mediante divulgazione di informazioni in tempo reale, mira a promuovere lo scambio modale tra i diversi sistemi di trasporto, al fine di ricreare un assetto più equilibrato di utilizzo delle infrastrutture stesse. Altro obiettivo è quello di alleggerire il traffico sulle grandi direttrici, spesso congestionate ed inadeguate rispetto alla domanda di mobilità espressa, e vantaggio di percorsi alternativi che vadano a valorizzare i livelli secondari della rete stradale.



**Figura 6:Flussi veicolari in corrispondenza di punti critici [safespot]**

La sfida a cui tutti i Paesi industrializzati sono chiamati a rispondere è quella di garantire ad ogni cittadino la possibilità di viaggiare in modo sicuro, efficiente e compatibile con l'ambiente, sfruttando sia l'integrazione tra le varie modalità di trasporto, sia l'integrazione della rete all'interno della stessa modalità. Tale condizione si rende attuabile, non necessariamente attraverso la costruzione di nuove opere, ma anche grazie ad un'attenta pianificazione urbana e capillare gestione del patrimonio infrastrutturale, ma soprattutto mediante monitoraggio

in tempo reale dei flussi di traffico ed informazione alle utenze, sfruttando le nuove tecnologie nel campo della comunicazione ed acquisizione di dati.

### ***La mobilità e le problematiche ad essa connesse***

Negli ultimi anni il sistema dei trasporti su gomma si è rivelato, in termini spaziali e temporali sempre più congestionato e palesemente sottodimensionato in relazione alla domanda di mobilità espressa dagli utenti.

L'aumento dei volumi di traffico, soprattutto stradali, ha portato ad un decadimento dell'offerta di mobilità e dei livelli di servizio garantiti nella circolazione, comportando in evitabili disagi per un regime di mobilità in sicurezza ed impatti negativi sull'ambiente.

La viabilità stradale disponibile, infatti risulta sovraccarica rispetto alle reali capacità di deflusso della rete, sia a causa dell'elevato tasso di motorizzazione e del notevole volume di trasporto merci che predilige tale modalità, sia a causa della inadeguatezza ed obsolescenza delle arterie stradali, legate a standard progettuali ormai inadatti.

### **Inadeguatezza rete stradale**



**Figura 7: Congestione di una rotatoria**

Altre ragioni che stanno conducendo negli anni al collasso tale sistema devono essere attribuite da un lato, al "boom" verificatosi tra gli anni sessanta e settanta del trasporto merci su gomma, quando la realizzazione delle maggiori

autostrade andava a colmare vuoti strutturali del sistema ferroviario, eleggendolo così nel tempo a modalità di trasporto più diffusa, sia perché la ferrovia non garantiva un trasporto completo nella matrice origine destinazione, bensì presupponeva sempre uno scambio modale con la rete stradale per giungere alla meta.

Anche per quanto concerne la mobilità privata in generale, l'automobile rimane il mezzo preferito per brevi e per lunghi spostamenti soprattutto poiché rende gli automobilisti totalmente slegati da orari di partenza prestabiliti e li conduce direttamente a destinazione. Il rovescio della medaglia, invece, consiste nel fatto che, non trattandosi di un sistema a guida vincolata, come invece lo è il trasporto su rotaia, sono più numerosi i gradi di libertà di movimento nello spazio e soprattutto il fattore umano ha un ruolo preponderante, alimentano le probabilità di incidente.

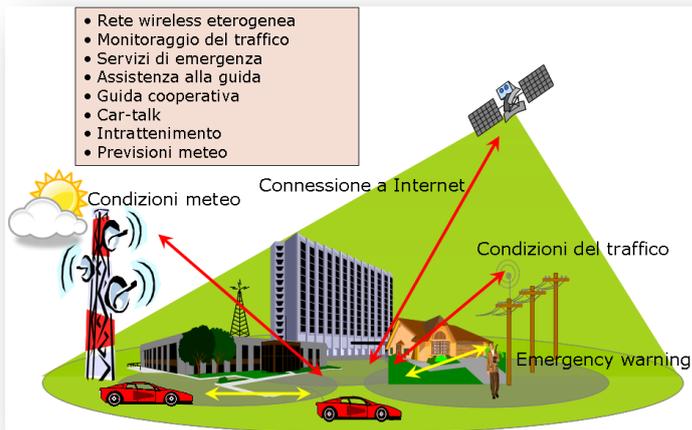
Alla luce di tali considerazioni appare evidente che l'emergenza mobilità è destinata a peggiorare nel tempo, con un tasso di crescita annuo maggiore, riducendo a pochi anni la vita utile del sistema prima del collasso.

Le tecnologie ITS, ed in particolare i sistemi per l'infomobilità, possono rappresentare uno strumento efficace per migliorare la gestione delle infrastrutture esistenti, cercando di colmare il deficit intrinseco al sistema stesso: le nuove tecnologie possono dare un grande contributo generando notevoli benefici in termini di utilizzo della rete e garanzie di sicurezza.

Lo sviluppo e la diffusione delle nuove tecnologie nel campo della gestione delle infrastrutture stradali avviene tuttavia in un momento di crisi generale: soluzioni più economiche ma tuttavia efficaci possono rivelarsi risolutive.

Infatti i costi di un'applicazione ITS sono costituiti da costi d'investimento (progettazione, realizzazione e messa in opera dei sistemi), costi d'esercizio e di manutenzione, ai quali vanno aggiunti i quelli d'organizzazione e di addestramento del personale, che possono arrivare anche al 15% del costo totale.

**Ottimizzare il patrimonio  
mediante ITS**



**Figura 8: INFOMOBILITA'** [<http://www.wilab.org/content/progetto-infomobilita>]

E' evidente che tali oneri economici non sono paragonabili con quelli generati dalla costruzione di una nuova infrastruttura stradale, ma soprattutto a livello di impatto ambientale i vantaggi generati dalla prima soluzione sono notevoli.

E' necessario che le amministrazioni siano consapevoli della necessità di servizi a fronte della necessità di infrastrutture: riuscire a calibrare la domanda di traffico sull'offerta del patrimonio infrastrutturale esistente.

Bisogna rendere efficaci sistemi di gestione e smistamento dei veicoli: passare dalla gestione delle infrastrutture alla gestione dei flussi.

In questo senso le informazioni e le comunicazioni hanno un ruolo determinante: mediante gli ITS si è in grado di modellare la domanda di traffico sulle capacità disponibili, sfruttando al meglio le potenzialità dell'intera rete, di ottimizzare ed incrementare produttività, efficienza e sicurezza dei trasporti limitando gli investimenti necessari per le infrastrutture tradizionali.

A fianco di una oculata gestione degli utilizzi della rete stradale, è fondamentale una corretta pianificazione territoriale-urbanistica che ostacoli la frammentazione degli agglomerati urbani, con notevoli vantaggi in termini di organizzazione del trasporto pubblico, in termini di orari e servizi, favorendo un uso più razionale delle infrastrutture stesse; altra leva fondamentale sono le misure di incentivo o disincentivo come il pricing o la limitazione degli accessi.

Attualmente, nonostante il sostegno della comunità europea finalizzato allo sviluppo di nuovi sistemi ITS, permangono barriere che ne ostacolano una rapida e capillare diffusione; le principali riguardano la rapida obsolescenza delle tecnologie, le difficoltà di integrazione di tecnologie molto spesso eterogenee,

**Ottimizzare il patrimonio  
mediante ITS**

**Ostacoli alla diffusione**

le difficoltà di cooperazione tra organizzazioni tradizionalmente non abituate a collaborare, la carenza di normative.

A ciò si aggiunge la mancanza di consapevolezza da parte di amministratori pubblici, operatori e utenti circa i vantaggi delle tecnologie ITS. L'informazione e la formazione di professionalità specifiche svolgono un ruolo fondamentale per la diffusione di tali tecnologie.

### ***Gli obiettivi e possibili vantaggi***

Gli obiettivi fondamentali a cui tendere all'interno di una strategia votata ad innalzare standard di sicurezza sulle infrastrutture ed in generale nella mobilità di persone e merci al fine di ridurre il numero degli incidenti come previsto dalle direttive europee, ed alla mitigazione degli impatti per ridurre gli oneri ambientali, sono due

- ridurre la  **saturazione fisica di alcune infrastrutture**, la quale genera decadimento dei livelli di servizio garantiti con percorrenze supplementari rispetto a quelle minime necessarie, e nel tempo, con la creazione di code; e persistenza di situazioni di pericolo
- la tutela delle  **risorse energetiche** e del patrimonio ambientale, il che è motivato dalla cognizione del vicino raggiungimento dei limiti del sistema ambientale, con gravi ripercussioni sulla qualità della vita.

Infatti disporre di informazioni aggiornate in tempo reale assume valenza strategica per una corretta gestione del patrimonio infrastrutturale e urbano, al fine di ottimizzare le risorse esistenti in un'ottica votata alla sicurezza e alla mitigazione degli impatti della pressione antropica sull'ambiente.

Nell'ambito di una mobilità sicura e sostenibile, e dunque di aumento di efficienza e di sicurezza del trasporto privato, di quello delle merci, e del trasporto collettivo, il contributo determinante dell'infomobilità deve essere coltivato in vista dei seguenti obiettivi principali:

- promuovere la cultura e la diffusione dell'**informazione** come opportunità di conoscenza e di maggiore efficienza organizzativa
- sviluppare l'**interoperabilità**, l'architettura e gli standards di sistema di comunicazione e gestione delle infrastrutture telematiche ed informatiche al fine di agevolare l'innovazione ed il coordinamento dei soggetti e delle iniziative per lo sviluppo di tali sistemi;

**Problematiche**

**Obiettivi principali**

- sviluppare i **sistemi ed i servizi di infomobilità** come valore aggiunto ed integrazione di soluzioni basate sulla costruzione di nuove opere al fine di soddisfare la domanda di mobilità .

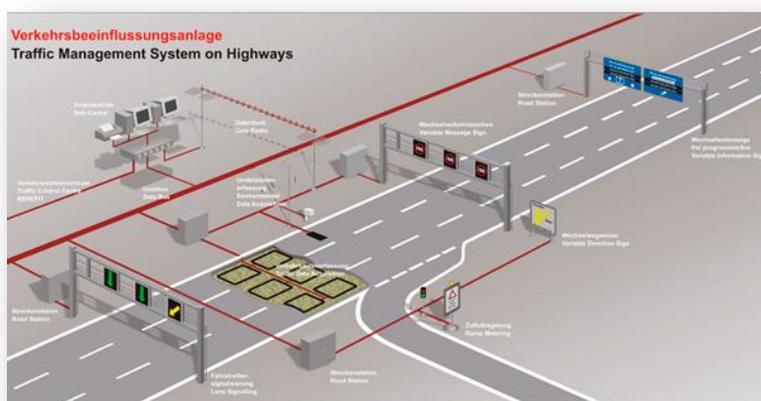
Al fine di raggiungere tali obiettivi generali bisogna prefiggersi una serie di obiettivi a scala ridotta, strettamente legati alla realizzazione, funzionamento e gestione del sistema stesso. Di seguito si analizzano gli obiettivi specifici di ogni componente del sistema, cioè a livello di infrastruttura, flussi di traffico, in termini di monitoraggio ed organizzazione delle informazioni.

### *Obiettivi specifici legati al monitoraggio della rete stradale*

Per quanto concerne il monitoraggio della rete stradale gli obiettivi specifici da raggiungere per ottenere un sistema e completo sistema di infomobilità comprendono:

- Garantire un dettagliato e completo monitoraggio in real time delle infrastrutture in termini di stato di transitabilità (presenza di cantieri, situazioni di criticità, condizioni meteo o eventi calamitosi)
- Garantire un aggiornato quadro informativo delle condizioni strutturali e funzionali della rete e delle sue pertinenze in termini di stato di conservazione delle opere e delle pertinenze al fine di programmare efficaci interventi di manutenzione.

### **Obiettivi specifici- Rete stradale**



**Figura 9: Sistema monitoraggio traffico in tempo reale**

### *Obiettivi specifici per la componente traffico stradale:*

In relazione alla gestione dei flussi di traffico mediante l'impiego di nuove tecnologie per l'acquisizione dei dati ( lato hardware e software), sia sul versante della diffusione delle informazioni ( piattaforme di gestione dei dati), si possono aggiungere i seguenti obiettivi:

- Accrescere il livello di sicurezza favorendo comportamenti adeguati alla guida di veicoli, mediante controllo automatizzato della velocità su sezioni stabilite della rete , a seguito di analisi ed individuazione di punti critici, con evidenti benefici in termini di qualità della circolazione
- Diffondere i nuovi sistemi di informazione alle utenze e segnalazione di eventi critici o condizioni di saturazione della rete in termini di traffico
- Favorire la realizzazione di centri di monitoraggio per la sicurezza e l'incidentalità supportati da sistemi condivisi di rilievo di incidenti ed infrazioni, con il coinvolgimento delle forze dell'ordine e dei cittadini stessi.
- Rendere efficace e tempestiva la gestione di situazioni di emergenze, creando le infrastrutture adatte a gestire ed agevolare le condizioni al contorno per un tempestivo soccorso fornendo ai vari soggetti coinvolti nei soccorsi informazioni aggiornate sulle condizioni di circolazione, sulla rete stradale e sulle previsioni di traffico.

### **Obiettivi specifici-Traffico**

### *Vantaggi*

Ne deriva che conoscere profondamente il territorio nel quale la rete stradale è inserita sotto l'aspetto geomorfologico, idraulico, geologico produce benefici poiché consente di prevedere le evoluzioni del territorio stesso, prevedere delle misure di mitigazione e prevenzione atte a scongiurare situazioni di pericolo.

Avere a disposizione dati aggiornati delle condizioni della rete stradali mediante un sistema di monitoraggio integrato consente di procedere con azioni di manutenzione programmate, mirate alla garanzia di standard di sicurezza consoni e corrispondere in maniera adeguata alla domanda di mobilità, agendo direttamente sull'offerta con provvedimenti non intrusivi per l'ambiente come la costruzione di nuove infrastrutture, scongiurando deficit prestazionali del sistema stesso.

### **Vantaggi**

## **Attori coinvolti**

I soggetti che a vario titolo possono beneficiare di sistemi ITS, ed in particolare di sistemi di infomobilità sono diversi, e coinvolgono sia il personale preposto alla gestione delle infrastrutture e della mobilità, sia i semplici utenti della strada.

Per garantire infatti una circolazione più sicura e sostenibile, gestire correttamente i flussi di traffico in modo di corrispondere con sufficienti margini alla domanda di mobilità, è necessario disporre di centrali di controllo e monitoraggio, in grado di recepire, organizzare e comunicare dati ed informazioni il più tempestivamente possibili, in conformità a quanto previsto dalle norme europee.

Principali utilizzatori, infatti di ITS per la mobilità sono:

- Enti Territoriali (Regioni, Province, Comunità Montane, Comuni, ecc);
- Gestori delle infrastrutture di trasporto,
- Organi di Controllo (Polizia, ARPA, ecc.) e Protezione Civile;
- Industria automobilistica,
- Aziende di trasporto pubblico locale
- Operatori Privati (dei vari settori imprenditoriali: operatori di telecomunicazioni, ecc. - trasporto merci - vettori, gestori flotte, associazioni di categoria, trasporto stradale - enti proprietari di infrastrutture, emittenti radio);
- Operatori pubblici e/o privati gestori delle reti e dei sistemi telematici
- Utenti della strada

**Attori**

Tutti questi soggetti svolgono un ruolo attivo all'interno della realizzazione e gestione di un sistema di infomobilità: provvedono alla creazione della infrastruttura informatica e telematica, alla creazione di centri di monitoraggio delle reti per la sicurezza stradale, alla acquisizione ed analisi dei dati ed alla loro diffusione ai vari soggetti interessati.

È compito infatti delle Pubbliche Amministrazioni gestire le politiche del trasporto, ponendo come obiettivo prioritario la possibilità di assicurare ai passeggeri e alle merci un trasporto più efficiente, più pulito e più sicuro. I Sistemi di Trasporto Intelligenti (ITS - Intelligent Transport Systems) sono uno strumento chiave per l'attuazione di queste politiche. Attraverso l'integrazione dei diversi sistemi e servizi, essi consentono di ottimizzare l'utilizzo delle infrastrutture distribuendo i flussi di traffico tra le varie modalità, per una maggiore efficienza, produttività e, soprattutto, sicurezza del trasporto.

Per quanto concerne gli enti gestori delle infrastrutture sono responsabili soprattutto della corretta e sicura viabilità, provvedendo, insieme agli operatori delle telecomunicazioni, alla corretta diffusione delle informazioni mediante i dispositivi tecnologici di comunicazione posizionati anche sull'infrastruttura, come pannelli a messaggi variabili, totem informativi, ma anche portali web e servizi su reti GPRS e GSM.

Il contributo di forze dell'ordine è legato sia alla vigilanza sulla corretta mobilità, sia alla fase di raccolta di informazioni.

Gli utenti dei servizi, i semplici automobilisti non rappresentano soltanto i destinatari di tali sistemi, avendo così la possibilità di avere informazioni in tempo reale sulle condizioni del traffico e delle infrastrutture, ma mediante i propri dispositivi, sia a bordo delle vetture, sia personali, come smartphone dotati di sistema di localizzazione GPS divengono fonte di flussi di dati geolocalizzati.

Attraverso l'interazione e le relazioni operative tra i diversi attori che intervengono nei processi di mobilità, e l'integrazione delle informazioni che essi producono si è in grado di alimentare in maniera continua e tempestiva efficienti sistemi di infomobilità.

### ***Norme di riferimento e strumenti attuativi***

Lo sviluppo di servizi di infomobilità è una esigenza sempre più sentita e condivisa a livello europeo e nazionale: il traffico è quotidianamente soggetto ad ingorghi su oltre 7500 km di rete stradale transeuropea, pari al 10% della rete complessiva, producendo ritardi, oneri economici ed inquinamento.

Un continuo processo di innovazione, basato sull'impiego di tecnologie dell'informazione e delle telecomunicazioni, alimenta tale sviluppo e apre nuove prospettive di gestione della rete e del territorio finalizzata alla sicurezza ed alla gestione degli impatti antropici sull'ambiente.

### ***Normativa di riferimento sovranazionale***

#### **Libro Bianco**

A livello europeo le politiche nel settore dei trasporti seguono le linee guida dettate dal Libro Bianco del 2001 " La politica europea dei trasporti fino al

**Livello Europeo: Libro Bianco**

2010: il momento delle scelte”; che incoraggia le applicazioni I.T.S. , specialmente per quanto concerne la gestione delle reti con modalità innovative e l’integrazione tra le diverse modalità di trasporto riconoscendo come elemento fondamentale l’apporto delle nuove tecnologie.



**Figura 10: Libro Bianco Trasporti e Mobilità**

I gli obiettivi posti al centro dell’attenzione da tale documento riguardano essenzialmente quattro azioni:

- Realizzare una crescita maggiormente equilibrata tra le diverse modalità di trasporto: il trasporto su strada rappresenta ormai il 44% del trasporto merci, rispetto al 41% della navigazione a corto raggio, ed il gap è ancora più marcato nel comparto passeggeri che vede il trasporto su strada al primo posto con una quota di mercato del 79%;
- Decongestionare i grandi assi e redistribuire la viabilità: il fenomeno della saturazione è legata da un lato alla flessibilità del sistema stradale ed alla sua capacità di adattarsi al meglio alle necessità dell’economia moderna, dall’altro alla mancanza di una rete di infrastrutture trans europee funzionale con creazione di corridoi preferenziali soprattutto per il trasporto merci e reti rapide dedicate ai passeggeri.
- Porre gli utenti al centro delle politiche di trasporto
- Controllare la mondializzazione dei trasporti.

#### **Obiettivi principali**

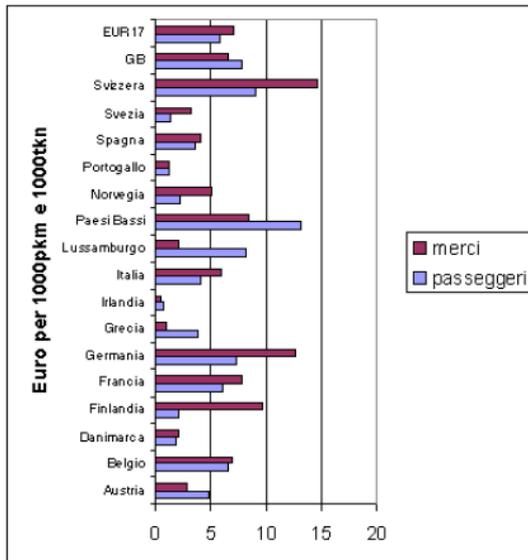


Figura 11: Costi esterni medi della congestione 1995, euro per 1000 passeggeri km e tonnellata-km- Libro Bianco

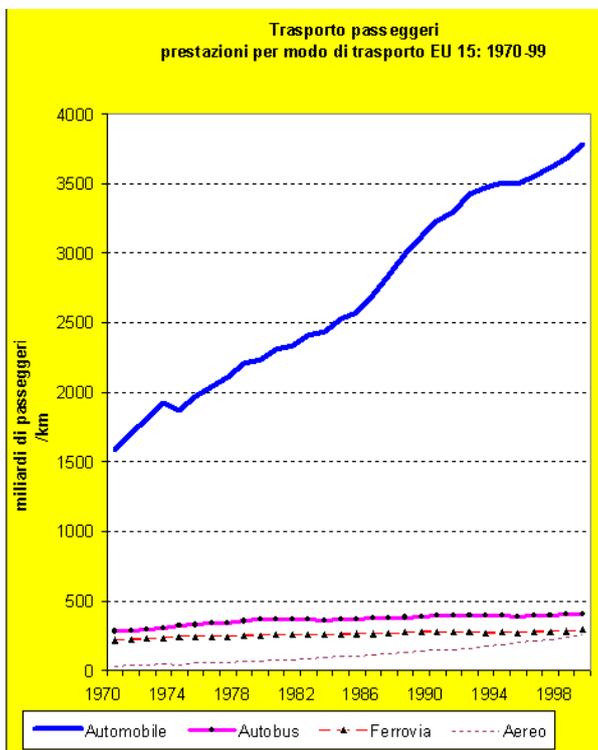


Figura 12: Trasporto passeggeri, confronti tra i modi-Libro Bianco

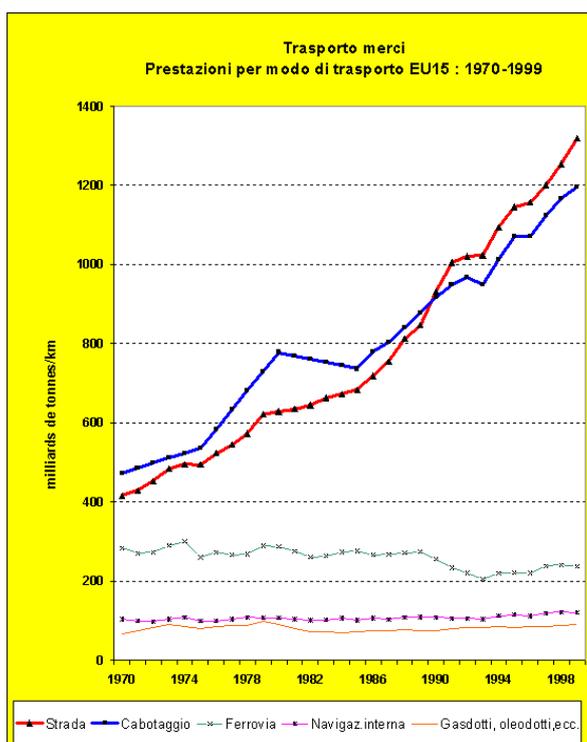


Figura 13: Trasporto merci, confronto modi di trasporto-Libro Bianco

I decisori Europei sono ben coscienti dell'attuale situazione di congestione persistente sulla rete europea e delle motivazioni che sottendono tale condizione:

“Il trasporto su strada è il modo preferito per il trasporto di merci e passeggeri. Nel 1998 circa la metà del trasporto merci (44%) è stato effettuato su strada come pure su strada venivano trasportati oltre i due terzi dei passeggeri (78%). La versatilità nell'automobile, strumento principe della mobilità di massa, continua a rappresentare il simbolo stesso della libertà individuale che caratterizza la società contemporanea.”

Inoltre sono coscienti della scarsa efficacia nella risoluzione del problema ricorrendo alla costruzione di nuove infrastrutture, poiché il rovescio della medaglia consiste in una brutta decurtazione di aree naturali:

*“Ogni giorno, ben 10 ettari di terreno vengono ricoperti da infrastrutture stradali...”* ed ancora : *“ Malgrado la realizzazione di tali nuove infrastrutture, il fenomeno di saturazione è particolarmente sentito nelle regioni urbane industrializzate... La mancanza di efficaci forma di controllo del traffico automobilistico ha aggravato la situazione nelle città più importanti. Il procedere irregolare, caratteristico degli ingorghi, aumenta le emissioni di sostanze inquinanti e il consumo di energia.”*

#### Inefficienza del sistema stradale

Per quanto concerne la soluzione delle problematiche di congestione della rete stradale essi prevedono misure che prevedano sistemi di gestione del traffico.

Come riportato nel Libro Bianco:

### ***Il miglioramento delle condizioni di circolazione***

*Misure specifiche di gestione del traffico, coordinate a livello europeo, possono migliorare le condizioni complessive di circolazione lungo i grandi itinerari interurbani, a prescindere dalle cause di congestione (incidenti, condizioni meteorologiche, congestione puntuale o ricorrente ecc.). Sono ormai numerosi in Europa i gestori di infrastrutture stradali che vantano un'esperienza in questo campo. L'intervento dell'Unione europea mira da parecchi anni ad incentivare finanziariamente la realizzazione di tali misure sui corridoi internazionali.*

**Migliorare la gestione del traffico**

Ulteriore punto di grande interesse previsto dal Libro Bianco prevede una drastica riduzione del numero delle vittime entro l'orizzonte temporale 2010, (riportato nella parte terza del documento al titolo I): si prevede di perseguire tale obiettivo anche mediante l'impiego di nuove tecnologie sia lato infrastruttura sia lato veicoli:

**Riduzione incidentalità**

Il testo infatti al punto B.2 del Titolo I Parte terza riporta il paragrafo "Le nuove tecnologie al servizio della sicurezza stradale" in cui si prevede l'impiego di mezzi automatici e di dispositivi a bordo di ausilio alla guida affiancando i sistemi di controllo abituali.

Il testo inoltre auspica la diffusione di tali dispositivi ai fini di migliorare la sicurezza delle correnti di traffico:

**Innalzamento degli standard di sicurezza**

*"Con l'aumento dei volumi di traffico, migliorare la gestione della velocità dei veicoli è un imperativo di sicurezza per combattere la congestione. Oltre alle favorevoli ripercussioni sulla sicurezza, l'osservanza dei limiti di velocità avrà anche un impatto significativo in termini di riduzione delle emissioni dei gas serra. A tal fine, le prospettive più promettenti sono quelle legate alle nuove tecnologie che permettono di determinare la velocità ottimale in qualsiasi momento, in funzione della situazione del traffico, delle caratteristiche delle strade e delle condizioni esterne (ad es.: le condizioni meteorologiche) e di informarne i guidatori grazie alla segnaletica esterna oppure mediante mezzi di comunicazione installati a bordo. È importante che le strade e i veicoli di tutta l'Unione siano dotati quanto prima di queste nuove tecnologie e che i sistemi di informazione siano accessibili a tutti. [...]"*

In particolare, l' allegato IV del Libro Bianco : "Sviluppo tecnologico e Sistemi di Trasporto Intelligenti" descrive i vantaggi dell'introduzione di nuove metodologie e tecnologie di gestione delle infrastrutture, ma soprattutto auspicava, all'interno del settore prioritario di ricerca *3. Anticipare il fabbisogno scientifico e tecnologico dell'Unione europea* all'interno del programma 2) eEurope:

"... L'esigenza di disporre di nuovi servizi è stata riconosciuta nel piano d'azione "eEurope 2002", adottato dai capi di Stato e di governo al Consiglio europeo di Feira del giugno 2000. Per accelerare lo sviluppo e la realizzazione di sistemi di trasporto intelligenti, sono stati fissati specifici obiettivi da raggiungere entro il 2002, ad esempio:

- il 50% delle città europee dovranno essere oggetto di servizi di gestione e informazione sul traffico;
- il 50% delle principali autostrade europee dovranno essere dotate di sistemi di rilevamento di ingorghi e incidenti, nonché di gestione del traffico;
- tutti i veicoli nuovi venduti in Europa dovranno essere dotati di sistemi attivi di sicurezza più efficaci; ..."

Tali obiettivi risultano ad oggi, perlomeno in Italia, lontani da perseguire completamente, ma gli effetti positivi degli embrioni di realtà di infomobilità efficiente ed esempi di macchine intelligenti sembrano incoraggiare verso una maggiore diffusione.

Per quanto riguarda i risultati ottenuti da applicazioni di sistemi integrati di Infomobility, secondo quanto riportato al paragrafo *3) La diffusione dei sistemi di trasporto intelligenti* si sono riscontrati benefici in relazione alle condizioni di sicurezza dei flussi di traffico e qualità della circolazione:

- riduzioni dei tempi di spostamento nell'ordine del 20%
- aumenti della capacità della rete del 5-10%.
- miglioramenti in termini di sicurezza stimati al 10-15%

Inoltre si può segnalare che grazie alle strategie coordinate di informazione e controllo ed anche le percentuali di sopravvivenza sono aumentate grazie ai sistemi automatici di segnalazione di incidente per la gestione delle situazioni di emergenza, riducendo la percentuale di scenari di incidenti non evitabili al solo 6%.

Attraverso l'impiego di strategie coordinate di controllo delle emissioni mediante monitoraggio ambientale e azioni mirate all'ottimizzazione della

offerta di mobilità, orientando la domanda per un migliore utilizzo della rete, si sono ottenuti riduzioni in termini di emissioni di inquinanti.

domanda di mobilità di traffico.

Dalle considerazioni emerge che da una oculata gestione del settore dei trasporti stradali discenda un miglioramento generale di altri aspetti legati al territorio, con evidenti benefici per la collettività.

### **Libro Verde sulla Mobilità urbana**

A seguito del riesame delle linee guida poste in essere nel Libro Bianco sulla mobilità ed i trasporti, la Commissione Europea ha redatto il Libro Verde : Verso una nuova cultura della mobilità urbana, nel 2007.

Il testo pone l'attenzione sull'annosa questione di riuscire a conciliare da un lato sviluppo economico delle città e l'accessibilità al territorio, dall'altro la qualità della vita e la tutela ambientale.

Il testo incoraggia infatti uno sforzo comune teso ad individuare soluzioni innovative ed ambiziose, soprattutto in materia di trasporto urbano, che è una delle leve che genera maggiori effetti anche sugli altri settori.

La filosofia che sta alla base di tali ideologie ritiene indispensabile un approccio integrato di attori, di tecnologie e buone pratiche al fine di ottenere un trasporto urbano sicuro e sostenibile.

A tal proposito la Comunità europea propone un approccio collaborativo con gli Enti locali, poiché consapevole che solo attraverso il loro intervento diretto sul territorio sono possibili strategie efficaci, ma consapevolmente non possono essere autonomi di fronte a problematiche così vaste: *"... Gli enti locali da soli non possono far fronte a tutti questi problemi: occorre cooperazione e coordinamento a livello europeo. Dobbiamo intraprendere tutti insieme e a tutti i livelli - locale, regionale, nazionale ed europeo - una riflessione su quella che è diventata una questione di importanza vitale, cioè la mobilità urbana. L'Unione europea ha il dovere di svolgere un ruolo trainante per catalizzare le energie su questa importante problematica. L'Europa deve mettere il proprio potenziale di analisi, di proposta e di mobilitazione al servizio delle politiche concepite e attuate sul piano locale. [...]"*

La missione del documento diventa quella di definire le linee generali mediante un quadro normativo e proporre metodologie e scambio di buone pratiche per una concreta realizzazione sul territorio locale: *" Il ruolo della Commissione è infatti quello di organizzare il dibattito con tutti gli interessati,*

## **Libro Verde sulla Mobilità Urbana**

### **Collaborazione con Enti Locali**

*per poi proporre una strategia globale logicamente compatibile con il principio di sussidiarietà. La nuova consultazione si rivolgerà, tra l'altro, agli abitanti delle città medio-grandi, agli utenti del trasporto urbano (pubblico o privato), ai dirigenti e al personale delle aziende di trasporto collettivo, agli operatori economici locali, tra cui le PMI, all'industria dei mezzi di trasporto urbano, all'industria automobilistica, alle autorità nazionali, regionali e locali, nonché a rappresentanti e associazioni dei rispettivi settori interessati. La strategia elaborata a livello europeo potrà attecchire solo grazie ad un'azione portata avanti a livello locale: saranno allora gli enti locali ad entrare in gioco, per attuare nel concreto una politica di mobilità urbana adatta al loro contesto. [...]*

Il Libro Verde, sulla scia del precedente documento varato dalla comunità europea, analizza le problematiche ad un dettaglio maggiore e più specifico rivolto all'ambito urbano, presentando cinque tematiche concrete:

- Congestione del traffico, proponendo come soluzioni l'utilizzo di mezzi alternativi, il potenziamento di una rete di trasporti urbani a basso impatto e maggiormente organizzata, la diffusione di pratiche di trasporto collettivo privato,
- Inquinamento atmosferico, contrastandolo con usi di veicoli meno inquinanti, gestione oculata del traffico ...
- Trasporto urbano intelligente, come risposta alla crescente congestione. A tal proposito al punto 2.3 il testo riporta: "... sistemi di trasporto intelligenti (STI) non sono ancora abbastanza sfruttati ai fini di una gestione efficiente della mobilità urbana, oppure sono utilizzati senza la dovuta attenzione all'esigenza di interoperabilità.

L'elaborazione dei dati sul traffico e sui percorsi può fornire informazioni, assistenza e controllo dinamico del trasporto a passeggeri, conducenti, operatori del parco veicoli ed esercenti delle reti. Alcune applicazioni sono già in uso per il trasporto stradale, ferroviario e fluviale. Nei prossimi anni, queste applicazioni saranno potenziate dal sistema satellitare Galileo, che consentirà una localizzazione più precisa. [...]

Prevede come misure anche la Tariffazione Intelligente: "... può essere un metodo efficace di gestione della domanda ", sistemi di divulgazione delle informazioni per una mobilità più cosciente " Uno dei fattori critici di successo della mobilità nelle reti urbane è la possibilità, per l'utente, di compiere una scelta informata quanto alla modalità e all'orario di trasporto. Ciò dipende dalla

**Obiettivi specifici in ambito urbano**

**Azioni e servizi per la gestione del traffico**

**Elaborazione dati di traffico**

**Tariffazione intelligente**

*disponibilità di informazioni adeguate, interattive e di facile consultazione sui percorsi multimodali, che permettano di pianificare e organizzare un itinerario.*

*Secondo i soggetti interessati, gli STI consentono una gestione dinamica dell'infrastruttura esistente. Con un uso più efficace dello spazio stradale è possibile guadagnare un 20-30% o più di capacità supplementare. [...]"*

Trasporto urbano accessibile, rivolto a soddisfare le esigenze anche delle fasce più deboli, con maggiore attenzione a servizi bus anche in aree più periferiche e presenza di taxi collettivi, ed un buona interconnessione tra modi e livelli della rete di trasporto.

**Trasporto urbano**

Trasporto urbano sicuro, cercando di ridurre i fattori di rischio attraverso informazione agli utenti e de-incentivazione di comportamenti scorretti alla guida, garanzie di strade strutturalmente e funzionalmente sicure, mediante l'impiego delle nuove tecnologie ed il monitoraggio. A tal proposito *"Anche gli STI possono recare un notevole contributo, offrendo informazioni rapide e pertinenti e consentendo una regolazione del traffico più sicura. È stato suggerito che l'UE emetta raccomandazioni per l'integrazione di criteri di sicurezza e affidabilità del trasporto nella progettazione dell'infrastruttura urbana. [...]"*

Il documento contempla anche l'evoluzione di semplici veicoli in smart vehicles:

*"La tecnologia può essere al servizio della sicurezza, per esempio con dispositivi per potenziare la visione notturna, evitare gli scontri e avvertire il guidatore in caso di sonnolenza, o il servofreno. Le comunicazioni della Commissione europea sull'iniziativa "eSafety" ("Tecnologie dell'informazione e delle comunicazioni per veicoli sicuri e intelligenti")<sup>23</sup> e sull'iniziativa "automobile intelligente" ("Sensibilizzazione all'uso delle TIC per veicoli più intelligenti, più sicuri e più puliti") nell'ambito del programma i2010 offrono valide soluzioni applicabili al contesto urbano. [...]"*

**Veicoli intelligenti**

Diverse applicazioni proposte all'interno del testo comprendono l'impiego di navigazione satellitare, con particolare riferimento al sistema GALILEO, già richiamato all'interno del Libro Bianco come elemento strategico per il potenziamento del sistema Europeo.

**Localizzazione satellitare**

In particolare, per quanto concerne la applicazioni legate al settore della mobilità, la presenza di tale sistema di navigazione satellitare incoraggia il diffondersi di diversi servizi, come:

- servizi a chiamata basati sulla geolocalizzazione, particolarmente utili in zone non completamente raggiunte dagli itinerari urbani

- diffusione di dispositivi telematici e di navigazione per la riscossa dei pedaggi, controllo degli accessi, applicazioni di sicurezza, ma soprattutto informazioni sul traffico in tempo reale.

### *Normativa nazionale*

Sulla scia dei provvedimenti e dei servizi postulati nel Libro Bianco per i Trasporti e nel Libro Verde per la mobilità urbana hanno avuto origine diverse strategie a livello nazionale ed internazionale a sostegno dello sviluppo e la diffusione dei servizi di infomobilità.

Come primo riferimento si può citare il Nuovo Codice della strada che all'art. 227 prevede la creazione di un sistema di monitoraggio del traffico stradale con i seguenti obiettivi:

- istituzione di archivi ed anagrafe nazionali,
- individuazione dei punti di maggiore congestione;
- favorire l'innalzamento dei livelli di sicurezza sull'intera rete nazionale.

### ***Piano Generale dei Trasporti e della Logistica (PGTL)***

A livello Nazionale nel 2001 è stato varato il **Piano Generale dei Trasporti e della Logistica (PGTL)** da parte del Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture; il testo assurge a ruolo chiave l'innovazione tecnologica, poiché consente la modernizzazione e il miglioramento del sistema dei trasporti in termini di economicità, ambiente e sicurezza.

Nel testo infatti vengono contemplate come misure efficaci ed indispensabili per una mobilità sicura le seguenti pratiche fondate sulle nuove tecnologie:

-sistemi intelligenti di trasporto e telematica impiantati sulle infrastrutture;  
 -tecnologie veicolare per l'acquisizione di dati e trasmissione interne alla corrente veicolare.

Il piano inoltre già sottolineava la necessità di un'architettura di riferimento, un quadro unitario per lo sviluppo di tali sistemi, giunto in seguito, a livello nazionale con il progetto ARTIST.

Nel PGTL si possono riscontrare tutti gli obiettivi già enunciati nel Libro Bianco e Review del 2006 definiti dall'Unione Europea, individuando un ventaglio di azioni perseguibili in parte attraverso lo sviluppo dell'infomobilità, ciascuna delle quali fornisce un indispensabile e coordinato

**Piano Generale dei Trasporti e della Logistica**

contributo:

- il miglioramento della utilizzazione delle infrastrutture, dei servizi e dei mezzi, la diffusione dei veicoli a basso impatto e l'uso dei mezzi alternativi, lo sviluppo della mobilità alternativa e condivisa
- la diminuzione dell'inquinamento atmosferico ed il miglioramento della qualità e della vivibilità dell'ambiente urbano;
- lo sviluppo e la diffusione di tecnologie innovative volte al miglioramento dell'efficienza del parco circolante, nel rispetto delle compatibilità ambientali e dell'aumento della sicurezza e della competitività;
- per le infrastrutture, si propone, in una logica di sistema a rete, di dare priorità alle infrastrutture essenziali per la crescita sostenibile del paese, per la sua migliore integrazione con l'Europa e per il rafforzamento della sua naturale posizione competitiva nel Mediterraneo.
- per affrontare il problema della mobilità nelle aree urbane, si prevede l'introduzione di un processo di pianificazione integrato fra l'assetto del territorio e il sistema dei trasporti, attraverso la realizzazione di un sistema, sia individuale che collettivo, con reti intermodali e interconnesse. Tale realizzazione deve essere preceduta da scelte e decisioni riconducibili ai **Piani Urbani della Mobilità**, fondati su un insieme di investimenti e innovazioni organizzativo-gestionali.

### **Piano Generale della Mobilità**

Ulteriore elemento di riferimento per un quadro normativo completo finalizzato all'organizzazione del sistema della mobilità sotto l'ottica della sicurezza e della sostenibilità è stato emanato nel 2007 con il documento del Ministero dei Trasporti: **Linee Guida per il Piano Generale della Mobilità**.

A partire dalla consapevolezza che il sistema di mobilità deve essere considerato nella sua interazione con il sistema ambiente e territorio, il PGM incoraggia la cooperazione tra gli enti presenti sul territorio alle diverse scale.

La parola chiave del documento è "integrazione":

- tra i diversi modi di trasporto
- tra i livelli della rete stradale
- tra i Paesi, soprattutto europei.

Il punto di partenza per corrispondere con infrastrutture adeguate e servizi è la conoscenza profonda del territorio, in termini di bisogni e morfologia, per

**Piano Generale della Mobilità**

soddisfare la domanda espressa dalla società, sia in termini di trasporto passeggeri, sia merci.

Le aree strategiche di intervento sono:

-Mobilità delle persone: TPL e privato per la mobilità regionale, rete di collegamento interregionale, servizi internazionali ed intercontinentali

-Mobilità delle merci: city logistic e distribuzione regionale, trasporto merci, intermodalità e logistica territoriale, porte internazionali ed autostrade del mare.

In tale ottica la mobilità sostenibile e sicura deve essere supportata sia da un quadro normativo e standard condivisi, sia da innovazioni informatiche e telematiche. Gli ITS sono chiamati a fornire tali servizi come strumenti trasversali alle specifiche applicazioni, realizzando anche il monitoraggio dei servizi prodotti in termini qualitativi e quantitativi.

In particolare nell'ambito delle Linee Guida del PGM si prevedono le principali linee d'azione che influenzano il sistema della mobilità:

-servizi di informazione all'utenza

-servizi e sistemi di controllo e gestione del traffico e trasporti

-sistemi di informazione navigazione dinamici

-Sistemi di controllo del veicolo

In relazione a tali applicazioni è necessario agevolare e sostenere l'utilizzo degli ITS, valutando dove ciò consentirebbe di ottenere notevoli risultati nel perseguimento degli obiettivi, senza pesanti interventi infrastrutturali, ossia con costi e tempi estremamente ridotti e con ricadute dirette nel sistema industriale ed indirette nelle altre reti di servizi per i cittadini.

### **Linee Guida per lo sviluppo di servizi di infomobilità nelle Regioni e negli Enti Locali**

Una collaborazione diretta con Enti presenti in maniera più capillare sul territorio è necessaria affinché sia letta correttamente l'esigenza di mobilità e la domanda informativa espressa dalla comunità e dagli enti locali.

Nel Maggio 2007, è stato formalizzato in ambito nazionale, attraverso la "Conferenza unificata" Stato- Regioni - Autonomie locali, l'Accordo in materia di Infomobilità, che ha condotto alla attivazione di Piani Regionali di Infomobilità da parte delle singole Regioni.

Presso le stesse Regioni sta emergendo l'interesse ad attivare una collaborazione organica, a livello interregionale, in tale settore.

**Linee Guida per lo sviluppo di servizi di infomobilità nelle Regioni e negli Enti Locali**

L'aspettativa è di agevolare l'innovazione e lo sviluppo dei servizi di infomobilità presso le singole Regioni, costruendo nel contempo le condizioni per l'evoluzione verso un sistema integrato sul territorio nazionale, che consenta di rispondere sempre più alle esigenze di mobilità di persone e merci, con servizi centrati sull'utente.

L'accordo sottolinea inoltre la necessità che le Regioni redigano Piani Regionali di Infomobilità, cioè " *documenti di programmazione e indirizzo aventi per oggetto le azioni coordinate e coerenti finalizzate allo sviluppo e alla sostenibilità dei processi innovativi applicati ai sistemi di mobilità pubblica e privata [...]*", facendo da cornice ai piani di Infomobilità degli Enti Locali.

La necessità di dare efficace risposta con continuità di servizio per scale spaziali variabili del processo di mobilità, implica la necessità di integrazione di servizi a fronte della multimodalità del trasporto e della molteplicità di operatori e provider che intervengono nello stesso processo di mobilità.

Capillarità spaziale e continuità temporale di osservazione e assistenza strumentale sono requisiti connessi con tale processo di integrazione. Essa consente di distribuire gli impegni e condividere i risultati, con benefici economici e temporali, ed anche con una flessibilità di azione che può consentire anche una maggiore qualità degli interventi.

Le Linee Guida individuano sei macro-famiglie di servizi di Infomobilità:

- Gestione Flotte Trasporto Individui
- Gestione Flotte Trasporto Merci
- Gestione Traffico e Sicurezza
- Pagamenti per la Mobilità
- Controllo avanzato autoveicolo
- Distribuzione dei contenuti

Al fine di definire un ordine delle priorità si è fatto riferimento a tre assi chiave di valutazione:

A. Benefici Sistema Paese, in termini di Sostenibilità Ambientale e di Supporto alla Produttività del Sistema

B. Fattibilità, in termini di valutazione dei tempi di realizzazione, considerando anche lo sviluppo della tecnologia, l'adeguatezza del sistema normativo e la maturità del contesto della governante.

C. Ritorno Economico Investimento in termini di Sostenibilità Economica dell'investimento per la realizzazione delle diverse iniziative di

**Macro famiglie di servizi**

**Assi chiave di indirizzo**

innovazione e valutazione delle necessità di porre in essere sistemi di incentivazione pubblici.

In relazione a tali criteri è stato scelto di porre in essere gli interventi realizzabili in un orizzonte temporale di medio-breve termine, con maggior ritorno economico e con maggior impatto sul paese.

All'interno del documento è chiara già da subito l'importanza che le nuove tecnologie rivestono all'interno di tale contesto: " *l'opportunità di utilizzare le nuove tecnologie dell'informazione al fine di affrontare problematiche di infomobilità, anche nell'ottica di regolare e limitare i flussi di traffico con conseguente benefici sulla qualità della vita. [...]* " ed ancora " *considerato l'indubbio impatto dei sistemi di mobilità assistita dalle nuove tecnologie sulla riduzione dei flussi di traffico attraverso un migliore utilizzo delle reti di mobilità e trasporto.[...]*" e " *considerata la necessità di garantire la reale condivisione informativa tra soggetti pubblici e privati coinvolti nella gestione e nel governo della mobilità, nonché la piena disponibilità delle informazioni per l'erogazione di servizi multicanale a utenti e veicoli in mobilità. [...]*."

### **Piani Urbani della Mobilità**

I Piani Urbani della Mobilità (PUM) sono strumenti di pianificazione dettagliata e gestione della mobilità a scala locale, in tutte le sue componenti: organizzazione delle rete infrastrutturale, trasporto pubblico locale, analisi della domanda di mobilità ed accessibilità al territorio, trasporto merci , al fine di ottenere un quadro dettagliato ed aggiornato sul traffico e sicurezza stradale, anche in relazione alle interazioni con l'ambiente.

I PUM sono stati introdotti per la prima volta nel Piano Regionale della Mobilità e della Logistica, in termini di strumenti finalizzati alla regolazione ed integrazione dei modi di trasporto, garanzia di sicurezza della mobilità, innovare la logistica ed integrare le politiche di mobilità con quelle generali di governo del territorio. A quest'ultimo proposito, infatti i PUM devono essere strumenti strutturati all'interno dei meccanismi di pianificazione territoriale, fin dalla redazione del quadro conoscitivo; il PUM si basa infatti sulla raccolta e messa a sistema di una serie di informazioni prodotte ed elaborate dai diversi soggetti che operano nel territorio.

### **Piani Urbani delle Mobilità**

## ***Progetti e best practices***

### *Progetti a livello europeo*

Sulla spinta della normativa europea, e stretti nella morsa di una sempre più sentita necessità, negli ultimi anni sono sorte diversi progetti e iniziative a livello comunitario con lo scopo di sviluppare soluzioni innovative ed applicazioni di sistemi di trasporto intelligente ( I.T.S.) per il controllo e la gestione del traffico sulla rete stradale.

I primi focolai di ricerca nel settore degli I.T.S. si sono sviluppati a partire dagli anni Ottanta soprattutto in Giappone e negli Stati Uniti, mentre in Europa solo a partire dagli anni Novanta sono sorti diversi programmi di ricerca finanziati dalla Commissione Europea, per lo sviluppo di sistemi I.T.S. in diversi Paesi.

Tale movimento è stato fortemente influenzato dall'operato delle Associazioni nazionali ITS, organismi pubblico-privati che riuniscono i principali attori, industrie, organi istituzionali, amministrazioni pubbliche, enti di ricerca ed utenti- coinvolti nello sviluppo e realizzazione dei Sistemi ITS nei singoli Stati, creando così un ponte tra imprese e i decisori pubblici, e promuovendo un approccio "user oriented" finalizzato ad agevolare l'utilizzo e la penetrazione di mercato dei nuovi Sistemi.

### **Standard di interoperabilità**

Visto il crescente bisogno di sostenere la mobilità in Europa, la Commissione Europea ha promosso lo sviluppo di standard e sistemi per lo scambio di informazioni relative al traffico tra tutti gli attori coinvolti.

Per garantire l'interoperabilità delle diverse applicazioni e servizi è stato definito a livello europeo lo standard **DATEX** (DATa Exchange), e l'attuale DATEXII , finalizzati allo scambio di informazioni sul traffico tra i diversi centri di controllo sparsi sul territorio per il controllo del traffico nelle reti stradali europee. A livello europeo infatti sono state diverse le applicazioni che hanno adottato tale standard:

ARTS (Advanced Road Traffic in South-west), che copre i litorali atlantici di Spagna, Francia e Portogallo;

SERTI (Southern European Road Telematic Implementations) interessa anche l'Italia insieme a Francia, Spagna, Svizzera e Germania;

sono solo pochi esempi del vasto panorama di progetti a livello europeo.

**DATEX- Protocollo di scambio**

Un altro progetto a valenza europea, che coinvolge anche l'Italia è il progetto TRIDENT, con lo scopo di realizzare un sistema di trasporti europeo più sicuro. Efficiente e sostenibile; le tecnologie ITS, combinate con adeguati investimenti di infrastrutture, dovranno contribuire a realizzare un sistema di trasporti sicuro, riducendo l'impatto sull'ambiente, abbattere congestioni ed incidenti.

L'obiettivo generale di tali progetti è di favorire l'integrazione tra le reti di trasporto e lo scambio di dati ed informazioni tra gli operatori di trasporto ed infrastrutture multimodali, autorità pubbliche e fornitori di servizi al fine di conseguire una gestione della mobilità, producendo benefici anche per i semplici utenti che ricevono informazioni sui loro dispositivi individuali.

### ***Architettura telematica di riferimento***

Per garantire lo sviluppo di sistemi e servizi di trasporto intelligenti in grado di cooperare e condividere informazioni a scala europea si è rivelata indispensabile la modellizzazione di una Architettura Telematica di Riferimenti per l'Europa, cioè un protocollo unitario che definisca funzioni, caratteristiche e relazioni tra tutti gli elementi coinvolti nella realizzazione di un ITS: servizi, sistemi tecnologici, attori e norme.

Tale protocollo è stato sviluppato nell'ambito del Progetto KAREN (Keystone Architecture Required for European Networks), ha segnato un passo decisivo nella realizzazione di una piattaforma comune per i Sistemi ITS in Europa, e per i servizi all'utenza che tali Sistemi rendono possibili. In particolare, il Progetto KAREN, avviato nell'aprile del 1998 e terminato nel 2000, ha definito i requisiti e la struttura minima necessaria per lo sviluppo di un Sistema ITS in ambito europeo, in un orizzonte temporale fino al 2010.

L'Architettura KAREN rappresenta un modello di riferimento per tutte le architetture nazionali promosse dai singoli Stati Europei, tra cui l'Italia. Proprio per favorire l'integrazione fra le diverse soluzioni nazionali, nel luglio del 2001 la Commissione Europea ha lanciato la rete tematica FRAME - NET (Framework Architecture Made for Europe - NETWORK), che costituisce un punto di incontro per il confronto ed il coordinamento di tutte le attività europee collegate ad architetture ITS.

Il passaggio chiave per affrontare le problematiche riguardanti lo sviluppo dell'architettura è stato quello di coinvolgere i "portatori di interesse" (stakeholder), ossia i committenti e gli utenti dei Sistemi ITS, nel processo di

**KAREN Architettura Telematica di Riferimento**

**FRAME-NET Rete Telematica di Riferimento**

elaborazione e nell'applicazione dell'architettura quadro europea condivisa e convenuta.

L'architettura deve essere infatti capace di conciliare i piani nazionali sui trasporti attuali e futuri, così come di sostenere i vari sforzi nella ricerca, nell'attività di formazione tecnica (standardizzazione), negli investimenti e nell'implementazione dei Sistemi ITS. Inoltre un'architettura quadro deve fornire la base per lo sviluppo diffuso dei Sistemi ITS, comprendendo un piano per la migrazione dai sistemi attuali, eventualmente "chiusi", a sistemi interoperabili tra loro anche a livello europeo

La disponibilità di un'Architettura comune europea consente anche di attuare delle strategie coerenti nei diversi Stati Membri in particolare per quanto concerne la sicurezza stradale, secondo quanto previsto dal Libro Bianco in materia di mobilità.

Anche il progetto GALILEO rientra all'interno piano d'azione e-Europe del 2002, richiamato all'interno del Libro Bianco: avere a disposizione un sistema di navigazione satellitare europeo, determinerà un impatto determinante per la creazione e lo sviluppo di nuovi sistemi e servizi per la mobilità, sia per il trasporto dei passeggeri che in quello delle merci, in una dimensione europea sempre più ampia.

**Galileo : supporto di navigazione satellitare**

### *Progetti a livello nazionale*

#### **Architettura telematica di riferimento**

Una pietra miliare nel settore degli I.T.S. in Italia, e quindi nel settore dell'infomobilità è rappresentata dalla realizzazione da parte del

il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti , del il progetto ARTIST per la definizione di una Architettura Telematica Italiana per il Sistema dei Trasporti.

Il progetto, conforme alle direttive del Piano Generale dei Trasporti e della Logistica - PGTL, ha l'obiettivo di delineare il quadro di riferimento a livello nazionale per la realizzazione dei sistemi telematici per i trasporti in Italia, in una prospettiva multimodale e intermodale, con un orizzonte temporale al 2010.

L'architettura è totalmente compatibile con gli standards europei, posti in essere nei progetti KAREN e FRAME-NET, e con altre architetture nazionali già esistenti.

L'architettura ARTIST permette di definire, partendo dalle esigenze riconosciute di tutti gli utenti, l'insieme dei servizi necessari all'utente, le relazioni

**ARTIST- Architettura Telematica Italiana per il Sistema di Trasporti**

funzionali, logiche e fisiche fra i sistemi, i flussi informativi, le principali caratteristiche delle relazioni organizzative fra i diversi soggetti (enti pubblici e privati) che intervengono nello sviluppo e nella gestione dei sistemi ITS.

La definizione dell'architettura ha coinvolto diversi attori nazionali operanti nel settore degli ITS, e si pone lo scopo di fornire e linee guida generali per indirizzare il progetto dei sistemi ITS verso una soluzione "compatibile" con le scelte nazionali.

Grazie all'interoperabilità dell'architettura, infatti, i diversi sistemi finora sviluppati a livello locale e nazionale, attraverso ARTIST, possono "dialogare" consentendo, rendendo l'intera rete dei trasporti un unico sistema di cui i diversi modi sono degli elementi fra loro integrati.

In questa "visione sistemica", anche i singoli sistemi proprietari, adeguandosi ad ARTIST, non operano più in modo chiuso, ma in sinergia con sistemi analoghi, a beneficio di una maggiore efficienza.

Le priorità strategiche del progetto si possono individuare in :

- assicurare la compatibilità dell'Architettura Italiana con quelle europee di riferimento

- Favorire l'intermodalità dei trasporti nella mobilità di persone e merci, con particolare attenzione al trasporto strada-ferrovia-cabotaggio, per i quali sono n atto altre iniziative europee.

- approfondire alcuni aspetti specifici, come quelli organizzativi, non ancora affrontati a livello Europeo

- supportare il decisore politico nella regolamentazione della circolazione e dei trasporti a seguito dell'introduzione di nuovi servizi.

ARTIST nello specifico ha la funzione di definire le linee guida per lo sviluppo di nuovi sistemi telematici per la mobilità interoperabili a diverse scale ed integrati, più in dettaglio riguarda:

- l'insieme dei servizi necessari per l'utente

- le relazioni funzionali, logiche e fisiche tra i sistemi,

- i flussi informativi

- le relazioni organizzative tra i diversi soggetti, sia pubblici sia privati, che intervengono nello sviluppo e gestione di ITS.

## *Esempi ed esperienze*

In questi ultimi anni, specialmente nelle grandi città, in cui l'esigenza di gestire elevati flussi di traffico è più sentita si sono moltiplicati gli esempi di sistemi completi di infomobilità e di servizi di informazione dedicati.

Le tematiche di mobilità prescelte sono generalmente informazioni sulle condizioni del traffico in tempo reale, la situazione del trasporto pubblico locale, la presenza di cantieri e ZTL.

L'efficienza di un sistema che vede la sua ragion d'essere nel diffondere informazioni alle utenze sta proprio nell'attendibilità dei dati elaborati e nella frequenza di aggiornamento.

Altro importante parametro indicatore dell'efficienza del sistema è rappresentato dalla tempestività dell'informazione che inesorabilmente vede decurtare il suo valore nel tempo, e dall'efficienza della comunicazione, mediante portali web, servizi di SMS su rete GPRS/UMTS e su smart phone mediante apposite applicazioni, segnalazioni sui moderni navigatori satellitari, o metodologie più classiche come pannelli a messaggio variabile, totem informativi in punti strategici della città, servizi di informazione a bordo dei mezzi pubblici, paline intelligenti alle fermate dei bus.

Uno dei primi esperimenti di sistemi integrati di gestione della mobilità in Europa basato su I.T.S. è stato realizzato a Torino : 5T "Technologie Telematiche Trasporti Traffico Torino".

5T

Il sistema è gestito dalla società consortile 5T S.c.r.l., costituita nel 2001 su mandato della Città di Torino e alla quale partecipano partners pubblici e privati. Il sistema risulta composto da diversi sottosistemi che cooperano in modo integrato alla gestione della mobilità e al controllo dell'ambiente:

Il Sistema rileva ogni 5 minuti l'andamento del traffico, prevede lo stato della mobilità ad intervalli di un'ora, controlla gli effetti dell'inquinamento e formula una strategia generale per il periodo successivo finalizzata a raggiungere e mantenere uno stato di "user equilibrium" compatibile con i vincoli di protezione dell'ambiente;

Le tematiche principali trattate riguardano:

-Gestione del Trasporto Pubblico assicura la regolarità e la velocità del servizio di trasporto pubblico attraverso il monitoraggio dei veicoli su strada, e la richiesta di priorità semaforica. Il sistema opera anche il servizio di informazione all'utenza attraverso 200 unità di visualizzazione degli arrivi alle fermate e 100 dispositivi di informazione posti a bordo dei veicoli;

-Controllo del Traffico gestisce i semafori con un software di regolazione dinamica dei cicli semaforici, assicurando anche la priorità semaforica ai veicoli di trasporto pubblico. Il sistema opera su 140 incroci in area urbana, con circa 1500 unità di rilevamento del traffico;

-Gestione Parcheggi”, connesso con parcheggi automatici, fornisce previsioni sulla disponibilità dei posti.

Attualmente è disponibile anche una versione Mobile ed una specifica applicazione per smart phone a sostegno dell’utente in mobilità.

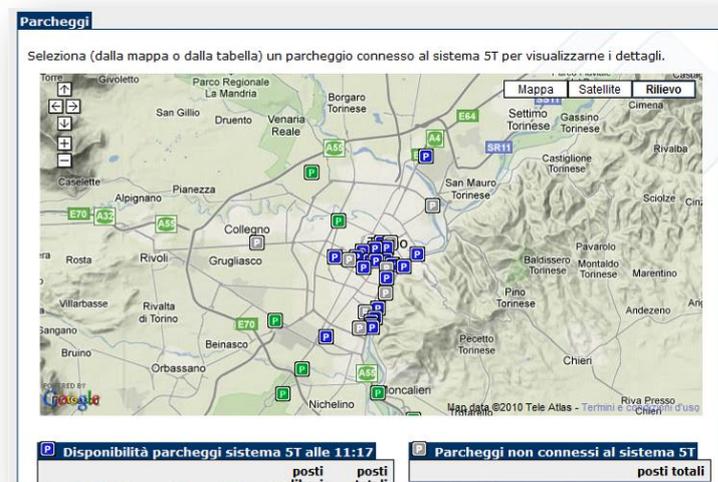
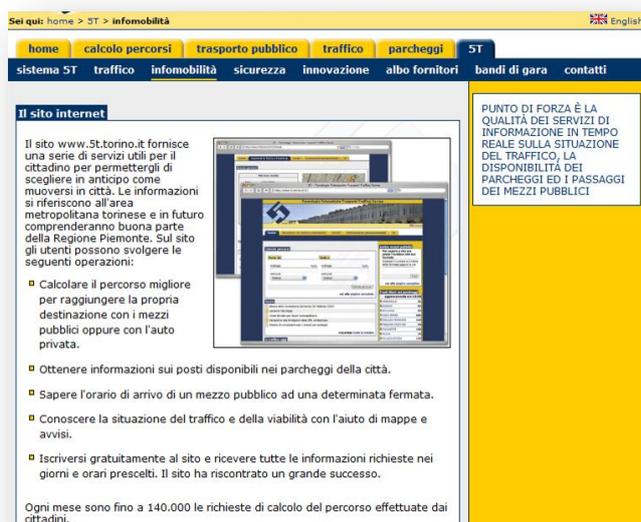


Figura 14: progetto 5T [<http://www.5t.torino.it/5t/it/docs/traffico.jspf> ]

Un altro esempio di struttura integrata di infomobilità è riscontrabile nella realtà romana, con il progetto, ormai consolidato, di ATAC SpA, azienda responsabile della gestione del trasporto pubblico locale.

L'azienda ha reso disponibili una serie di servizi on line per la distribuzione di informazioni sul trasporto

- il servizio **Infopoint**, disponibile sul portale Internet e anche via WAP su cellulari e palmari;
- l'applicazione **Trovalinea**, nella sezione "Muoversi a Roma" del sito Internet per la programmazione degli itinerari;
- le notizie della sezione "**Ultima ora**", accessibili dal portale Internet di ATAC;
- il servizio di calcolo del percorso e di ricerca delle rivendite più vicine. Tale servizio, al momento in corso di sperimentazione, è offerto via SMS su rete GSM.

Oltre alla comunicazione mediante supporti informatici e dispositivi personali sono state disposte presso le fermate degli autobus una serie di paline intelligenti, con pannello a messaggio variabile integrato, in grado di segnalare il tempo di attesa per l'autobus di interesse, eventuali ritardi o anomalie del trasporto pubblico locale; tale servizio è stato inoltre trasposto in una applicazione per telefonini, via internet e GSM.

Per il funzionamento del monitoraggio degli autobus, il sistema AVM è composto da tre sottosistemi funzionali:

- il sistema di bordo,
- la centrale di monitoraggio,
- l'infrastruttura di comunicazione.

La Centrale A.V.M. (Advanced Vehicle Monitoring) effettua il monitoraggio ed opera gli interventi di regolazione, coordinamento e di informazione. La Centrale è anche collegata con il sistema di controllo semaforico per realizzare la priorità semaforica, che consente di mantenere elevata la velocità commerciale e, quindi, di regolarizzare il servizio.

Studiando le condizioni di deflusso degli autobus e monitorando il deflusso dei veicoli in generale presso sezioni predefinite, il sistema di monitoraggio di atac è in grado di rappresentare la situazione del traffico in tempo reale su proprio portale, integrato con immagini WebCam.

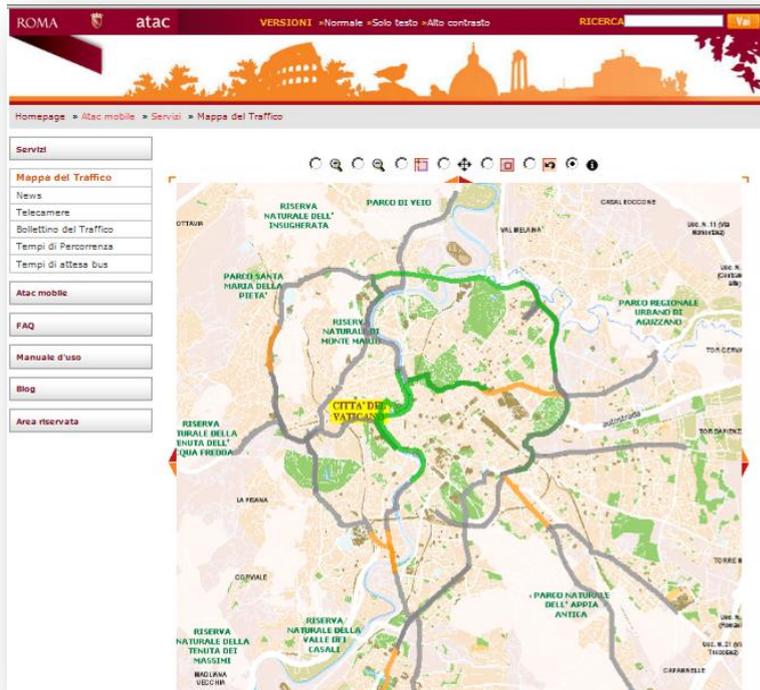


Figura 15: Progetto atac roma [ <http://mobile.atac.roma.it> ]

Di seguito di riporta una panoramica delle esperienze più diffuse e conosciute di portali e sistemi di infomobilità erogati da diversi Enti e portali Web:

## Esperienza del ministero dei trasporti londinese.

The screenshot shows the Transport for London website interface. At the top, there is a search bar and navigation links for Accessibility, Help & Contact, and Sitemap. Below the search bar is a menu with options: Home, Live travel news (selected), Getting around, Tickets, Road users, Corporate, and Business & partners. The main content area is titled 'Live travel news' and includes filters for Tube, DLR and Overground, Buses, Road, River, Coaches, Trams, and Rail. A 'Today' section shows the current date and a 'Go' button. Below this, there is a 'Traffic alerts at 20:29' section with a search bar for postcodes or addresses. A map of London is displayed with various traffic alerts indicated by colored icons. On the left side of the map, there is a list of incidents causing traffic impact, including Blackwall Tunnel, Rotherhithe Tunnel, A212 (Croydon), Albert Bridge, Arthur Street / A3, Barnet By-Pass / A1, and Bayswater Road / A403.

The screenshot shows the Transport for London website interface for service updates. At the top, there is a 'Service update at 21:39' section with a link to 'View engineering works planned for later today'. Below this is a 'Weekend closures email' section with a link to 'Get advance warning of weekend closures'. The main content area is titled 'Lines' and 'Stations'. A table lists various lines and their service status:

Line	Status
Bakerloo	Part closure
Central	Part closure
Circle	Planned closure
District	Part closure
Hammersmith & City	Part closure
Jubilee	Part closure, Minor delays
Metropolitan	Part closure
Northern	Good service
Piccadilly	Good service
Victoria	Good service
Waterloo & City	Planned closure
DLR	Good service
Overground	Planned closure

Below the table is a map of London showing the Hammersmith & City line. A pop-up window provides details for the Hammersmith & City line: 'Saturday 16 and Sunday 17 October, suspended between Hammersmith and Moorgate. Rail replacement buses operate.'

Figura 16: Esperienza Londinese ministero trasporti

<http://www.tfl.gov.uk/tfl/livetravelnews/realtime/road/default.aspx>

Dal sito è possibile avere informazioni sul trasporto pubblico locale sia superficiale che sotterraneo, e sia traffico veicolare in genere.

## Esperienza Americana



Figura 17: Esperienza Americana [<http://www.beatthetraffic.com/>]

Il portale è uno dei servizi più efficienti a livello mondiale: è attivo sulle maggiori città U.S.A. e offre una serie di servizi come il monitoraggio delle condizioni di traffico in real time, calcolo del percorso più breve o veloce, informazioni su incidenti, con possibilità di ricevere informazioni direttamente su cellulare o consultare il portale tramite web o scaricare un'apposita applicazione per smart phone.

## Esperienza di Google Transit

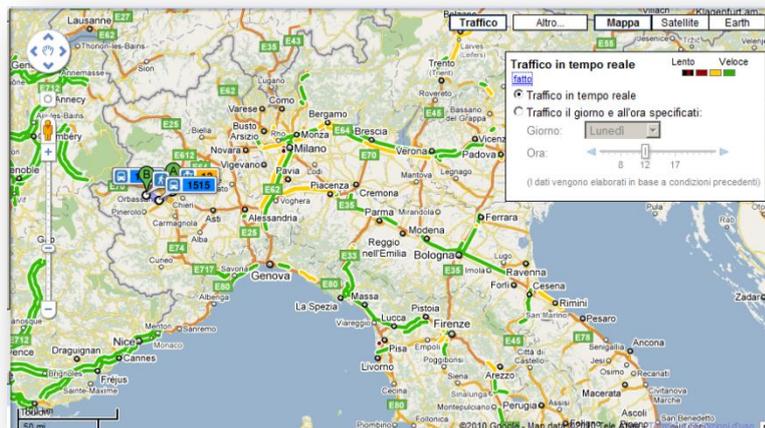


Figura 18: google transit [<http://www.google.it/maps>]

Il servizio è attivo su diverse città, anche nel nord Italia, mostrando secondo una legenda di facile comprensione sia la situazione del traffico sulle principali arterie stradali sia avere a disposizione informazioni sul trasporto pubblico con possibilità di avere informazioni sui mezzi pubblici da prendere per giungere a destinazione.

## Esperienza di Microsoft



Figura 19: Sensor Map [<http://atom.research.microsoft.com/sensewebv3/sensormap/>]

Uno dei primi esempi sorti in grado di conciliare diverse tipologie di informazioni, come traffico, parametri ambientali, diversi sensori di polveri sottili, e camere video.

Il servizio copre alcune grandi città nel mondo tra cui Singapore e Seattle.

### Esempi di servizi nazionali

A livello nazionale ci sono diversi esempi di portali web o applicazioni per smart phone che offrono servizi di infomobilità sulle condizioni del traffico sulle principali arterie stradali e sul trasporto pubblico locale, spesso erogate dai gestori della rete stradale o Enti territoriali, e quindi riportano informazioni relative alle loro aree di competenza. In molti di questi casi i dati provenienti dalle stazioni di rilevamento del traffico sono integrate con le segnalazioni degli utenti con metodi di geotagging, sia in relazioni alle condizioni di deflusso del traffico, sia in relazione a condizioni di criticità o ammaloramenti sulla rete stradale.

### Traffico stradale

#### Esempio sul portale di Autostrade per l'Italia



Figura 20: Autostrade per l'Italia

[http://www.autostrade.it/autostrade/traffico.do?mapLevel=micro&mappa=milano\\_9](http://www.autostrade.it/autostrade/traffico.do?mapLevel=micro&mappa=milano_9)

Il portale coniuga informazioni sul traffico sulle autostrade italiane con le condizioni meteo.

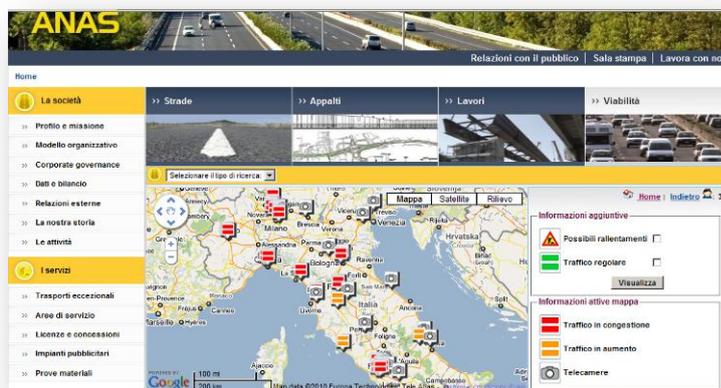


Figura 21: ANAS <http://www.stradeanas.it/traffico/index.php>

Il portale di ANAS riporta le condizioni del traffico sulla rete in gestione, la presenza di anomalie, cantieri, e un servizio di web cam per il monitoraggio in tempo reale del traffico in corrispondenza di sezioni critiche per la viabilità.



Figura 22: Octotelematics <http://traffico.octotelematics.it>

Questo servizio offre il monitoraggio delle principali arterie stradali, integrato con un sistema di camere e consente anche un servizio di informazione su cellulare.



Figura 23: Il Meteo-Traffico [<http://www.ilmeteo.it/viabilita/>]

Essendo uno dei siti più consultati per le previsioni meteo, in questo sito è disponibile anche un servizio di infomobilità.



Figura 24: Roma Corriere [<http://roma.corriere.it/traffico/>]

Questo portale monitora la città di Roma in termini di traffico automobilistico, segnalando la presenza di cantieri, variazioni dei normali sensi di circolazione, ed eventi che possono alterare le normali condizioni di deflusso.

### ***Trasporto pubblico locale***

Per disincentivare l'utilizzo non ottimizzato delle autovetture, i comuni cercano di ottimizzare e rendere più efficiente ed accattivante il trasporto pubblico locale; a tal proposito sono numerosi gli esempi di portali ed applicazioni per

smart phone per ricevere informazioni in tempo reale sulle condizioni ed i percorsi di autobus di linea. Spesso è integrato il servizio di segnalazione delle utenze e valutazione.



Figura 25: Applicazione Iphone Infomobilità

<http://www.iphoneitalia.com/muovimi-informazioni-dettagliate-sui-mezzi-pubblici-di-milano-su-iphone-106738.html>



Figura 26: Esempio di Infomobilità Urbana Firenze

<http://news.comune.fi.it/muoversi/servizi.php?servizi=Servizi>

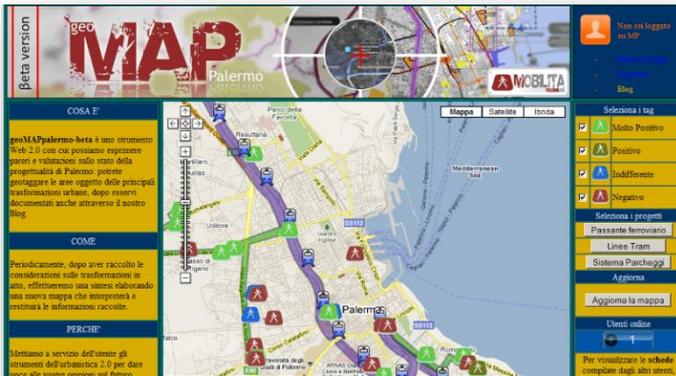


Figura 27: Esempio mobilità trasporto pubblico Palermo  
[http://www.mobilitapalermo.org/mobpa/mobilita\\_guest.html](http://www.mobilitapalermo.org/mobpa/mobilita_guest.html)

## Il “mio percorso” sull’Infomobilità”

Il testo di riferimento in materia di Infomobilità a livello regionale :” *Proposte di Linee Guida per lo sviluppo di servizi di Infomobilità nelle Regioni e negli Enti Locali*” offre uno spunto di riflessione per tracciare un quadro completo dei servizi ritenuti fondamentali per una ottimizzazione della rete e dei sistemi di trasporto mediante l’impiego delle nuove tecnologie sia nel campo dell’acquisizione dati, sia sul versante della comunicazione delle informazioni.

Già nelle premesse del documento, infatti si riflette sull’apporto delle nuove tecnologie dell’informazione per “ regolare e limitare i flussi di traffico con conseguente beneficio sulla qualità della vita”, auspicando, al fine del perseguimento di tale obiettivo, una considerevole partecipazione da parte delle imprese locali.

Dall’analisi della tassonomia dei servizi riportata nel documento, ed in relazione alle realtà più consolidate nel settore dell’infomobilità, cercando inoltre di interpretare le esigenze del territorio sul quale la mia ricerca è contestualizzata, ho privilegiato l’approfondimento di alcune tematiche.

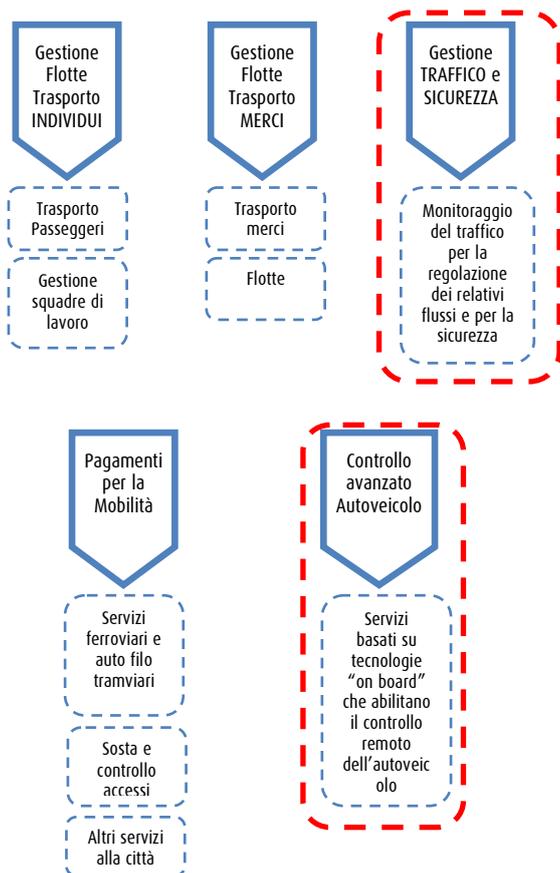


Figura 28: Schema dei servizi di Infomobilità

In sintesi i servizi fondamentali per la mobilità informata devono consentire:

- all'utente generico, di scegliere ed utilizzare secondo criteri di ottimizzazione di tempistiche e risorse gli itinerari più convenienti o le modalità di trasporto più efficienti;
- all'operatore, di sfruttare al meglio la capacità e migliorare la sicurezza dell'infrastruttura, a costi relativamente contenuti
- al gestore di flotte, di conoscere la situazione dei mezzi, determinare le rotte più efficienti, aggiornare il cliente sulla consegna;
- ai fornitori dei servizi (i quali possono elaborare i dati provenienti da dispositivi e sistemi di monitoraggio, tele-controllo, ecc.) di rendere disponibili ai passeggeri, agli operatori, ai gestori, le informazioni necessarie per poter ottimizzare le proprie scelte ed operare in un contesto più sicuro.

### *Esperienza di riferimento*

Come esperienza di riferimento per la mia attività di ricerca, che abbraccia tutti i servizi precedentemente esposti e fornisce soluzioni tecnologicamente avanzate è il progetto SAFESPOT <http://www.safespot-eu.org/>.

Il progetto, finanziato dall'UE, SAFESPOT ("Cooperative systems for road safety "Smart Vehicles on Smart Roads") sta sviluppando sistemi di comunicazione cooperativa tra infrastrutture e veicoli per acquisire e divulgare informazioni riguardanti la sicurezza.



**Figura 29: Obiettivo del progetto**

Il progetto nasce dalla collaborazione di diversi centri di ricerca europei, case automobilistiche ed industrie telematiche, che nutrono la convinzione che

riunire dati provenienti da sensori stradali, autocarri e automobili aiuterà significativamente la prevenzione di incidenti .

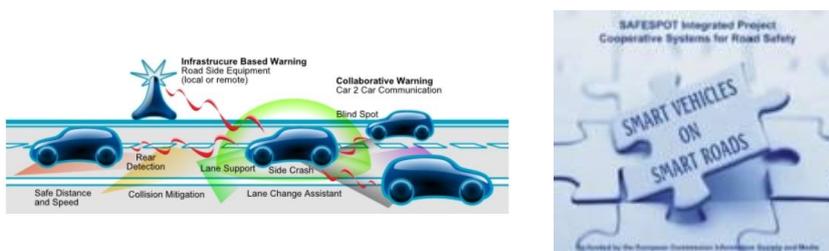
Mediante la segnalazione anticipata di criticità sulla strada, consigli ai veicoli in avvicinamento, e attraverso segnali al margine della strada o direttamente a unità di bordo, i guidatori avranno margini di tempo sufficienti per correggere la loro condotta di guida.

I membri del consorzio credono che la telematica (l'uso integrato di telecomunicazioni e informazione) permetterà ai veicoli di diventare più "intelligenti". Oggigiorno i veicoli usano il sistema di posizionamento globale (GPS) per migliorare le proprie capacità di navigazione e sistemi basati su telecamere facilitano il cambio di corsia. SAFESPOT mira ad aiutare i veicoli a comunicare l'uno con l'altro usando la telematica nei loro sistemi "vehicle-to-vehicle" (V2V), che sono attualmente in corso di sviluppo.

Secondo i partner, il progetto ha in programma anche di lanciare il sistema "vehicle-to-infrastructure" (V2I), che stabilisce un sistema di supporto per la guida il quale aumenta la sicurezza attiva, aprendo nuovi scenari alla prevenzione di incidenti ed abbattere il numero delle vittime della strada.

In breve, sono tre le tecnologie innovative che formano la base del sistema cooperativo di SAFESPOT: localizzazione cooperativa precisa, carte locali dinamiche e reti di comunicazione ad hoc.

**Smart Vehicles  
on  
Smart Roads**



**Figura 30: Veicoli intelligenti-Infrastrutture intelligenti**

SAFESPOT è coordinato dal gruppo italiano Centro Ricerche Fiat SpA e tra i suoi partner sono presenti Continental (Germania), il Centro di ricerca e tecnologia (Grecia), la Budapest University of Technology and Economics (Ungheria), l'Amministrazione stradale svedese (Svezia) e l'Organizzazione dei Paesi Bassi.

## **QUADRO DI CONOSCENZA: CARATTERIZZARE LA RETE ED IL TERRITORIO**

Per garantire una corretta gestione del territorio, delle risorse naturali e del patrimonio infrastrutturale è necessario disporre di efficaci strumenti di pianificazione e gestione: affinché tale condizione sia perseguibile è necessario disporre di una forte base conoscitiva del territorio sotto tutti i suoi aspetti e dinamiche, ma anche coinvolgere e rendere attori coscienti cittadini e stakeholders.

Tale processo è stato facilitato dalla massiccia diffusione tecnologica degli ultimi anni, che ha reso disponibili sul mercato un ampio ventaglio di dispositivi per l'acquisizione di dati sul territorio, a costi sempre più accessibili, favorendone l'impiego e l'integrazione su piattaforme tecnologiche dedicate.

I nuovi dispositivi originano flussi informativi di diverse tipologie, orientati all'indagine di particolari aspetti del territorio, aggiornati e dettagliati; i dati prodotti possono essere integrati ed ottimizzati con le risorse estraibili dai giacimenti informativi, al fine di realizzare e rendere disponibili dati informativi congrui con la domanda espressa dalla società civile, per una corretta ed efficiente governance del territorio e delle opere d'ingegneria su di esso presenti.

Un sistema efficiente di infomobilità, inserendosi all'interno del panorama degli I.T.S., non può prescindere da una forte base conoscitiva relativa al territorio in esame, (frutto dell'integrazione di dati ancillari, immagini e dati da piattaforme di rilievo), successivamente integrata ed aggiornata con i flussi di informazione dinamica provenienti dalle reti di monitoraggio diffusa, che convogliano informazioni sempre più aggiornate e dettagliate sulle condizioni di traffico ed ambiente, a cui possono contribuire anche le segnalazioni provenienti dalla comunità.

**Quadro di conoscenza**

**Le risorse**

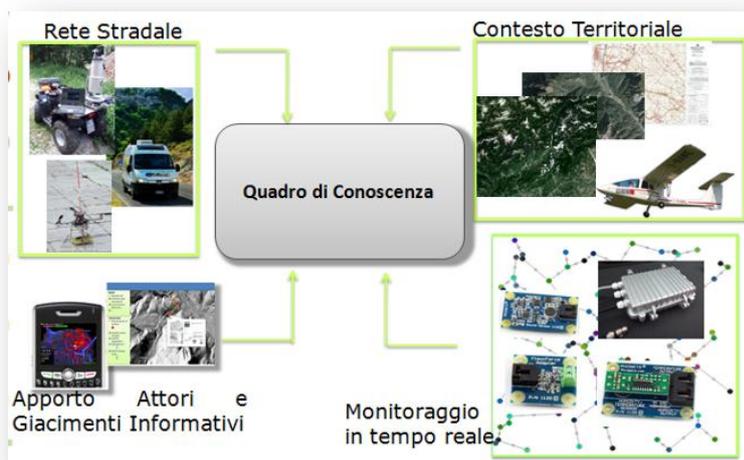


Figura 31: Quadro conoscitivo

## Risorse

### *I giacimenti informativi*

E' evidente che, sotto tale ottica, il primo passo da compiere consista nella creazione di un quadro conoscitivo comprendente non solo le informazioni relative alla rete stradale, ma coinvolga il contesto territoriale, ambientale e sociale all'interno del quale il complesso infrastrutturale si colloca.

A tale proposito un patrimonio consistente di informazioni può essere individuato nei giacimenti informativi presso Enti pubblici e privati, che molto spesso risultano inesplorate e poco utilizzate in relazione purtroppo ne azzerano il potenziale non condividendo i loro dati con soggetti esterni.

Mediante l'organizzazione e la fruizione di un repertorio di informazioni adeguatamente organizzate è possibile acquisire conoscenza di condizioni morfologiche, sociali, ed ambientali in genere.

- ARPA
- Istat
- Vigili del fuoco, Polizia Stradale, Polizia Locale.
- Gestori di Reti energetiche

Ma ancor più utili potrebbero rivelarsi in questa ricerca dati storici in relazione alle caratteristiche della rete, flussi di traffico, piano di manutenzione delle opere accessorie, dati di campagne di rilievo preesistenti.

Tra questo soggetti si possono individuare a titolo d'esempio:

**Sistema integrato**

- Enti preposti alla gestione della rete stradale ( ANAS, Veneto Strade)
- Enti Locali( Regioni, Province, Comuni)
- Protezione Civile, Polizia,
- Gestori Trasporto Pubblico Locale, Gestori della raccolta e smaltimento rifiuti

Non è inoltre da sottovalutare il contributo di altri soggetti privati o professionisti del settore, basato ad esempio su panel interview.

### *Contributi delle utenze*

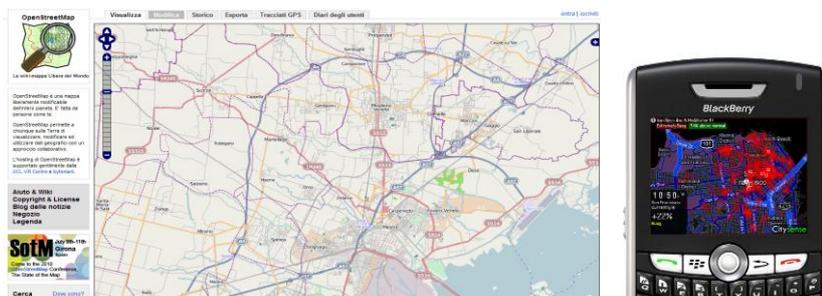
Apporto importante per acquisire dati importanti al fine di una corretta e sicura mobilità deriva dal contributo delle singole utenze.

Il punto di vista dell'utente in mobilità è interno al servizio o al flusso di traffico, ciò consente di avere una visione reale del fenomeno che può sfuggire ad un gestore che rimane un osservatore esterno: possono segnalare criticità nella circolazione, inadempimenti del servizio di trasporto pubblico, incidenti o situazioni di pericolo.

Inoltre i singoli utenti della strada sono cittadini che possono segnalare anomalie, criticità o dissesti sull'infrastruttura.

Anche in questo senso il contributo delle nuove tecnologie è stato fondamentale poiché, la grande diffusione di dispositivi di localizzazione integrato in device personali come telefonini, smart phone e navigatori G.P.S. ormai integrati a bordo di numerose vetture hanno reso gli utenti della strada fonti di dati in movimento.

Inoltre sono sorti negli ultimi anni diversi spazi web, che hanno come componente principale software GIS , che consentono la consultazione, sia pre-trip che on-trip, dei migliori itinerari grazie all'aggiornamento in real time delle condizioni di traffico.



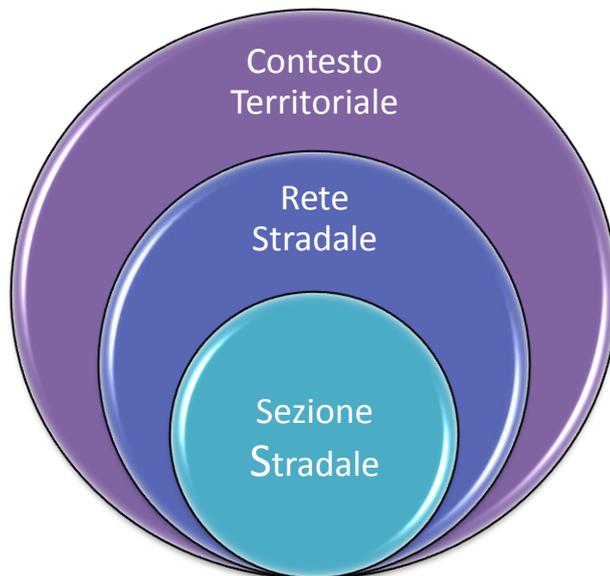
**Figura 32: Servizi di informazione alle utenze**

## **Tecnologie**

Le tecnologie attualmente disponibili consentono la raccolta di dati e la caratterizzazione del territorio e della rete stradale.

Infatti a partire da un contesto più ampio si giunge alla caratterizzazione della rete e della singola opera, in modo da fornire una conoscenza dettagliata e strati di supporto a quelli derivanti dall'attività di monitoraggio.

Secondo questo modello, la costruzione del "quadro di conoscenza" passa attraverso tre fasi: una prima, tesa a caratterizzare la rete stradale intesa in senso proprio; una seconda tesa a caratterizzare il contesto, territoriale e sociale, in cui la rete stradale è inserita; una terza nella quale vengono monitorati gli stress a cui la rete è sottoposta e i cambiamenti che nel tempo intervengono su di essa, anche attraverso la partecipazione collaborativa degli utilizzatori della rete stessa.



**Figura 33:Le tre fasi di acquisizione**

## **Rete stradale**

### *M.M.S. Mobile Mapping System*

Al fine di ottimizzare la gestione della rete stradale si pone la necessità di sviluppare sistemi e procedure che consentano di definire lo stato strutturale e funzionale dell'infrastruttura stradale in maniera oggettiva e di stabilire le

**MMS**

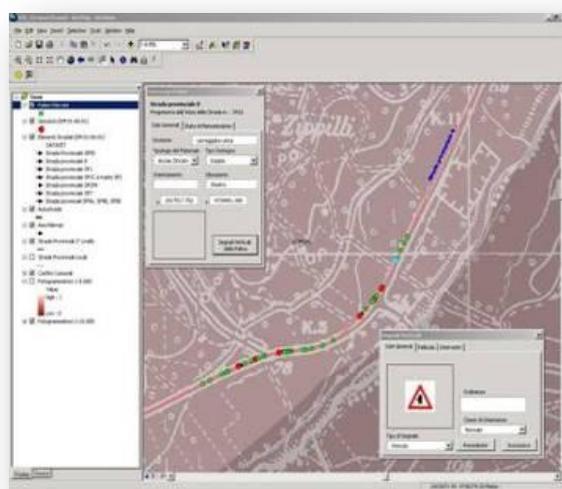
Mobile Mapping System

priorità d'intervento sulla stessa e le più efficaci strategie per innalzare il livello di servizio e ridurre l'incidentalità sulle strade.

Il primo obiettivo da perseguire nella costruzione di una sistema informativo focalizzato sulle tematiche della viabilità consiste nella costruzione di uno strato informativo di base in termini di grafo di rete, (rappresentazione in termini di primitive semplici dell'andamento planimetrico del tracciato) .

Esso rappresenta il fondamento cartografico necessario all'inserimento di qualsiasi altra informazione connessa all'infrastruttura viaria, sia in termini di attributi stradali (analisi dello stato della pavimentazione, caratteristiche geometriche della sede stradale, segnaletica orizzontale e verticale, impianti di illuminazione, elementi d'arredo urbano, cippi ...) sia in termini di informazioni rivolte alle utenze.

Tale struttura sta alla base della realizzazione del Catasto delle Strade, strumento innovativo finalizzato alla gestione ottimizzata delle infrastrutture e a definire la consistenza della rete stradale e le sue caratteristiche precipue. A tal proposito il riferimento normativo è il D.M. 1/6/2001 "Modalità di istituzione ed aggiornamento del Catasto delle strade" che sancisce le modalità di acquisizione dei dati, le tecniche e le tecnologie impiegabili, la struttura e gli standard di riferimento. Il Catasto delle strade consiste in un database relazionale di informazioni georiferite connessa all'infrastruttura viaria, al fine di definire la consistenza della rete nazionale, realizzato mediante una struttura client-server, gestito ed interrogabile mediante strumenti GIS.



**Figura 34: Esempio di applicazione di Catasto Strade**

La tecnologia attualmente più diffusa per il rilievo dei tracciati è detta M.M.S. Mobile Mapping System : essa consente il rilievo speditivo di degli allineamenti

stradali plano-altimetrici e delle pertinenze, garantendo conforme precisione, a fronte di tempi di esecuzione molto limitati e costi operativi contenuti.

Il sistema permette di fondere qualsiasi tipo di informazione proveniente dal veicolo in corsa, opportunamente attrezzato con specifici apparecchi e sensori (camere digitali, line scan, camere termiche, fonometri, luxometri, dispositivi laser...), con i dati di spaziali acquisiti da un sistema di posizionamento di precisione composto da GPS, sistema di navigazione inerziale ed odometro di precisione.

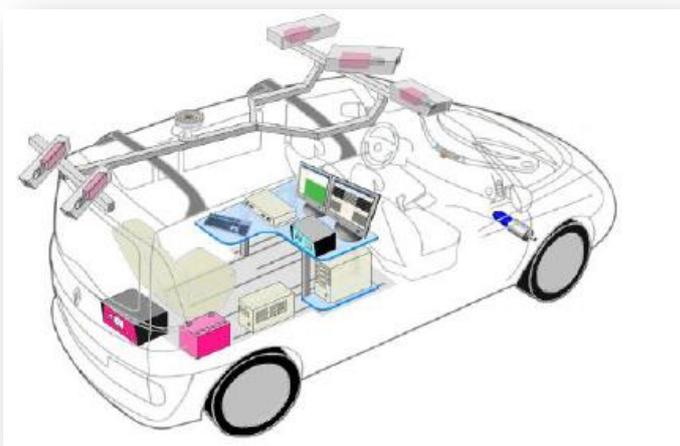


Figura 35: Schema di un M.M.S.

<http://www.ricercasit.it/SummerSchoolFeltre/Content.aspx?page=7>

9

Il sistema consente quindi di riferire i dati raccolti sia ad un determinato punto del tracciato, mediante posizionamento nel sistema di riferimento (WGS84), sia fornire la posizione di un elemento visibile in una immagine della sede stradale mediante elaborazioni di tipo fotogrammetrico, permettendo così la realizzazione e l'aggiornamento di database georeferiti.

L'apporto di tale tecnologia è fondamentale al fine di definire un completo quadro conoscitivo poiché permette il rilievo speditivo delle seguenti caratteristiche:

- Andamento plano-altimetrico del tracciato mediante il sistema di posizionamento di precisione (GPS, INS, odometro di precisione);
- Censimento delle caratteristiche dell'infrastruttura, di tutte le pertinenze presenti sulla sede stradale e di quelle attigue mediante l'avanzato apparato di riprese, e restituzione con tecniche di fotogrammetria, al fine di

Alcune applicazioni

popolare database di dati georiferiti, in modo da rendere agevole le operazioni di gestione dell'infrastruttura.

- Stato di ammaloramento delle pavimentazioni e definizione dei livelli di degrado (secondo classifica AASHTO e indice I.R.I. International Roughness Index), attraverso l'elaborazioni dei dati delle camere matriciali e line-scan, e recentemente, in linea con le più recenti esperienze europee, mediante impiego di termocamere. Tali informazioni consentendo una pianificazione efficiente e funzionale delle pavimentazioni stesse al fine di garantire standard di sicurezza più elevati nella circolazione stradale.

### *Laser Scanner Terrestre*

Il panorama tecnologico offre ulteriori dispositivi che consentono indagini di precisione su limitate porzioni di infrastruttura o particolari criticità in aree limitate del territorio, come per esempio il Laser Scanner terrestre.

Tale dispositivo è in grado di raggiungere accuratissime e idonee per indagini in cui è richiesta una precisione sul dato centimetrica.

Le scansioni permettono così di acquisire in tempi brevi milioni di punti in modo automatico, coniugando alla velocità d'esecuzione un'elevata accuratezza. Esso viene impiegato nella fase di analisi e monitoraggio di diversi scenari, ma rivela grande efficienza nel rilievo architettonico, nel monitoraggio di aree in dissesto e nel rilievo di manufatti o opere d'arte sulle arterie stradali, evitando la chiusura al traffico, poiché non invasivo e non distruttivo.

**Modelli 3D da rilievi Laser Scanner Terrestre**



**Figura 36: Piattaforma di acquisizione Laser Scanner Terrestre**  
[www.ricercasit.it/laserquad](http://www.ricercasit.it/laserquad)

### *Micro UAV*

Una grande innovazione, fondamentale per la caratterizzazione della rete stradale e del contesto territoriale immediatamente limitrofo, è rappresentato dai Micro-UAV, (progetto a cura del Dott. Landelli).

Recentemente gli UAV (acronimo di Unmanned Aerial Vehicle) e in particolare i micro-UAV (con peso inferiore ai 2 chilogrammi in assetto di volo) rappresentano l'ultima frontiera per la ripresa del territorio ad alta risoluzione e a bassa quota di volo, grazie allo sviluppo e diffusione di sensori sempre più specializzati e geometricamente più performanti che fanno del telerilevamento un segmento di ricerca in costante innovazione.



Figura 37: Microdrone UAV [www.ricercasit.it/microdroneuav](http://www.ricercasit.it/microdroneuav)

Tale tecnologia consente l'acquisizione di immagini georiferite e dati ambientali da una architettura sensoristica trasportata a bordo del velivolo: i flussi di dati che producono sono complementari ed integrativi rispetto ai rilievi con veicolo ad alto rendimento, con dispositivi di scansione laser ed ispezioni a terra.

Alla categoria degli micro-UAV appartengono diverse tipologie di velivoli: quadricotteri, esacotteri, otto rotori: la caratteristica comune è la scala ridotta della piattaforma, (da un minimo di 60x60cm ca.), composta da un telaio portante in alluminio o fibra di carbonio, in grado di volare grazie alla spinta di motori ad elica brushless controllati da regolatori di velocità dedicati ad ogni singolo motore mediante radiocomando.

La micro piattaforma è dotata di sistema di posizionamento di precisione GPS e sistema di stabilizzazione e controllo dell'assetto di volo mediante piattaforma inerziale triassiale di precisione; la componente di ripresa video consiste in una camera ad alta risoluzione montata o nel corpo del velivolo o su una culla

stabilizzata giroscopicamente che consente sia prese nadirali , sia foto prospettiche.



**Figura 38 :Camera con culla stabilizzata**

Il valore strategico del dispositivo si può inequivocabilmente identificare nella capacità di raggiungere ed ispezionare luoghi difficilmente raggiungibili ed acquisire in tempi brevi la necessaria documentazione fotografica da cui desumere in fase di post processing sia informazioni di carattere qualitativo sulle condizioni delle opere, sia possibilità di effettuare misurazioni e stime volumetriche a seguito di idoneo processo di ortorectifica e trattamento delle immagini.

Il suo impiego si rivela risolutivo nel caso di ispezioni di impalcati di ponti, poiché in grado di raggiungere in pochi secondi quote superiori ai 300m dal suolo ed effettuare riprese ravvicinate, o in ispezioni di pendii o ammassi instabili , senza creare situazioni di pericolo per gli operatori che altrimenti sarebbero costretti a raggiungere le opere stesse fisicamente.

In fase di rilievo il quadrotore si rivela uno strumento versatile , poiché il sistema di sensori a bordo può essere variata in funzione della finalità di rilievo, ( camere termiche, multi spettrali, camere e telecamere ad alta risoluzione).



**Figura 40: Veduta nadirale del centro storico di Feltre**



**Figura 39 : Ripresa prospettica di una infrastruttura stradale.**

## **Contesto Territoriale**

Al fine di perseguire una efficiente gestione territoriale è fondamentale disporre di una profonda conoscenza del territorio e delle dinamiche e dei mutamenti che lo interessano: in particolare, in relazione al settore delle infrastrutture stradali è fondamentale riuscire a caratterizzare in maniera accurata il contesto territoriale e sociale nel quale il complesso stradale si colloca.

Ciò consente di analizzare e comprendere le interazioni tra opera ed ambiente circostante e la gamma di potenziali benefici che tale intervento può comportare a livello sociale.

Attualmente sono disponibili diverse tecnologie per l'acquisizione di informazione territoriale a media e grande scala, integrabili con informazioni provenienti da giacimenti informativi preesistenti.

Al fine di contestualizzare l'area di interesse all'interno di una scala territoriale più vasta è di fondamentale importanza accedere a strati informativi diversi.

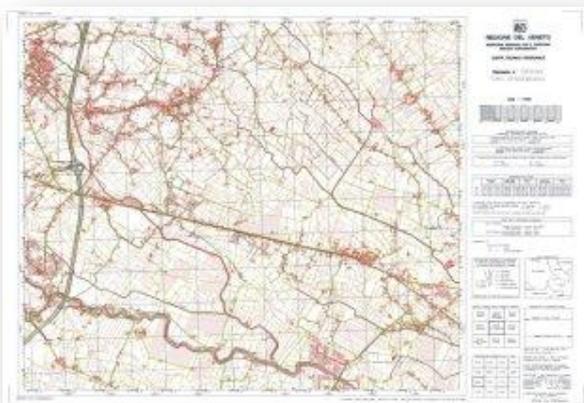
**Conoscenza del contesto territoriale**

### **Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN)**

Per un corretto inserimento territoriale a scala vasta

Le scale di rappresentazione adottate sono la scala 1:5000 per la quasi totalità del territorio regionale e la scala 1:10000 per le zone scarsamente urbanizzate.

Il sistema di riferimento adottato per la formazione della Carta Tecnica Regionale è il Sistema nazionale Gauss-Boaga, la cartografia riporta anche i riferimenti geografici e le coordinate del sistema UTM.



**Figura 41:Carta Tecnica Regionale Numerica**

## Ortofoto

Foto aerea geometricamente corretta mediante un processo di ortorettifica, modo tale che la scala della rappresentazione della fotografia sia uniforme, cioè la foto può essere considerata equivalente ad una mappa e può essere usata per misurare distanze reali, in quanto essa raffigura una accurata rappresentazione della superficie della Terra. Tale sistema di acquisizione immagini può essere impiegato nella gestione dell'area urbana e individuazione di abusi edilizi, per le pratiche di valutazione di incidenza, VIA, VAS, collaudi, nulla osta, per il monitoraggio di cave e discariche, monitoraggio fluviale e costiero, e naturalmente con fini di monitoraggio di infrastrutture lineari: strade, ferrovie, condotte e reti elettriche.



Figura 42: SkyArrow e Ortofoto  
[www.ricercasit.it/skyarrow/](http://www.ricercasit.it/skyarrow/)

### *Immagini satellitari*

Le immagini SPOT riescono a soddisfare esigenze d'informazioni geografiche in molti campi: cartografia, difesa, agricoltura, progettazione urbana e telecomunicazioni, l'ambiente. Le immagini acquisite con il sensore SPOT sono utilissime come fonte d'informazione per studiare, monitorare, prevedere e indirizzare le attività geografiche e come supporto per la pianificazione del territorio.



**Figura 43:Immagine satellitare**

Mentre scendendo ad una scala inferiore, cioè alla scala dell'area strettamente interessata dell'infrastruttura in esame, con un buffer di 10 Km, è possibile indagare porzioni di territorio sufficientemente ampie ricorrendo all'impiego delle seguenti tecnologie:

- Rilievo LIDAR (Light Detection and Ranging) Quest'ultima è una tecnica di telerilevamento da velivolo, che permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser. Il lidar usa lunghezze d'onda ultraviolette, nel visibile o nel vicino infrarosso; questo rende possibile localizzare e ricavare immagini e informazioni su oggetti molto piccoli, di dimensioni pari alla lunghezza d'onda usata. Attraverso i lidar aerotrasportati è possibile costruire modelli digitali del terreno e della superficie (DTM DSM) ad altissima precisione.

## **NUOVE RISORSE CONOSCITIVE:STRUMENTI E TECNOLOGIE DISPONIBILI PER IL MONITORAGGIO DEI FLUSSI DI TRAFFICO**

### ***Il Paradigma del Monitoraggio:il contributo delle nuove tecnologie alla conoscenza del territorio***

Il balzo tecnologico degli ultimi anni ha reso disponibili sul mercato una varietà di dispositivi per l'acquisizione di dati sul territorio a costi sempre più accessibili, favorendo la diffusione e l'integrazione su diverse piattaforme tecnologiche. I flussi informativi che ne derivano contribuiscono alla realizzazione di starti informativi, integrati con quelli provenienti da giacimenti preesistenti, al fine di corrispondere alla domanda di conoscenza espressa dalla società civile, a supporto di un più consapevole ed efficiente governance del territorio.

L'esistenza di sensori di piccole dimensioni e basso consumo permette di usare tecnologie sempre meno invasive ed intrusive, articolate in rete di sensori diffuse in maniera capillare su territorio, al fine di ottenere una mappatura sul territorio senza soluzione di continuità, supportata anche dalla creazione di modelli di analisi.

La tendenza attuale, in tale settore è quella di scendere ad una scala di dettaglio maggiore, analizzare aree meno estese in maniera continua nella dimensione temporale, ma clusterizzata su grande estensione, permettendo di ricostruire, in fase di elaborazione l'andamento territoriale delle grandezze analizzate.

Dalle vaste coperture delle immagini satellitari, delle indagini avioniche o degli stessi veicoli ad alto rendimento per la copertura stradale afferenti al Paradigma dell'immagine, si passa ad un dettaglio più spinto e a dimensioni di indagini ridotte nel nuovo Paradigma del Monitoraggio, con aree di copertura di circa 25-30 m2 per sensore.

La diffusione di diverse tecnologie di posizionamento (GPS, Wi-Fi, WSN, etc), entrate sempre più frequentemente a far parte delle nostre abitudini quotidiane poiché integrate in dispositivi di uso comune (fonia mobile, macchine fotografiche e palmari) crea nuovi flussi informativi con componente posizionale. Tale processo rende partecipi del sistema integrato di informazioni anche utenti non esperti mediante semplici servizi di segnalazione e geotagging, alla luce del noto concetto di web 2.0 .

**Nuovo paradigma del monitoraggio del territorio**

## **Il Monitoraggio**

La fase di monitoraggio riveste un ruolo strategico per una corretta gestione sia del patrimonio infrastrutturale sia ambientale del territorio.

Mediante una rete di dispositivi posizionati in maniera capillare sull'area di interesse, sia direttamente sull'infrastruttura, così da poter cogliere le caratteristiche dei flussi di traffico in termini di densità e velocità di deflusso, della composizione delle flotte, sia nelle immediate vicinanze, al fine di determinare la variazione di parametri ambientali come inquinamento acustico, presenza di polveri e gas, e degli altri parametri ambientali direttamente correlabili con una forte presenza veicolare.

I flussi informativi alimentano in maniera continua database che sono la base di un sistema I.T.S. finalizzato a servizi di infomobilità.



**Figura 44: Architettura di monitoraggio**

### *Sensori infrastructure based*

Di seguito si riporta una raccolta di dispositivi utilizzati per il monitoraggio dei flussi di traffico che prevedono la collocazione direttamente sull'infrastruttura; dai parametri da essi misurati è possibile dedurre variabili fondamentali per l'analisi del deflusso veicolare, quali:

- Flusso (veicolo/h)
- Densità (veicolo/km)
- Velocità (Km/h)

### **Sensori Infrastructure based**

A queste grandezze strettamente legate alle condizioni dei flussi di traffico se ne possono associare altre derivate che concorrono a restituire un quadro informativo più completo della viabilità, come:

- grandezze complementari (tasso di occupazione, presenza di un veicolo, lunghezza della coda);
- caratteristiche dei veicoli e loro classificazione
- infrazioni (eccessi di carico o velocità)
- condizioni meteorologiche e parametri ambientali (temperatura, umidità, presenza di nebbia, vento, neve, livello di pressione sonora).

I dispositivi fissi, detti anche infrastructure based sono essenzialmente costituiti da due parti:

- un sensore che viene sollecitato al passaggio del veicolo
- un rilevatore che registra il dato prodotto dal sensore e lo trasforma in dato di traffico;

possono essere inoltre divisi tra intrusivi, se il sensore viene annegato nella pavimentazione, o non intrusivi se viene posto in prossimità della carreggiata.

Naturalmente per evitare oneri nella posa in opera e facilitare le operazioni di rimozione e manutenzione si prediligono sensori del secondo tipo, a parità di performance.

I sensori vengono posizionati, in relazione alle loro specifiche tecniche, in corrispondenza di sezioni stradali che sono state classificate come significative a partire dall'analisi delle informazioni provenienti dalle altre fonti informative.

### **Tubi pneumatici**

È la tipologia più antica di sistema per il conteggio dei flussi di traffico; basa il suo funzionamento su un tubo cavo di gomma di diametro esterno dell'ordine dei 12mm (sensore), posizionato sulla pavimentazione ortogonale alla direzione del flusso, e collegato ad un ricevitore che funge da contatore.

Al passaggio del veicolo lo schiacciamento del tubo genera un'onda di pressione che aziona un interruttore, incrementando il contatore.



**Figura 45: Contatore per il rilevamento con tubi pneumatici**

Uno dei vantaggi di tali dispositivi sta nella facilità di installazione, ma tuttavia non risultano essere sufficientemente precisi ( con errori superiori al 20% nel caso di flussi molto sostenuti) e possibilità frequente di rottura meccanica per distacco.

#### **Cavi triboelettrici**

Questo sistema prevede come sensore un cavo triboelettrico, formato da un conduttore centrale ( fili d'acciaio), circondato da materiale dielettrico, da un anello esterno di fili d'acciaio intrecciati liberamente intorno al dielettrico, con rivestimento in plastica.

Il cavo dielettrico è posizionato ortogonalmente alla direzione di percorrenza della corrente veicolare, e quando viene sollecitato dal passaggio il materiale dielettrico viene elettrizzato per contatto con l'anello d'acciaio, incrementando il contatore del ricevitore.

I cavi hanno un funzionamento analogo ai tubi pneumatici, ma risultano più robusti.

#### **Spire ad induzione magnetica**

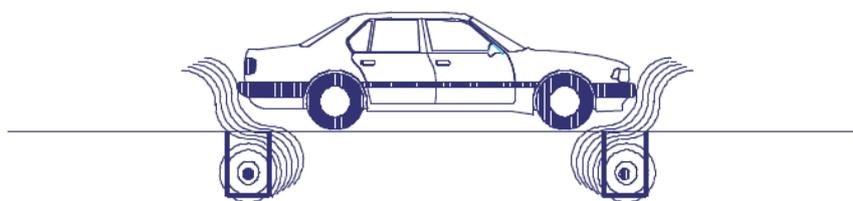
Tale sistema risulta composta da spire induttive posizionate secondo un rettangolo sulla carreggiata, e collegate ad un ricevitore al margine stradale.

Il funzionamento del dispositivo è bastato sulla variazione del campo magnetico causato dal passaggio della massa metallica, riducendo l'intensità di corrente nella spira.

Tale dispositivo consente di valutare anche il tasso di occupazione della corsia e la densità veicolare; posizionando inoltre due configurazioni di spire a distanza nota è possibile valutare anche la velocità.



**Figura 46: Spire ad induzione magnetica**



**Figura 47: Funzionamento delle spire ad induzione**

Tali dispositivi hanno vantaggi in termini di facilità di posa in opera, a fronte di costi contenuti; tuttavia sono soggette ad errori consistenti.

### **Sensori magneto dinamici**

Il funzionamento di tali sensori valuta l'alterazione locale del campo magnetico terrestre generato dal passaggio di una massa metallica, mediante un sensore GMR Giant Magneto Ratio. Tale sensore è in grado inoltre di valutare la velocità di transito in funzione della velocità di variazione del campo magnetico.

Riescono quindi a valutare: passaggio, tempo di occupazione, lunghezza e quindi classificazione.

Tali sistemi possono essere posizionati sia all'interno della pavimentazione, che più superficialmente, in posizione centrale sulla corsia; presentano facilità di installazione, lunga autonomia, e precisioni elevate.



Figura 48: Sensore magneto dinamico

### Magnetometri MEMS

Una alternativa recente è rappresentata da magnetometri con tecnologia MEMS (Micro Electro Mechanical Machines) in cui all'interno del chip è presente una sfera microscopica immersa in un liquido termostatico.

In questo modo quando si avvicina una massa magnetica, la sfera si muove variando la configurazione magnetica all'interno del chip.

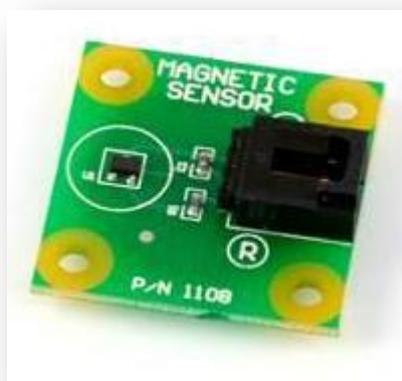


Figura 49: Sensore magnetico MEMS

[http://www.phidgets.com/products.php?product\\_id=1108](http://www.phidgets.com/products.php?product_id=1108)

### Sensori a microonde

Tra i sensori non intrusivi si possono collocare i sensori basati su tecnologie radar ad effetto Doppler o radar di presenza.

Vengono collocati in adiacenza alla sede viaria orientati in corrispondenza del flusso.

Per quanto concerne i rada ad effetto Doppler sono costituiti da un'antenna direzionale che emette onde elettromagnetiche con frequenza costante (10 GHz) e misura l'onda riflessa da veicolo in transito, che presenta una frequenza variata rispetto a quella di partenza.

La differenza tra frequenza emessa e quella riflessa viene detta frequenza Doppler-Fizeau , proporzionale alla velocità istantanea  $v$  , inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda emessa  $\lambda$ , e dall'angolo tra il fascio del sensore e il vettore velocità del flusso di traffico. E' evidente quindi che il dispositivo effettua anche la valutazione della velocità istantanea, con problemi di rilevazione di veicoli viaggianti a velocità molto basse.



Figura 50: Radar Doppler



**Figura 51: Rilevatore traffico radar EasyData**

I radar di presenza, invece, emettono una frequenza modulata, variabile nel tempo, che permette una corretta rilevazione anche dei veicoli lenti o fermi, ed il tasso di occupazione della carreggiata.



**Figura 52: Radar di presenza**

La tecnologia radar a microonde, in generale, non è influenzata dalle condizioni atmosferiche, non è intrusiva, presenta costi di start up più elevati ma ottimi rendimenti nel tempo, visti anche i bassi costi di manutenzione.

### Sensori a raggi infrarossi

Anche questi sensori sono non intrusivi e possono essere alloggiati su dei supporti, come pali e portali, orientati verso la corrente veicolare.

I sensori a raggi infrarossi possono essere attivi o passivi; i primi sono caratterizzati da una sorgente di raggi infrarossi, solitamente al diodo laser, ed un ricevitore. Al passaggio del veicolo si registra l'interruzione del fascio, segnalandone la presenza; inoltre disponendo in serie due di questi dispositivi a distanza nota è possibile risalire alla velocità del mezzo, mediante l'azionamento di un cronometro in maniera automatica al passaggio sulla prima sezione.



**Figura 53: Sensore a raggi Infrarossi di tipo attivo ( 2 sensori)**

I sensori di tipo passivo, invece sono dotati di un ricevitore in grado di rilevare la variazione delle radiazioni emesse dalla pavimentazione stradale o dalla superficie dei veicoli transitanti.



Figura 54: Radar a infrarosso passivo

### Sensori acustici

Questa tipologia di sensori si può classificare in : sensori ad ultrasuoni ( o acustici attivi) e acustici passivi.

Un sonar ad ultrasuoni è formato da un generatore e ricevitore di onde sonore che basa il suo funzionamento sulla misura del tempo di volo tra l'emissione del segnale ed il ritorno del suo eco riflesso da una superficie.

Dalla misura del tempo di volo si risale alla distanza dell'oggetto riflettente, nota la velocità di propagazione del suono.

Il dispositivo consente quindi sia la misurazione del flusso di traffico, sia la valutazione del tasso di occupazione della corsia, la classificazione e la stima della velocità tramite l'impiego di due sonar a distanza nota.

I dispositivi hanno dimensioni ridotte, facilitando anche le operazioni di installazione, risentono tuttavia delle condizioni atmosferiche.



Figura 55: Sonar ad ultrasuoni-  
<http://www.phidgets.com>

I dispositivi acustici passivi sono costituiti da una serie di microfoni direzionali che formano il rilevatore acustico, collegato ad un apparecchio che registra i segnali.

Esso basa il riconoscimento dei veicoli in relazione alla misura del rumore emesso dallo stesso, in particolare in riferimento al rumore prodotto dalle parti meccaniche ed all'interazione pneumatico con la superficie stradale.

Gli elaboratori acustici più recenti sono in grado di riconoscere l'immagine acustica, cioè il locale aumenti di energia sonora di tutti i veicoli, e di seguirne il percorso all'interno dell'area di indagine.

E' possibile in questo modo, rilevare oltre al passaggio, il tasso di occupazione, la classificazione dei veicoli e la velocità.

Tali sensori inoltre non sono influenzati dalle condizioni atmosferiche e dalle velocità.



**Figura 56: Sensore acustico passivo**

### **Trattamento automatico delle immagini**

Tali sistemi si basano sull'utilizzo di telecamere che acquisiscono con continuità le scene del deflusso di traffico, assolvendo anche alla funzione di sorveglianza. Desumere da fotogrammi parametri significativi delle condizioni del deflusso veicolare non è una procedura semplice: attraverso appositi software, basati su precisi algoritmi in grado di riconoscere e confrontare all'interno delle immagini, sagome teoriche di veicoli.

Un sistema di trattamento automatico delle immagini è composto da tre dispositivi:

- telecamere (analogiche o digitali) per la presa delle immagini video;
- dispositivo di trasmissione flusso dati
- elaboratore software immagini

Si possono inoltre classificare due categorie di sistemi per l'acquisizione automatica di immagini in relazione alla dimensione del dominio spaziale di riferimento:

- sistemi di trattamento di zone limitate dell'immagine
- sistemi di trattamento dell'intera immagine

I sistemi della prima categoria trattano piccole porzioni dell'immagine ritenute significativa, realizzando spire virtuali: essi fanno uso di un'immagine di riferimento con cui la situazione reale viene confrontata istantaneamente.

Tale metodologia presenta maggiore precisione sui dati nel caso di sezioni ben definite, specialmente su grandi arterie ove è più semplice l'individuazione delle diverse correnti e delle manovre.

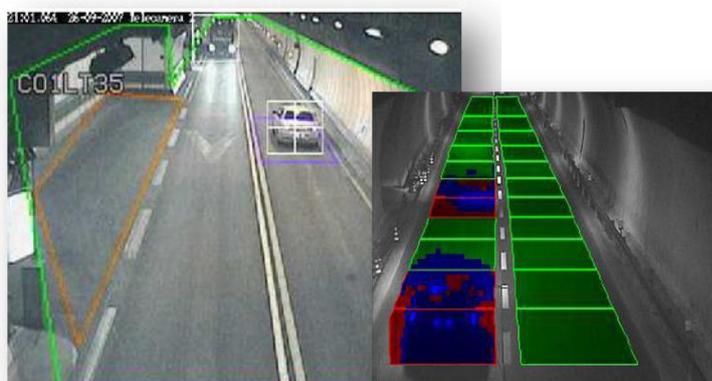


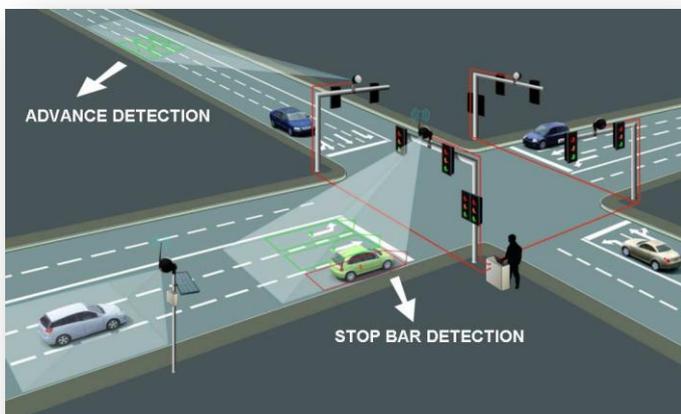
Figura 57: Riconoscimento veicoli con spire virtuali  
<http://www.aitek.it/>

La consistenza dei flussi e la determinazione della velocità e la classificazione avviene per analisi di tratti sul fotogramma inferiore alla decina di metri.

Tali sistemi sono influenzati dalle condizioni ambientali e risultano poco veritieri nel caso di evidenti cambi di regine di traffico repentini.



**Figura 58: Trattamento automatico delle immagini**



**Figura 59: Schema di funzionamento spire virtuali**

I sistemi della seconda categoria, invece, procedono all'analisi della totalità dell'immagine; l'elaborazione si basa sull'impiego di algoritmi di individuazione ed inseguimento, fondato sul confronto dei fotogrammi, che consente il riconoscimento delle traiettorie dei veicoli,

I sistemi forniscono non solo i parametri fondamentali del traffico (portata, velocità, tasso di occupazione, densità), ma tramite lo studio delle traiettorie consente anche l'individuazione di anomalie.

Il sistema è tuttavia fortemente influenzato dalle condizioni ambientali e climatiche, mascheramenti da alberature, effetti di distorsione.

Uno dei vantaggi è quello di assolvere anche a funzioni di sicurezza e sorveglianza, ed avere a disposizione grandi moli di dati.

### Confronto tra i metodi

La precedente carrellata di sensori vuole avere scopo esemplificativo delle diverse tecnologie ad oggi disponibili.

E' evidente che in relazione al tipo di traffico presente su un'infrastruttura, ed in relazione alla finalità del rilievo è possibile scegliere le architetture di sensori più rispondenti allo scopo.

Si riportano di seguito due tabelle riassuntive delle caratteristiche e delle finalità dei dispositivi.

Tecnologia	Flusso	Velocità	Occupazione	Classificazione	Densità	Distanziamento	Tempo di arresto	Detezione Incidenti	Numero corsie
Spire Induttive	X	X	X						1
Magnetici	X	X	X						1
Infrarossi Passivi	X								1
Infrarossi Attivi	X	X		X					1
Doppler/ Microonde	X	X							1*
Ultrasuoni	X	X	X	X					1
Acustici	X	X	X						1
Video	X	X	X	X	X	X	X	X	>1

\*Non sempre è possibile distinguere fra le singole corsie.

Tecnologia	Posizionamento	Montaggio	Calibrazione	Manutenzione	Affidabilità
Spire Induttive	B	-	+	+	+
Magnetici	B	-		+/-	-
Infrarossi Passivi	A+B	+	+	+	+/-
Infrarossi Attivi	A+B	+	+/-	+	+/-
Doppler/ Microonde	A	+	+	+	+/-
Ultrasuoni	A+B	+	+	+	+
Acustici	B	+	+	+	+
Video	A+B	-	-	-	+/-

A = Alto; B = Basso

+ Vantaggioso rispetto alle caratteristiche indicate

- Non vantaggioso rispetto alle caratteristiche indicate.

Per ottenere una valutazione più accurata dei flussi di traffico sono presenti sul mercato dei dispositivi che integrano più di una tecnologia di rilievo, ad esempio :



Figura 60: Sensore a tripla tecnologia <http://www.ststraffic.it/prodotti/tripla.asp>

I detector ASIM a tripla tecnologia utilizzano una combinazione di radar doppler, ultrasuoni e infrarossi passivi in un'unica apparecchiatura.

Essi sono ideali per diverse applicazioni di controllo traffico per le quali in passato venivano utilizzate le spire induttive:

- Classificazione veicoli (gli ultrasuoni ne rilevano il profilo)
- Conteggio di tutti i tipi di veicoli
- Velocità dei veicoli
- Rilevamento presenza e code
- Misurazione di: occupazione, headway e gap
- Elevata precisione di rilevamento

Oltre a sensori che colgono le caratteristiche proprie dei flussi di traffico, al fine di garantire sicurezza attraverso servizi di infomobilità, è essenziale disporre di ulteriori informazioni, come ad esempio le condizioni fisiche dell'infrastruttura; a tal proposito esistono in commercio diverse tipologie di sensori atti a definire alcune caratteristiche della pavimentazione e delle condizioni ambientali strettamente legate col tema della sicurezza.

### Sensore monitoraggio condizioni manto stradale



Figura 61: sensore condizione pavimentazione <http://www.lsi-lastem.it/>

Il sensore , montato a diretto contatto con la pavimentazione, fornisce i seguenti parametri:

- Misura della temperatura superficiale dell'asfalto (-30 +70°C).
- Misura dell'altezza dello strato d'acqua presente sull'asfalto (0-4mm).
- Calcolo della temperatura di formazione di ghiaccio sull'asfalto per diversi tipi di sali disciolti utilizzati (NaCl, CaCl, MgCl).
- Determinazione delle condizioni dell'asfalto (asciutto, umido, bagnato, ghiacciato o innevato, presenza di sale)

### Sensore visibilità



Figura 62: sensore visibilità <http://www.lsi-lastem.it/>

Il sensore viene utilizzato per monitorare le condizioni di visibilità in un campo da 10m a 2 km. Un emettitore a LED infrarossi proietta la luce in un volume determinato. Questo fascio luminoso, modificato per il fenomeno dello scattering , viene captato da un ricevitore e l'uscita del sensore è proporzionale alla visibilità riscontrata.

*Sensori non infrastructure based-Vehicle to Infrastructure Communication*

***Floating Car Data***

Altra metodologia di monitoraggio del traffico stradale si basa sull'utilizzo di dispositivi mobili, installati a bordi di veicoli pilota che percorrono la rete stradale, fornendo così un punto di vista interno alla corrente di traffico.

Attraverso tale tipologia di dispositivi è possibile stimare effettivamente i ritardi subiti dal flusso veicolare, quantificare il disagio sopportato dagli utenti e definire in maniera diretta il livello di congestione della rete.

Equipaggiamento veicoli

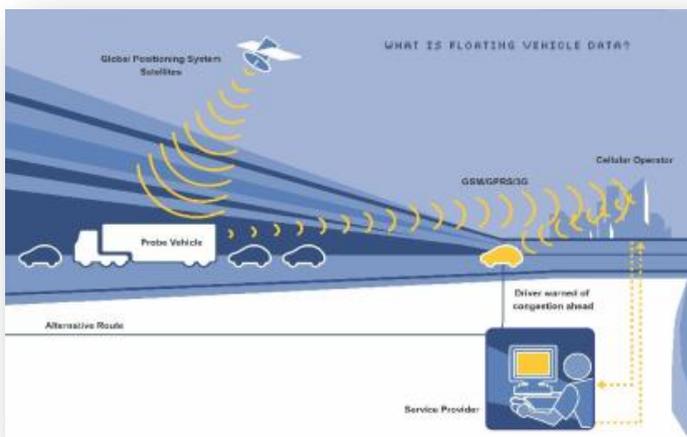


Figura 63: Schema comunicazione veicolo

<http://www.transporttech.mottmac.com/scaled/cd636260.png>

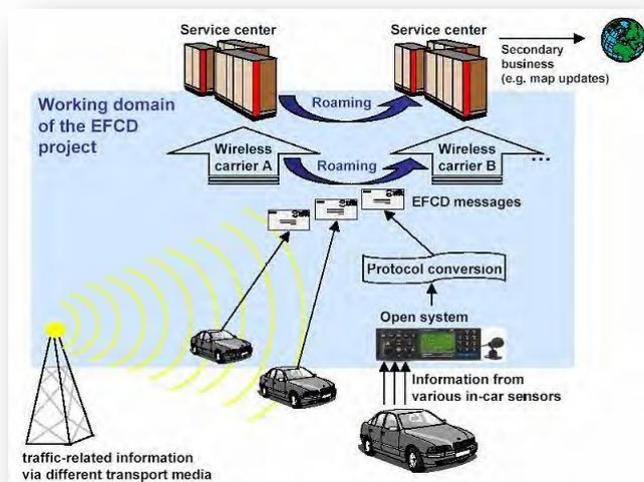


Figura 64: Schema sistema <http://www.gstforum.orgPG>

Tale tecnologia è conosciuta come Floating Car Data (Fcd): essa si basa sull'impiego di un elevato numero di terminali veicolari (dispositivi di tracciamento composti da Gps per la localizzazione e Gprs, gsm, umts, per la trasmissione mobile), installati prevalentemente su autovetture, che rilevano tutti gli eventi relativi alla guida delle stesse dal momento dell'accensione a quello dello spegnimento.

Il metodo consente di misurare il traffico sulla rete stradale mediante la raccolta di dati di localizzazione, velocità, direzione di spostamento e informazioni circa le tempistiche attraverso veicoli in movimento: ogni veicolo equipaggiato in modo appropriato agisce come un sensore per la rete stradale.

Si possono classificare due metodologie di monitoraggio:

- Veicolo test o attivo, che percorre la rete esclusiva mente per il monitoraggio del traffico, pratica diffusa principalmente sulle arterie principali come autostrade.
- Veicolo sonda o passivo, che si muove sulla rete per altre finalità; tale approccio risulta particolarmente efficace in ambito urbano, dove si possono equipaggiare veicoli che percorrono con cadenza definita il territorio, come mezzi del trasporto pubblico, altri dediti alla raccolta rifiuti o della Polizia Locale, taxi.



Figura 65: Dispositivo di comunicazione e localizzazione  
<http://www.cabtronix.ch/files/images/products/emu3null1sm2.jpg>



Figura 66: dispositivo di localizzazione e comunicazione [www.movendo.biz](http://www.movendo.biz)

Per migliorare il servizio di monitoraggio traffico, ed avere a disposizione un archivio video, anche con fini di sicurezza, è possibile aggiungere all'architettura del dispositivo delle camere che effettuano la presa della carreggiata stradale. Ciò consente non solo di avere la possibilità di definire visivamente la condizione di congestione nell'intorno del veicolo, ma anche di applicare alle immagini algoritmi di trattamento automatico, con l'ulteriore vantaggio di poter identificare eventuali punti critici per la viabilità.



Figura 67: Esempio di camera per la presa di video

Le informazioni che si possono desumere dai dati rilevati dai vicoli, ed inviati mediante infrastrutture telematiche alla centrale, (Vehicle to Infrastructure Communication) riguardano:

- Localizzazione dei veicoli
- Velocità
- Direzione

Ma i campi di indagine possono essere aumentati se si inseriscono a bordo altri sensori in grado di misurare parametri ambientali, come temperatura e umidità, emissioni inquinanti, polveri sottili ...

E' evidente che la massiccia diffusione sia di dispositivi personali dotati di sistema di localizzazione e trasmissione (Gprs e Wifi) sia di navigatori satellitari a bordo delle vetture private, hanno consentito un avanzamento di tale metodologia di acquisizione di dati: gli utenti della strada diventano sensori della mobilità.

I telefoni trasmettono continuamente la loro posizione alla rete - anche senza che venga stabilita una connessione: mediante la tecnologia FCD i dati di localizzazione possono essere impiegati, come metodo per avere informazioni anonime sul traffico; mentre le auto si muovono, anche i cellulari lo fanno.

Misurando ed analizzando triangolarmente i dati di rete (in formato anonimo) si possono convertire queste informazioni in flusso del traffico. Più una zona è congestionata, maggiore sarà il numero delle automobili, e di conseguenza quello dei cellulari. Nelle aree metropolitane la distanza esistente tra le antenne è breve e ciò porta ad una buona accuratezza. Non serve costruire nulla lungo le strade, basta la rete mobile dei telefoni. La tecnologia FCD fornisce molti vantaggi rispetto ai metodi esistenti di controllo del traffico:

- Economicità rispetto a sensori o camere
- Maggior copertura: tutte le strade
- Velocità di configurazione e minor manutenzione
- Funzionamento in tutte le condizioni meteorologiche, compresa la pioggia battente

Attraverso tali dati possono essere identificati ingorghi stradali, calcolati tempi di viaggio e generati in tempo reale report sul traffico.

I dati trasmessi dai ricevitori gps nell'assoluto rispetto della privacy, non utilizzano alcun rilevatore fisso quale telecamere o radar, né viene derivato da fonti esterne quali rapporti della polizia autostradale, sono bensì i veicoli stessi a fungere da rilevatori di traffico.

Garanzia del corretto funzionamento del sistema è l'elevato numero di apparati installati, ad oggi circa mezzo milione, le caratteristiche proprietarie di funzionamento e trasmissione ed i sistemi di analisi sviluppati permettono la rilevazione dello stato del traffico automobilistico in tempo reale sull'intera rete autostradale italiana.

Esempi nazionali che ad oggi sfruttano tale tecnologia sono riferiti al monitoraggio autostradale: OCTotelematics (Infoblu) utilizza esclusivamente il Floating Car, inoltre il Centro Ricerche FIAT sta sperimentando la navigazione dinamica attraverso il metodo FCD nell'area metropolitana di Torino.

I servizi consentono al cliente di avere una rotta aggiornata e coerente con le situazioni di traffico reali; il veicolo si comporta come un sensore mobile di traffico: le condizioni rilevate in tempo reale vengono inviate ad un Centro di Controllo del Traffico per poi essere elaborate in una mappa del traffico aggiornata. La mappa è poi inviata ai veicoli per il calcolo di un eventuale percorso alternativo riducendo così del 20-25% i tempi di viaggio.

Tra i sistemi più innovativi di monitoraggio del traffico basato su FCD si distinguono quelli che sfruttano le coordinate posizionali individuate dai ricevitori satellitari dei navigatori sulle autovetture.

Di recente introduzione il sistema Hd Traffic di TomTom e TomTom Live, resi possibili dall'accordo con gestori di telefonia nazionale ( per l'Italia Vodafone Italia). Il sistema già in uso in diversi Paesi Europei, tra cui l'Italia ( Germania, Francia, Belgio, Svizzera, Portogallo, Norvegia e Regno Unito) , consentendo agli utenti di usufruire dei servizi di informazione in tempo reale.

Nello specifico HD Traffic permette di disporre in tempo reale di informazioni aggiornate sulla viabilità locale, mentre gli altri servizi di TomTom Live offrono una serie di importanti informazioni che permettono di risparmiare tempo, denaro e di programmare meglio i viaggi degli utenti.

Le informazioni vengono raccolte e inviate tramite il collegamento alla rete cellulare: i dati GSM aggregati in maniera anonima sulla rete Vodafone Italia, provenienti dai cellulari degli utenti, consentono di risalire alla direzione dei cellulari che viaggiano all'interno dei veicoli, inoltre risultano fonti di dati all'interno del sistema anche i navigatori GPS dotati di scheda SIM e connettività cellulare GPRS.

Grazie al servizio TomTom HD Traffic gli utenti possono ricevere dati in tempo reale che vengono utilizzati per calcolare le stime di percorrenza il più realistiche possibili in base al traffico e ai tempi di percorrenza effettivi. La stima dei tempi viene costantemente aggiornata ogni 3 minuti adeguandosi alle nuove informazioni rese disponibili dal sistema.

## **Dispositivi personali**

## **Servizi TomTom HD Traffic**

## *Sensori non infrastructure based-Vehicle to Vehicle Communication*

Un settore che attualmente sta catturando l'attenzione a livello mondiale sia di numerose case automobilistiche, sia di industrie della telecomunicazione è quello che riguarda i protocolli e le modalità di comunicazione tra i veicoli.

Nell'ottica di una mobilità più sicura è fondamentale il ruolo dell'informazione alle utenze: il primo mezzo con cui il guidatore si interfaccia è il suo veicolo, quindi la comunicazione deve partire dal veicolo all'utente, e ciò è realizzato mediante gli hardware ed i software di gestione delle condizioni del veicolo; il secondo passo da compiere riguarda il flusso di informazioni che i veicoli possono trasmettersi reciprocamente.

Molto spesso è difficile evitare situazioni di pericolo improvvise, poiché l'utente reagisce in relazione alle sue capacità di guida ed alle sue percezioni: la nuova tecnologia della comunicazione tra veicoli può ampliare l'orizzonte conoscitivo dell'utente alla guida.

Così la tecnologia Car to Car Communication può essere un supporto fondamentale per mettere in atto servizi di sicurezza attiva e preventiva per le utenze, specialmente nel caso si allerta in caso di possibile collisione con altri veicoli, informazioni sul traffico o sull'itinerario, condizioni meteo e servizi utili all'automobilista

Tale tecnologia allo stato attuale è ancora in fase di sviluppo, anche perché ci sono alcuni ostacoli da superare anche a livello di tecnologia; uno tra tutti riguarda l'infrastruttura telematiche che supporta le comunicazioni: VANET, **Vehicular Ad-Hoc Network**, considera le auto in movimento come nodi di un network che muta nel tempo e nello spazio.

In questa struttura ogni singolo veicolo è un router wireless, o un nodo, che comunica con un raggio d'azione dell'ordine di alcune centinaia di metri.

La copertura sufficiente di un'area, quindi è legata alla numerosità dei nodi, come in una qualsiasi WSN, quindi legata al numero di veicoli che presentano tale tecnologia a bordo, a differenza delle informazioni che provengono dalle reti di sensori sulle infrastrutture che generano continuamente flussi informativi. Altri elemento per l'efficacia del servizio sono, soprattutto nei casi di allerta per situazioni di criticità localizzate, la necessità di informazioni in tempo reale ed il corretto smistamento ai veicoli interessate dal fenomeno.

### Comunicazione tra veicoli

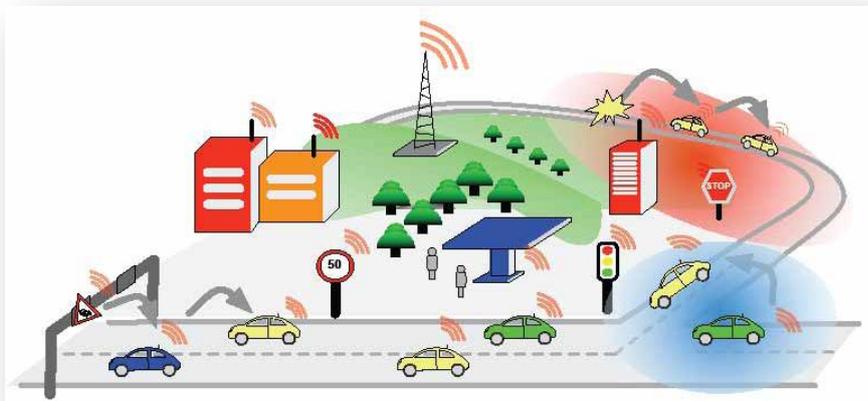
### Vanet- la rete

Attualmente per la scelta dell'infrastruttura telematica di supporto per la comunicazione C2C sono al vaglio diversi protocolli di trasmissione: WiFi IEEE 802.11 b/g, WiMAX IEEE 802.16, Bluetooth, ZigBee, GPRS/UMTS.

Si prevede però, che grazie alla sua ampia diffusione nel settore delle comunicazioni la tecnologia IEEE 802.11 wireless LAN dedicata alle comunicazioni a corto raggio, sarà integrata nelle auto del futuro, soprattutto nella sua variante IEEE 802.11p, equivalente europeo, proposto dal Car-to-Car Communication Consortium (<http://www.car-to-car.org/>) al diffuso DSRC Dedicated Short Range Communications Americano.

Entrambi gli standard utilizzano una banda di frequenza intorno ai 5.9 GHz basata sullo schema di modulazione OFDM.

Tale tecnologia sta fornendo buoni risultati per reti non troppo estese e dove non è troppo restrittivo il gap temporale di invio di informazioni.



**Figura 68: sistema integrato di veicoli intelligenti su infrastrutture intelligenti**

Attualmente a livello europeo il riferimento per la ricerca nel settore delle comunicazioni C2C è rappresentato dal Car to Car Consortium, che ha tra gli altri i compiti di fissare degli standard operativi di riferimento, sostenere i progetti e le iniziative, favorire l'interoperabilità tra le diverse realtà e diffondere questa nuova tecnologia. (<http://www.car-to-car.org/>)

I settori principali a cui afferiscono le attività relative alla comunicazione tra veicoli finalizzati alla safety riguardano:

- Segnalazione di situazioni di emergenza
- Sistemi di allerta per evitare collisioni tra veicoli

- Segnalazioni di auto fuori controllo o che potrebbero rappresentare un pericolo
- Informazioni sulla congestione della rete

Tali servizi possono essere integrati con quelli offerti dalla comunicazione Vehicol to Infrastructure, o servizi di intrattenimento ed assistenza.

La struttura del sistema per la comunicazione si articola in tre segmenti.

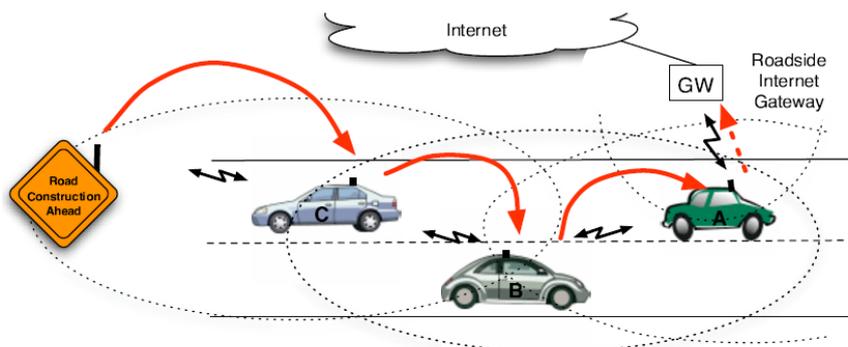
- Il sistema di controllo del veicolo si compone di una unità di bordo (OBU) e delle unità di applicazione (AU) che eseguono delle applicazioni specifiche, rappresentando l'interfaccia con l'utente. Questi due segmenti sono in connessione attraverso diverse tecnologie, wireless o wired
- Il terzo elemento, come detto, è l'infrastruttura telematica ,ad hoc Network (VANET), disegnata dai veicoli dotati di OBU e unità fisse lungo la strada, detta unità a bordo strada (RSU).

Le OBU sono dotate di sistema di comunicazione wireless (a corto raggio) dedicate per la sicurezza stradale, e potenzialmente con altri dispositivi di comunicazione opzionali. Le OBU vanno a formare automaticamente una rete mobile (MANET) che consente la comunicazione tra i nodi in maniera completamente distribuito senza la necessità di una istanza di coordinamento centralizzato.

I veicoli infatti riescono a comunicare direttamente se la connettività wireless copre la distanza tra loro; altrimenti protocolli di routing dedicati consentono una comunicazione multi-hop, in cui i dati sono trasmessi da un OBU ad un altro, fino a raggiungere la destinazione.

**Hardware e software**

**Infrastruttura telematica**



**Figura 69: Connessione Multi-Hop (tra più veicoli)**

Di supporto alla comunicazione tra i veicoli sono i nodi infrastrutturati sulla rete, RSU , ed altri Hot Spot pubblici o privati (HP), al fine di migliorare della sicurezza stradale, mediante l'esecuzione di applicazioni particolari e con l'invio, ricezione o trasmissione dei dati nel dominio ad hoc al fine di estendere la copertura della rete e garantire informazioni complete agli utenti.

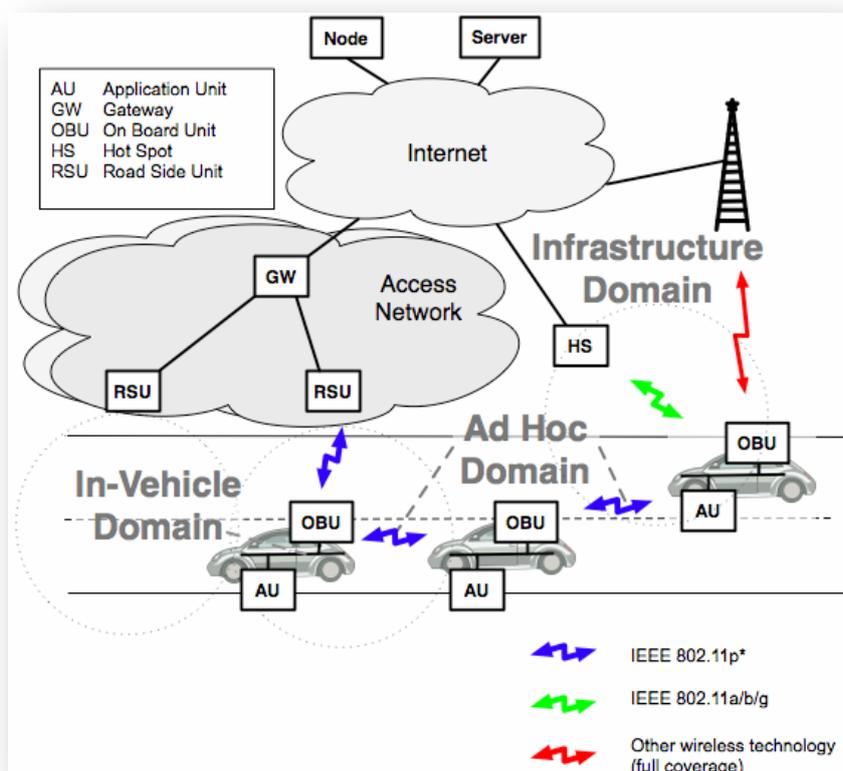


Figura 70: Architettura del sistema C2C

All'interno di tale panorama si colloca, tra le esperienze europee più valide il progetto finanziato dall'UE, SAFESPOT ("Cooperative systems for road safety "Smart Vehicles on Smart Roads"), già citato come esempio di riferimento del percorso di ricerca.

Il progetto è finanziato nell'ambito del Sesto programma quadro: lanciato nel 2006, SAFESPOT riunisce 51 partner provenienti dal mondo accademico, dal settore industriale e dall'amministrazione stradale in 12 paesi europei, con il coordinamento del gruppo italiano Centro Ricerche Fiat ScpA e tra i suoi partner sono presenti Continental (Germania), il Centro di ricerca e tecnologia (Grecia),

## Progetto SAFESPOT

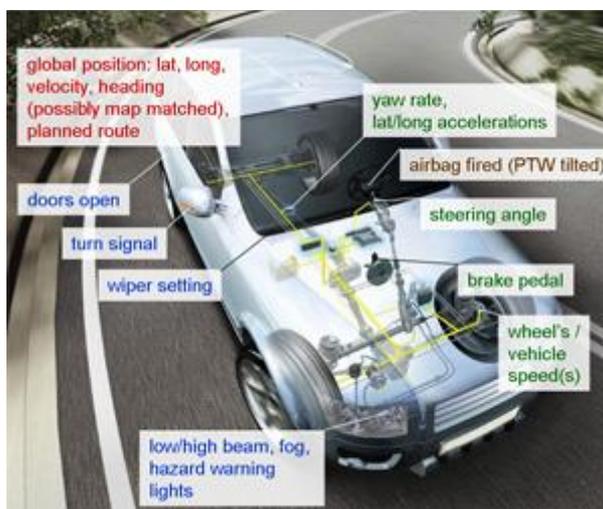
la Budapest University of Technology and Economics (Ungheria), l'Amministrazione stradale svedese (Svezia) e l'Organizzazione dei Paesi Bassi. Tra le applicazioni sviluppate nel settore della comunicazione C2C si possono citare:

- SAFEPROBE :crea un prototipo di veicolo intelligente, basato una tecnologia on.bord in grado di fornire informazioni relative alla sicurezza del veicolo e dell'ambiente.

**SAFEPROBE**

Le applicazioni riguardano: dinamica del veicolo, sistemi di sicurezza degli occupanti, sistema di posizionamento globale satellitare SP1, la trasmissione in modalità wireless tra l'unità di bordo, i veicoli circostanti e la rete sull'infrastruttura.

Le informazioni vengono integrate dall'unità di bordo e comunicate all'utente mediante l'interfaccia su una mappa dinamica.



**Figura 71: Progetto SAFEPROBE**

Progetto complementare è SCOVA, che va a implementare la comunicazione cooperativa tra veicoli; le funzionalità del sistema permettono:

L'aumento della sicurezza grazie alle informazioni dal "veicolo intelligente" e dalla "infrastruttura intelligente".

**SCOVA**

- Innalzare l'affidabilità delle gamma delle informazioni, grazie alla cooperazione con altri veicoli.
- Creare applicazioni per la ricostruzione e la diffusione delle informazioni in tempo reale.

Dalla integrazione delle informazioni dei veicoli e dalla cooperazione con la rete minima delle infrastrutture è possibile ricostruire lo scenario in cui il veicolo

si muove, facilitando l'azione di guida del conducente, rendendolo consapevole delle situazioni, anche critiche che incontrerà nel suo tragitto.

Diverse le applicazioni sviluppate:

- Sicurezza stradale in corrispondenza di intersezioni: in prossimità di incroci, o punti critici per la visibilità, il conducente viene avvertito con anticipo (1-10s) della presenza di eventuali anomalie o ostacoli.
- Manovre cambi di corsia: i veicoli sono dotati di sensori di misura l'attrito della strada, consentendo di informare sulla presenza di punti critici per la stabilità del veicolo.
- Avvisi contro collisione: i sistemi sono in grado di informare il conducente in una fase iniziale circa il rischio potenziale collisione frontale dovuta, ad esempio alla velocità ridotta dei veicoli che precedono. La tecnologia consente inoltre, grazie alla cooperazione tra i veicoli, di condividere l'informazione con altri utenti nel range d'azione della rete. Le informazioni SAFESPOT possono essere combinate ed elaborate insieme alle altre informazioni on-board per gli ostacoli, (ad esempio, radar o fotocamere).
- Sistemi di individuazione di utenze deboli, come ad esempio pedoni o ciclisti.
- Condizioni delle infrastrutture, mediante l'integrazione di diversi sensori, valutando punti pericolosi.
- Individuazione di Black Spots sulle curve, fornendo limitazioni soprattutto sulla velocità in relazione alla geometria stradale.

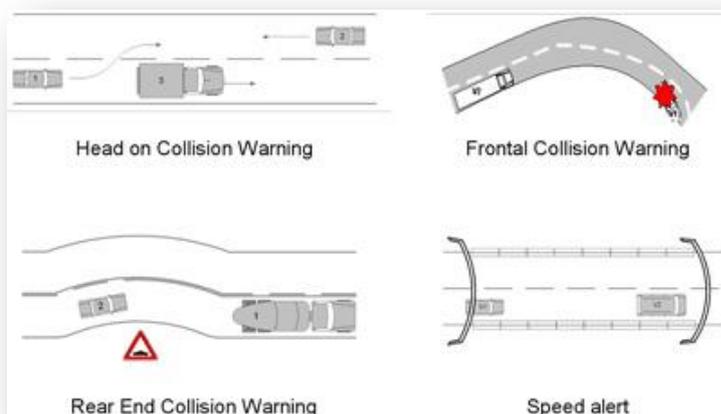
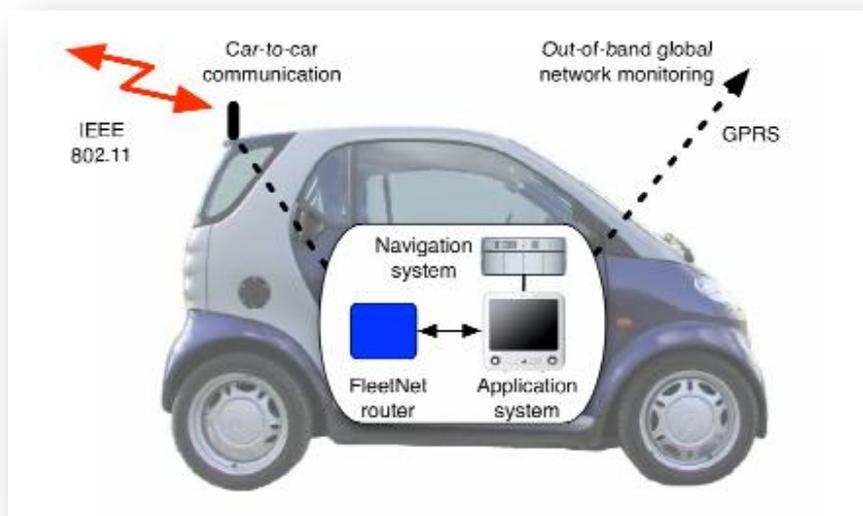


Figura 72: Esempi applicazioni progetto Scova

Una delle Esperienze più significative del settore è il progetto Fleetnet, che risale al 2004 presentata al 11th World Congress on ITS, Nagoya, Japan.

Esso si basa su sei auto SmartTM, ognuno dotato di un router basato su Linux FleetNet, cioè un notebook con rete wireless LAN 802.11b, e una antenna piatta esterna con un guadagno di 4 dBi. Il sistema è collegato ad una interfaccia utente audiovisiva con uno Ethernet standard 100 MBit / s .

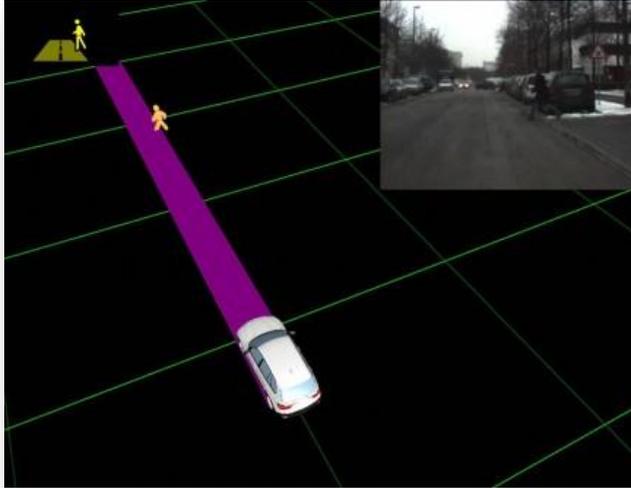
Inoltre, raccoglie informazioni sulla posizione del sistema di navigazione on-board e si nutre al router. Per sostenere monitoraggio globale 802.11-sulla rete ad hoc, ogni vettura è inoltre dotata una interfaccia di rete GPRS collegato alla centrale "show room". I test effettuati hanno dimostrato applicabilità del progetto alle situazioni reali.



**Figura 73: Hardware e software previsto nel sistema Fleetnet**

Ad oggi altri importanti progetti sono portati avanti anche da BMW con il recente equipaggiamento della BMW serie 7 con un sistema di riconoscimento dei pedoni.

Il sistema sviluppato denominato Car-2-X, , riesce a rilevare la presenza di un pedone per mezzo del calore corporeo attraverso un radio trasponder.



Esperienza BMW C2X

Figura 74: Esperienza BMW serie 7  
<http://www.autoblog.it/galleria/bmw-car-2-x-communication/7>

### ***Architettura del sistema di raccolta e diffusione informazioni***

Gli strumenti informatici più adatti a gestire una tale mole di informazioni legati ai temi della sono individuabili nei data base relazionali, grazie alla loro modularità e flessibilità.

Il cuore del sistema di infomobilità, repository di dati in DBMS, è rappresentato dal centro di monitoraggio in grado di gestire i flussi informativi che provengono dalle varie fonti, anche aggiornati in tempo reale, e corrispondere tempestivamente alla domanda informativa espressa dagli utenti in mobilità.

La flessibilità di questi strumenti li rende insostituibili nell'organizzazione dei dati e restituzione delle informazioni.

Architettura del sistema

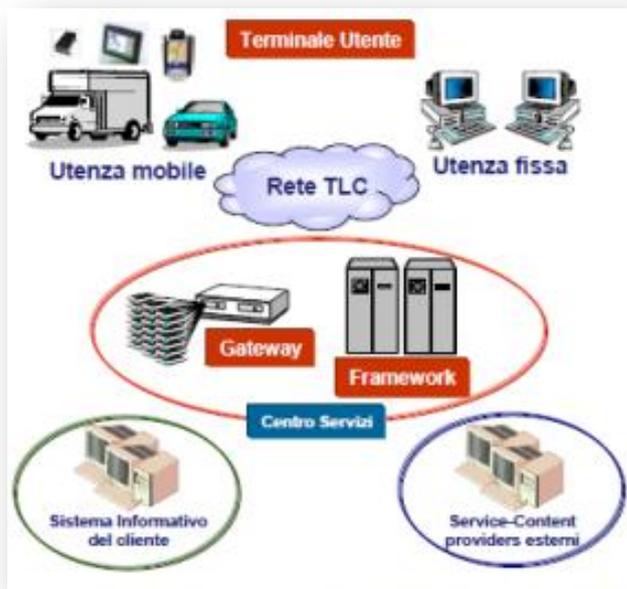


Figura 75: Architettura del sistema di Infomobilità

Confluiranno nel data base tutte le informazioni caratterizzanti la rete stradale ed il flusso di traffico: da un lato si avranno gli strati conoscitivi di base, frutto sia dei rilievi delle piattaforme tecnologiche per l'acquisizione di dati georiferiti, sia di informazioni provenienti dai giacimenti informativi, mentre dall'altro si avranno i flussi di dati in tempo reale dei sensori infrastructure based e dei quelli non infrastructure based in movimento sulla rete.

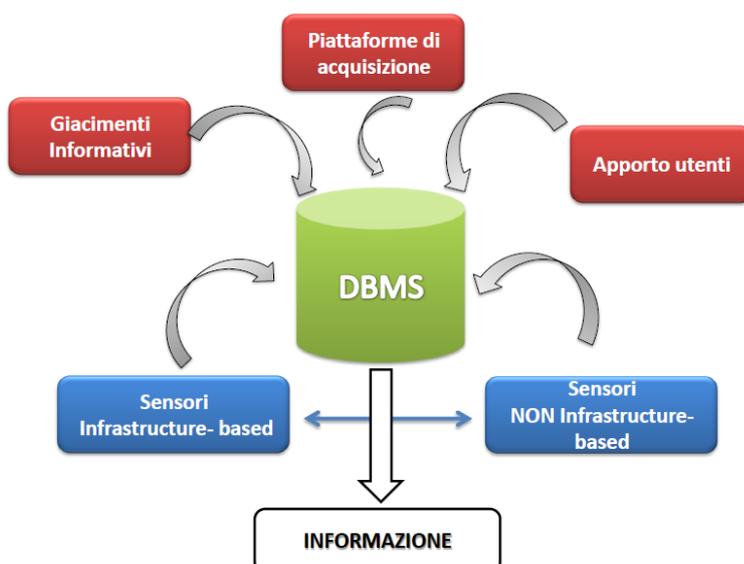


Figura 76: Architettura DBMS e fonti informative

Al fine di favorire la diffusione a scala territoriale delle informazioni sulla mobilità, e vista la pluralità di attori che tale fenomeno coinvolge, è auspicabile una organizzazione federata di tali soggetti, aventi accesso al patrimonio informativo acquisito, sul modello dell'esperienza GeoSDI.

GeoSDI infatti è il nome del programma di ricerca del *Consiglio Nazionale delle Ricerche* (CNR - IMAA), che su mandato e coordinamento della **Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento di Protezione Civile**, sta studiando e implementando, mediante soluzioni Open Software, una architettura di geoserver federati per la condivisione delle informazioni geospaziali.

Il sistema consente con estrema facilità, di implementare una rete di server federati in cui ciascun attore rende condivisi alcuni dei propri dati: ciascuno dei soggetti partecipanti alla rete può, se autorizzato, utilizzare in maniera del tutto trasparente i dati di un altro server come se questi fossero direttamente disponibili sulla propria macchina. Tale procedura è facilitata orientandosi su protocolli di interscambio O.G.C. compliance.

Per quanto riguarda l'accesso alle informazioni e alla visualizzazione degli strati informativi è indispensabile la realizzazione di applicativi Web supportati da sistemi GIS in grado di rappresentare sia il dato spaziale, sia la componente tematica dell'informazione.

L'applicativo Web dovrà consentire ai membri della rete federata, e soprattutto agli enti preposti alla gestione della rete stradale:

- visualizzazione dei dati in tempo reale.
- Numero di veicoli passati e percentuale di occupazione di una determinata strada.
- Visualizzazione degli ultimi N dati raccolti, aggiornati in tempo reale
- Visualizzazione dei sistemi di monitoraggio in maniera georeferenziata su mappa, tramite marker di colore variabile in tempo reale in funzione di diversi range di valori di volume ed occupazione
- visualizzazione dei dati storici online
- Gestione in tempo reale del superamento di opportune soglie di allarme.
- Interfaccia web operatore (protetta da sistema di autenticazione e profilazione)

Il servizio di divulgazione, invece, abbracciare un bacino di utenti più ampio, quindi ai fini della sua efficienza dovrà prevedere:

- Interfaccia web online per consultazione condizioni traffico, pianificazione viaggi e richiesta informazioni pre-trip
- Applicativo compatibile con i dispositivi personali, come smart phone e navigatori per richiesta e ricezione di informazioni aggiornate in tempo reale
- Servizi di informazione mediante messaggi SMS
- Predisposizione sulla rete di pannelli a messaggio variabile sulla rete stradali e totem informativi presso stazioni di servizio.
- Comunicazione diretta ai veicoli intelligenti mediante IP



Figura 77: dispositivi per divulgazione informazioni sulla strada

Per realizzare un completo sistema di informazione alle utenze sulle tematiche dell'Infomobility saranno indispensabili diversi strati informativi:

- Condizione di deflusso del traffico
- Segnalazione anomalie sulla rete
- Presenza di ostacoli o cantieri
- Calcolo del percorso migliore
- Condizioni meteo
- Segnalazione punti di interesse

## **SPERIMENTAZIONE: IL TERRITORIO ADOTTATO**

Il concetto di "territorio" inteso come scenario che assorbe passivamente le azioni degli attori che su di esso si muovono risulta ad oggi anacronistico ed inadeguato rispetto alla domanda informativa largamente espressa.

Sta emergendo infatti una nuova visione del contesto urbano e territoriale nella quale esso diviene una fonte inesauribile di importanti informazioni. Ciò avviene attraverso una sovrastruttura di reti di sensori, piattaforme tecnologiche ed architetture informatiche, che, come parti attive di un organismo vivente, sono in grado di cogliere il continuo mutamento del paesaggio, l'evoluzione dei fenomeni in atto, ed il moltiplicarsi delle continue interazioni con i diversi soggetti che lo popolano. Il cambiamento in atto, oltre ad una nuova visione del patrimonio comune, urbano e naturale, sottende il coinvolgimento di una platea di attori ben più ampia della sola classe preposta al governo del territorio, comprendendo i singoli cittadini, ormai consapevoli del loro ruolo, che interagiscono in maniera attiva con l'ambiente in cui vivono come "sensori in movimento".

**Cambiamento in atto**

### **Scenario di riferimento**

#### ***La domanda di conoscenza condivisa sul territorio e l'ambiente***

La conoscenza ampia del territorio, delle sue dinamiche e delle sue evoluzioni è un presupposto inderogabile per una corretta gestione del territorio e dell'ambiente nell'ottica dello sviluppo sostenibile.

La complessità delle problematiche ad esso connesse, come sicurezza, qualità, efficienza, alimenta una crescente domanda di conoscenze che comprende sia un quadro informativo di base, relativo allo stato attuale del "sistema territoriale" comprensivo delle sue componenti paesaggistiche ed antropiche, sia un'analisi delle dinamiche evolutive in atto, delle nuove connessioni tra gli attori e dei trend di mutamento. Questa visione innovativa trova terreno fertile nella fase di straordinario cambiamento ormai in atto da diversi anni che innalza a ruolo cardine le tecnologie informatiche, telematiche e spaziali, destinate a mutare radicalmente lo scenario di riferimento a livello culturale, giuridico - istituzionale e organizzativo.

**Domanda di conoscenza condivisa**

Le nuove tecnologie offrono infatti straordinarie opportunità per migliorare il sistema delle conoscenze sullo stato e sui problemi del territorio e dell'ambiente; la dirompente diffusione della cultura informatica, ed in particolare la proliferazione del Web 2.0, ha dato voce (sia in termini di espressione di bisogni, sia come contributi informativi) a fasce di utenti del territorio inizialmente tagliati fuori in un modello organizzativo di tipo top-down. A partire da tali considerazioni è d'obbligo un approccio bilaterale di analisi della domanda di conoscenza del territorio, in grado di convogliare gli apporti di tutti gli attori che si muovono sul territorio, siano essi enti, professionisti, associazioni o singoli cittadini.

**Web 2.0**

E' maturata nel tempo, quindi, la consapevolezza della necessità di condivisione delle informazioni e la cooperazione tra attori pubblici e privati, in tema di conoscenza del territorio e dell'ambiente, sfruttando l'integrazione di tutte le fonti informative disponibili, al fine di migliorare il grado di equità ed efficacia nell'uso delle risorse.

**Condivisione – cooperazione - conoscenza**

### ***Rilievo con MMS***

In occasione della Summer School tenutasi a Feltre tra fine giugno ed inizio luglio 2009 si sono realizzati dei rilievi con un veicolo ad alto rendimento stradale per l'acquisizione di dati ed immagini georiferite.

L'esigenza di effettuare campagne di acquisizione in tale aree è legata al concetto di "territorio adottato", cioè riuscire a tacciare un completo quadro informativo di base sull'area del basso bellunese, mediante l'impiego di diverse piattaforme tecnologiche, in grado di acquisire dati differenti utili a caratterizzare diversi aspetti .

**Rilievi nel territorio adottato**

Il territorio, di per sé caratterizzato da un'eterogeneità di problematiche che vanno dal rischio idrogeologico, al rischio di frane, mobilità ed impatti ambientali elevati, si presenta come scenario ideale per lo studio di tali problematiche ed apprezzare le relazioni e le connessioni tra le diverse cause, attraverso l'integrazione di tutte le fonti informative disponibili.

Per lo studio delle tematiche legate alla mobilità, e più precisamente in relazione alla sicurezza stradale e delle infrastrutture, si è impiegato un veicolo

ad alto rendimento stradale o M.M.S. : Mobile Mapping System della Cera Ingegneria.



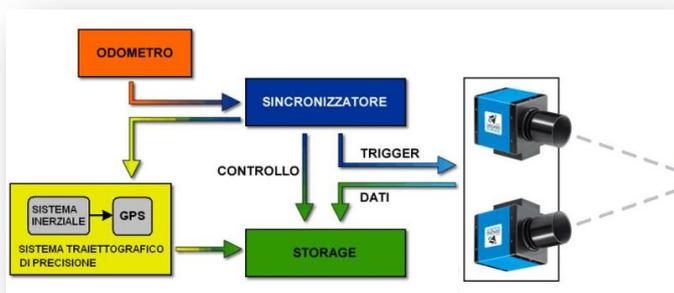
**Figura 78: MMS utilizzato per i rilievi**

Si tratta di un veicolo stradale in grado di acquisire dati georiferiti, soprattutto immagini, della rete stradale che percorre, con elevati vantaggi in termini di produttività e qualità dei dati acquisiti, senza creare turbative alle correnti di traffico e chiusura al traffico delle strade.

Le apparecchiature che costituiscono una configurazione base di un veicolo ad alto rendimento possono essere raggruppate in tre sistemi tra loro indipendenti, ma in continuo dialogo:

- Sottosistema traiettografico: principalmente composto da un ricevitore (D)GPS semplice o con correzione differenziale, spesso integrato con un sistema inerziale (IMU) , e un odometro di precisione;
- Sottosistema video: costituito principalmente da camere digitali, ma si possono anche impiegare fotocamere, cinecamere ...
- Apparato di sincronizzazione delle soluzioni posizionali dei precedenti sistemi; esso può presentare un funzionamento associato alla distanza percorsa (sincronizzazione sullo spazio) che al segnale satellitare (sincronizzazione sul tempo).

**Struttura della piattaforma**



**Figura 79: Schema funzionale del dispositivo**

La configurazione modulare consente di variare la composizione in relazione alla finalità del rilievo con ulteriori sensori specialistici (radar, sensori laser, ambientali, camere specializzate per il rilievo delle pavimentazioni, inclinometri ecc.) le cui misure vengono georeferenziate, ossia associate alla posizione rilevata dal sistema traiettografico.

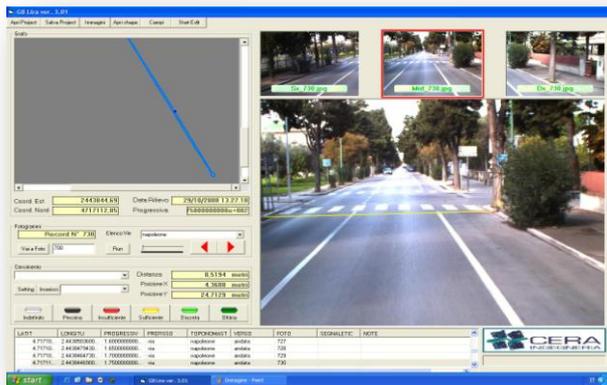
### Strumentazione hardware



**Figura 80: Architettura hardware del sistema**

Nella successiva fase di analisi e sintesi i documenti video acquisiti dal veicolo vengono elaborati mediante software appositamente sviluppati che consentono di ricostruire le dimensioni degli elementi reali sul piano di proiezione dell'immagine, in relazione a parametri determinati in base ad una procedura di calibrazione effettuata in precedenza. Lo stesso processo di sintesi ed associazione ai dati posizionali è applicato a tutte le altre informazioni acquisite dai sensori: il risultato finale è il popolamento di data base relazionali che possono essere visualizzati ed interrogati da sistemi GIS.

### Software di post elaborazione



**Figura 81: Software proprietario per la creazione di mappe tematiche**

Sono evidenti i vantaggi in termini di produttività, poiché è possibile visualizzare il repertorio fotografico ogni volta che si decida di analizzare un diverso aspetto connesso con la mobilità e l'infrastruttura.

In relazione ai rilievi svolti a Feltre, il veicolo ha percorso le principali vie di collegamento al centro città.

### Elaborazione dati

A partire dai dati del rilievo, al fine di fornire un quadro dettagliato sulla condizione delle infrastrutture stradali, soprattutto in relazione al livello di sicurezza garantito alle utenze, ho ritenuto opportuno analizzare le seguenti tematiche:

- segnaletica orizzontale
- segnaletica verticale
- punti critici per un veicolo
- punti critici per un pedone
- illuminazione
- pavimentazione
- punti di interesse
- delimitazione carreggiata

L'analisi è stata condotta con apposito software proprietario che consente la visualizzazione, l'analisi e l'effettuazione di misure.

È stato così possibile creare mappe tematiche in relazione ai temi prima elencati semplicemente ripercorrendo il tracciato effettuato del veicolo mediante la visualizzazione delle foto e giudicare le condizioni a video.

I prodotti dell'analisi sono in formato shape o tabelle relazionali.

### **Post processing**

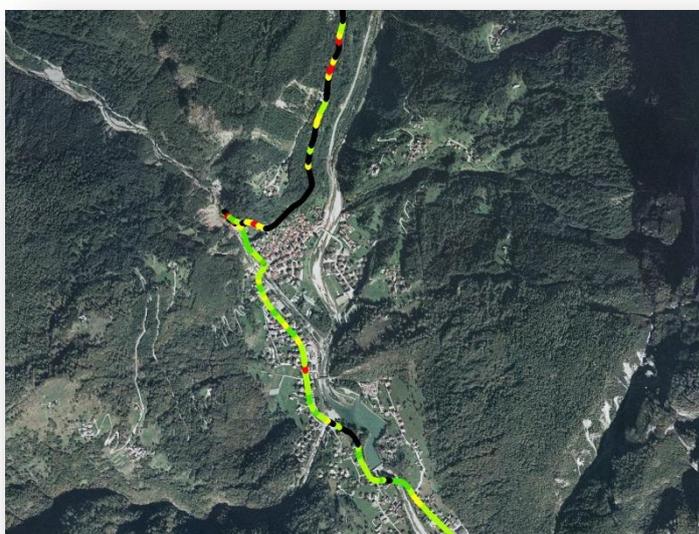
Di seguito si riportano, a livello esemplificativo alcune sequenze di fotogrammi georiferiti acquisiti dalle tre camere frontali dedicate alla ripresa panoramica della sede stradale.



Documenti video

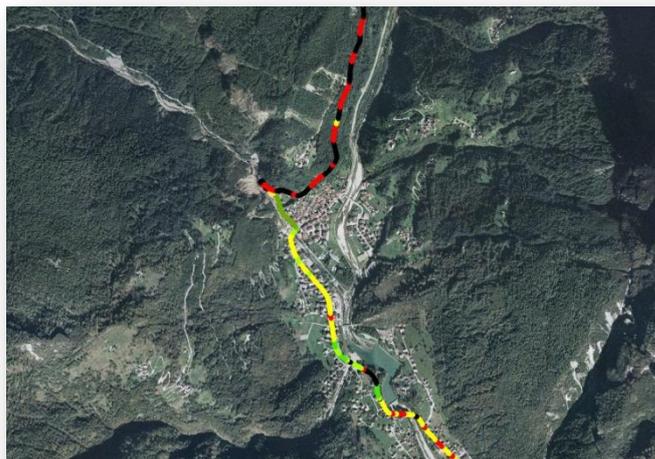
Figura 82: Sequenza di immagini georiferite acquisite dalle camere frontali

Di seguito si riportano i risultati dell'elaborazione delle immagini georiferite, sottoforma di mappe tematiche e sovrapposte a una ortofoto.



Mappe tematiche  
Pavimentazione

Figura 83: Mappa tematica STATO PAVIMENTAZIONE



Mappe tematiche  
Segnaletica orizzontale

**Figura 84: Mappa tematica SEGNALETICA ORIZZONTALE**

Le mappe sono state create mediante il software precedentemente citato, con una scala di giudizio che attribuisce valore numerico 0 e colore nero alle condizioni peggiori, fino alle condizioni ottimali espresse dal verde scuro e valore 5.

<http://www.ricercasit.it/SummerSchoolFeltre/Content.aspx?page=79>

### ***Rilievi con Icaro***

In occasione del Laboratorio Tecnologico del I anno della Laurea Magistrale in SIT e Telerilevamento, svolto a Feltre si sono effettuati dei rilievi con una nuova piattaforma di acquisizione di immagini georiferite: I.C.A.R.O. Investigation and Control Anomaly Road.

Il dispositivo realizzato dalla Cera Ingegneria si propone come valida alternativa ai veicoli ad alto rendimento stradale tradizionali, ampiamente apprezzati e diffusi: I.C.A.R.O. è una soluzione leggera per l'acquisizione di immagini georiferite e restituzione di elementi lungo gli assi stradali.



**I.C.A.R.O.**

**Figura 85: I.C.A.R.O. micro MMS**

I.C.A.R.O. è stato sviluppato in dimensioni ridotte, ma con elevata capacità di immagazzinamento dati per poter essere impiegato su qualsiasi mezzo che abbia a disposizione una alimentazione a basso voltaggio (12/24 V accendisigaro) e un segnale odometrico (ABS, contachilometri)



**Figura 86: Montaggio in un qualsiasi veicolo**

### Struttura del sistema

ICARO è suddiviso in 3 moduli connessi ed integrati tra loro:

#### MODULO 1 - UNITA' DI SISTEMA

Le ridotte dimensioni di ingombro consentono di posizionarlo ovunque all'interno dell'abitacolo del veicolo; contiene GPS, Dead Reckoning (D.R.)

#### MODULO 2 - MONITOR TOUCHSCREEN

Il modulo può essere parte integrante del precedente o sganciabile per essere installato in una posizione più favorevole alla sua manovrabilità.

#### MODULO 3 - SENSORI

Il modulo sensori, camere digitali, rilevatori di stato ecc, va installato preferibilmente in alto nell'abitacolo (o all'esterno del veicolo), in una posizione strategica tale da permettere riprese ottimali e garantire una buona ricezione satellitare all'antenna GPS.

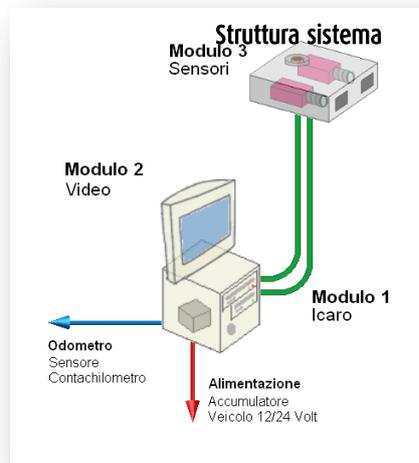


Figura 87: Struttura sistema

			
Camera	Monitor	Odometro	Antenna GPS

Per la successiva fase di elaborazione dati, sono stati sviluppati specifici software che permettono di rappresentare su un grafo di rete acquisito o precedentemente costruito, tutte le informazioni raccolte dal sistema, con la possibilità di analizzare e visualizzare gli elementi della rete di interesse, con la possibilità di creare mappe tematiche qualitative sulla base delle foto georiferite acquisite.

Le informazioni desunte dai dati acquisiti da un veicolo M.M.S. possono essere impiegate per diverse finalità, e risultano funzionali non solo alla realizzazione del Catasto Stradale ma più in generale alla creazione di banche dati geografiche, finalizzate ad una corretta governance del territorio:

- Rilievi ed analisi di tipo Ambientale/Naturalistico,
- Rilievi Stradali ed in generale su qualsiasi tipo di infrastruttura,
- Monitoraggio rifiuti, con possibilità di attrezzare gli stessi mezzi,
- Analisi e controllo dello stato degli impianti (elettronici, semaforici), delle pertinenze e degli arredi (segnaletica, accessi, impianti pubblicitari, barriere di sicurezza ecc.)
- Immobiliari, esterni di edifici, anche con finalità commerciali o turistiche, inserendo le informazioni in opportuni spazi dedicati,
- Storico, Culturali, Turistiche rilevando attività o siti di interesse, con possibilità di tour virtuale e shop-ping online.

### *Attività di rilievo*

Per quanto concerne l'attività di rilievo svolta a Feltre si sono svolti diversi test al fine di ottimizzare l'utilizzo del dispositivo, percorrendo le principali vie di accesso al centro storico.

E' in questo contesto infatti che il dispositivo ha messo in luce una delle sue particolarità: essendo installato a bordo di una semplice autovettura può percorrere agevolmente anche vie strette del centro senza particolari ostacoli, situazione invece critica per un mezzo che ha dimensioni maggiori; la stessa situazione si verifica molto spesso in paesaggi montani in genere, dove la sede stradale talvolta si restringe vistosamente.

Avere la possibilità di percorrere la rete stradale con un veicolo che monta il dispositivo a bordo produce benefici anche in termini di monitoraggio dei flussi di traffico e delle criticità: ad esempio se installato a bordo di mezzi che percorrono abitualmente il territorio, come mezzi pubblici o trasporto e raccolta

### **Attività di rilievo**

immondizia, si avrebbe a disposizione un database aggiornato dello stato delle infrastrutture.

### Elaborazione dati

In fase di post-processing, a partire dei dati acquisiti, si sono elaborate diverse mappe tematiche al fine di mettere in luce criticità sulla rete stradale, con il fine di predisporre un adeguato piano di intervento e manutenzione.

Le tematiche analizzate afferiscono ad aspetti direttamente legati alla mobilità, ma anche con l'ambiente:

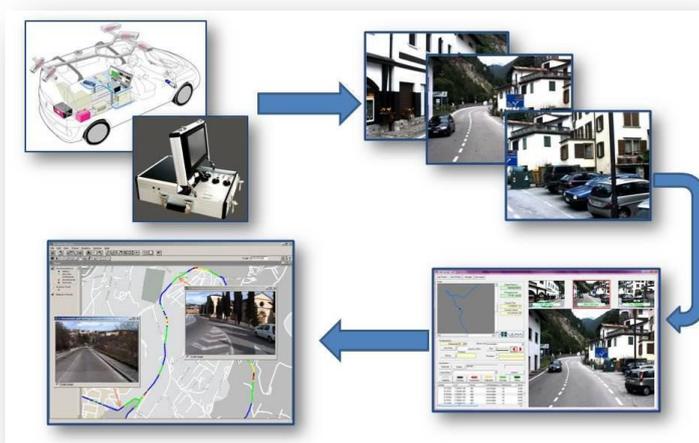
- segnaletica orizzontale
- segnaletica verticale
- punti critici per un veicolo
- punti critici per un pedone
- illuminazione
- pavimentazione
- punti di interesse
- delimitazione carreggiata

E' stato così possibile creare mappe tematiche ripercorrendo il tracciato effettuato con il dispositivo mediante la visualizzazione della sequenza di foto georiferite e giudicare le condizioni a video.

I prodotti dell'analisi sono in formato shape o tabelle relazionali.

Di seguito si riportano, a livello esemplificativo alcune sequenze di fotogrammi georiferiti acquisiti dalla camera montata o internamente al veicolo o posizionata sul tetto.

**Elaborazione dati**



**Schema fasi operative**

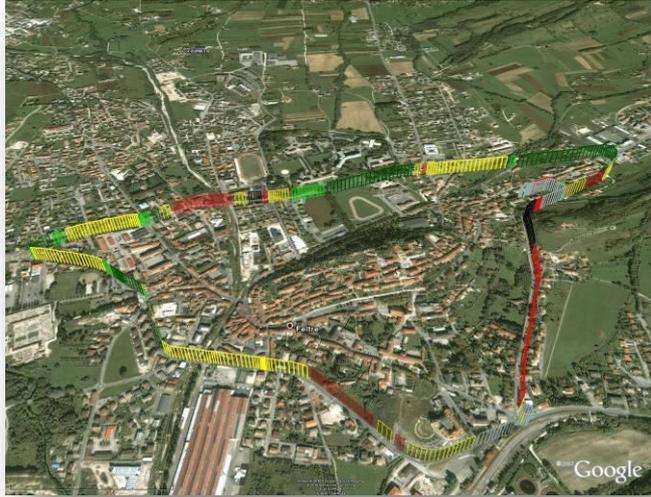
**Figura 88: Fasi operative**



Sequenza di immagini acquisite dal sistema

Figura 89: Sequenza di immagini georiferite acquisite dal sistema

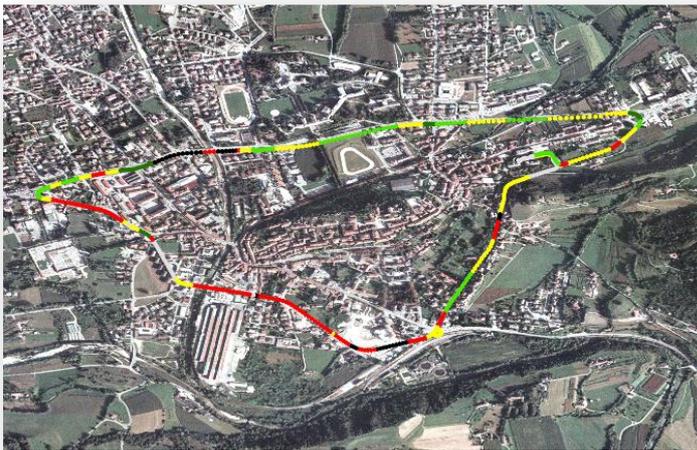
Di seguito il risultato dell'analisi avente per oggetto la condizione del manto superficiale della Pavimentazione, riportato su Google Earth.



**Mappa tematica pavimentazione**

**Figura 90: Mappa tematica Pavimentazione**

La sottostante figura riporta invece come tema analizzato le condizioni della segnaletica orizzontale.



**Mappa tematica segnaletica orizzontale**

**Figura 91: Mappa tematica Segnaletica Orizzontale**

[www.ricercasit.it/icaromms](http://www.ricercasit.it/icaromms)

### Smart box

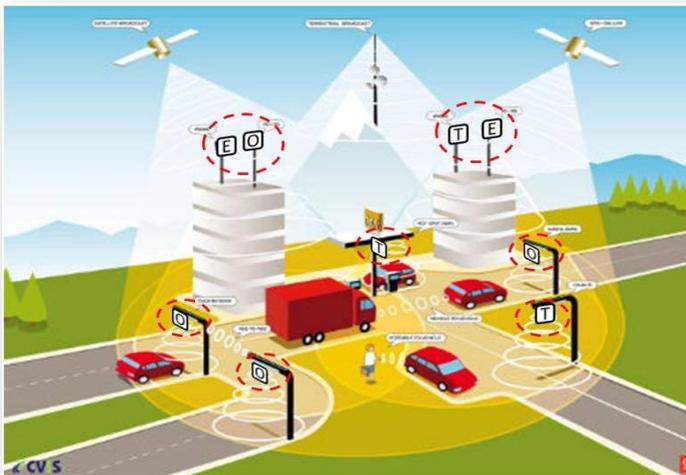
Sempre nell'ambito del paradigma del "territorio adottato" è stata condotta un'ulteriore sperimentazione legata al tema del City Sensing, in collaborazione con l'arch. G. Borga, Dott. N. Iandelli, ing. L. De Biasi.

Il cuore di tale concetto risiede nell'impiego di dispositivi tecnologicamente all'avanguardia caratterizzati da dimensioni ridotte, anche indossabili, dalle elevate capacità di acquisizione dati, che consentono la realizzazione di reti di monitoraggio diffuse sul territorio.

Importante valore aggiunto, reso possibile dalla diffusione di reti WSN e dalle infrastrutture di telecomunicazione, è la disponibilità dei dati, e quindi delle informazioni in tempo reale.

Si può quindi parlare di monitoraggio *immersivo* come nuova e stimolante opportunità di indagine sul territorio e sull'ambiente, che permette di integrare il quadro di conoscenze già alimentato da dati telerilevati e da giacimenti informativi, indispensabili per una corretta gestione del territorio e dell'ambiente.

**Monitoraggio in tempo reale sul territorio**



**Figura 92: Architettura di sensori non intrusivi infrastructure based**

Il concetto di City Sensing, trasposto nel "territorio adottato" della bassa bellunese ha dato origine al progetto di Area 51, dove sono stati effettuati rilievi con le diverse piattaforme di acquisizione dispozione, integrati con una nuova architettura di sensori dedicati all'acquisizione di parametri ambientali ed in relazione alla mobilità.

L'area scelta presenta una varietà di aspetti ambientali (area montana di elevato valore paesaggistico, area urbanizzata, arterie stradali a traffico intenso

**Progetto Area 51**

di collegamento con i principali centri limitrofi) ed è quindi rappresentativo poiché raccoglie una serie di problematiche che negli anni hanno creato non poche criticità in termini di gestione delle risorse naturali ed infrastrutturali.

La componente innovativa del progetto risiede nella realizzazione di una rete di sensori sul territorio, in grado di cogliere il mutamento di diversi parametri poiché formata da diverse tipologie di sensori

<http://www.ricercasit.it/clamSiTel/Content.aspx?page=120>

### L'infrastruttura

L'infrastruttura telematica che rende possibile l'acquisizione di dati territoriali diffusi ed in tempo reale è una W.S.N. , acronimo di Wireless Sensor Network, che identifica l'architettura di una rete di sensori composta da nodi di dimensioni ridotte interconnessi l'uno con gli altri attraverso comunicazione radio.

Attraverso la WSN è possibile creare una rete di sensori distribuita, in cui ogni nodo rappresenta un unità di rilevamento in grado di acquisire informazioni in relazione al sensore installato e trasmetterle ad altri nodi nel proprio range di trasmissione (circa 300 mt).

Nella progettazione di una tale infrastruttura è fondamentale creare sufficiente grado di connessione tra i singoli nodi, con possibilità di estendere la copertura territoriale aggiungendo le maglie modulari della rete con nuovi nodi, garantendo un certo grado di ridondanza per garantire la trasmissione dati anche in caso di guasto locale di un nodo trasmettitore.

WSN

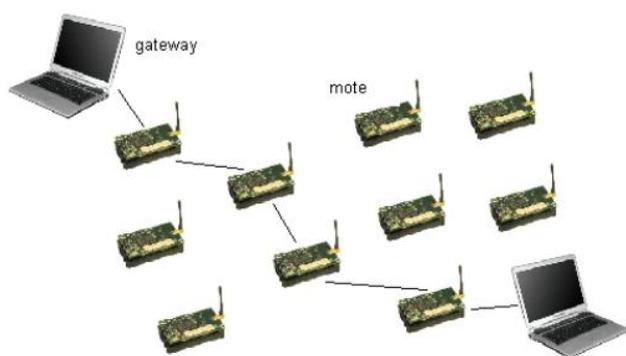


Figura 93: WSN wireless Sensor Network

## Architetture di sensori

Al fine di corrispondere alle diverse esigenze informative legate alla realizzazione di un sistema di monitoraggio e controllo del traffico e funzionale all'individuazione di strategie di mitigazione dell'inquinamento in area urbane, si sono predisposte diverse architetture di sensori, dette Smart Box, commisurate ai diversi scopi applicativi. Si prevedono infatti diverse tipologie di allestimenti, commisurate alle specifiche esigenze di monitoraggio, tra le quali:

### 1. Environment Smart Box (E.S.B)

Tale tipologia di dispositivo è finalizzata alla realizzazione di misure che consentono una valutazione di carattere ambientale:

- Fonometro, per la misura del livello di pressione sonora, tradotta in un corrispondente segnale elettrico, per la misura del rumore e dell'inquinamento acustico;
- Sensore Temperatura, per la misura delle temperatura in generale, per la valutazione delle escursioni termiche anche in relazione all'influenza che tali variazioni hanno sull'infrastruttura stessa (condizioni della pavimentazione, delle opere in cemento armato ...); esistono diverse tipologie di tali sensori, in questo caso conviene orientarsi verso tipologie non a contatto, ma infrarossi o fibra ottica;
- Sensore umidità, acquisisce dati in relazione al livello di umidità dell'aria e agli effetti che essa produce sull'ambiente e sull'infrastruttura;
- Rilevatore e misuratore di CO<sub>2</sub>, per la definizione dei livelli di inquinamento dell'aria in relazione anche agli effetti prodotti dal traffico, e verifica dei benefici derivanti da una corretta gestione dei flussi stessi.

Smart Box

Environment Smart Box

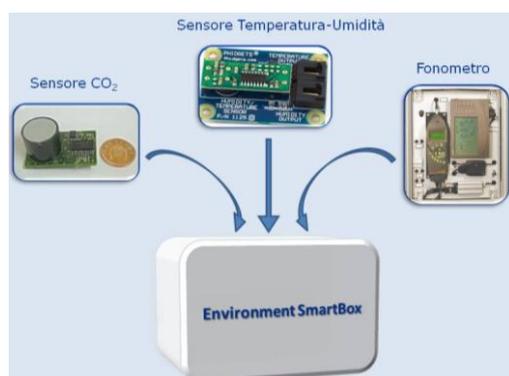


Figura 94: Environment Smart Box

2. Traffic Counter Smart Box (T.C.S.B).

Tale tipologia di dispositivo consente la definizione della consistenza dei flussi traffico transitanti sull'infrastruttura, la loro composizione e la velocità media di deflusso mediante misure rapide e precise, perseguendo risultati del tutto comparabili con i metodi tradizionali intrusivi, scongiurando l'onere di posa in opera, la facilità di danneggiamento in fase di manutenzione della sede stradale ed il conseguente disagio recato al traffico in tale fase operativa.

Tali dispositivi sfruttano diverse tecnologie, con possibilità di integrarli anche in un unico sensore per massimizzare le performance del sistema:

- Effetto radar doppler, utilizza la variazione di frequenza , detta frequenza doppler, che il segnale (onda elettromagnetica ) emesso a frequenza costante dai radar subisce venendo riflesso da oggetti in movimento. Inoltre la differenza di frequenza registrata risulta essere proporzionale alla velocità del veicolo transitato;
- Sensore ad infrarosso passivo consente la localizzazione del veicolo sulla sede stradale rilevando l'energia delle radiazioni infrarosse emesse dalla pavimentazione stradale o dei veicoli in moto nell'area di influenza;
- Sensore ad ultrasuoni scansiona in altezza il profilo del veicolo quando transita sotto al detector, la copertura multi fascio dell'infrarosso passivo fornisce l'informazione sulla posizione del veicolo all'interno della corsia.

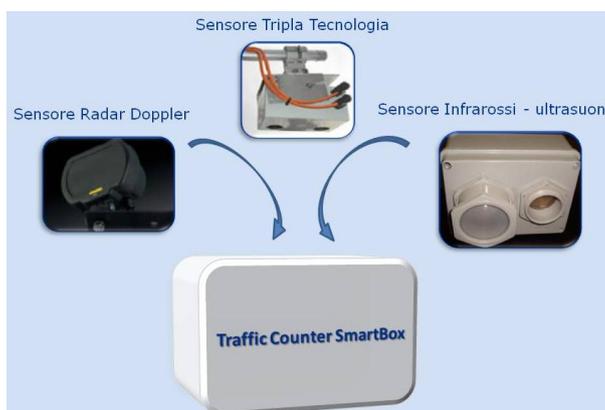
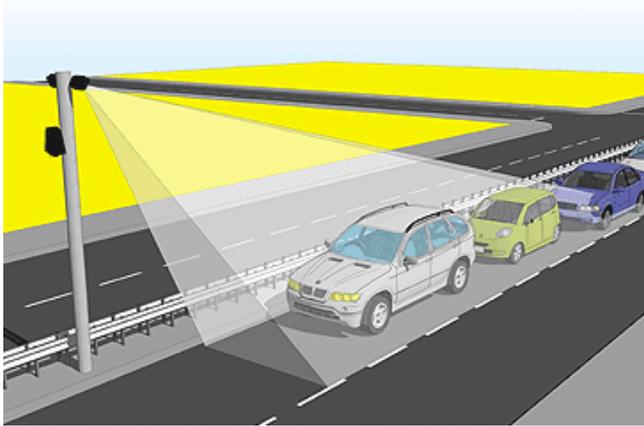


Figura 95: Traffic Counter



**Figura 96: Esempi odi installazione e raggio d'azione**

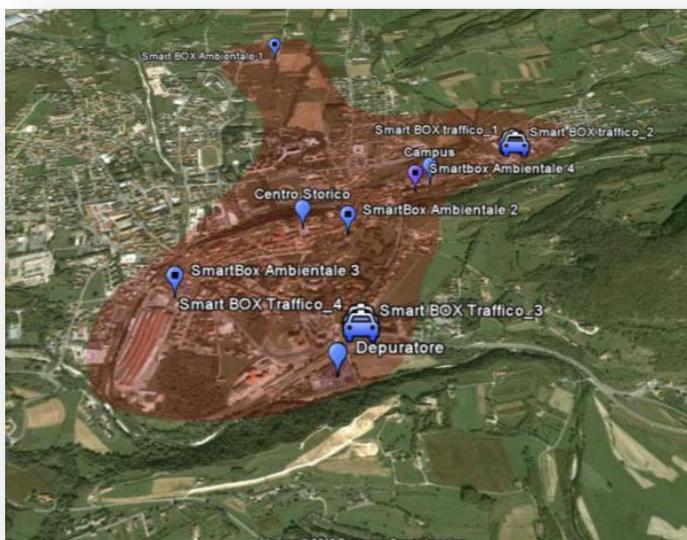
Il cuore delle Smart Box è rappresentato da un Single Board Computer (SBC), cioè un pc dotato di sistema operativo Linux, quattro porte USB e 8 ingressi analogici a cui vengono collegati i diversi sensori.

I sensori poi con appositi software comunicano la misura che viene registrata su memoria oppure inviata tramite GPRS/UMTS/WI-FI.

Tutte le Smart Box sono dotati di GPS, WiFi e UMTS integrato installati in strutture scatolari stagne (IP67) con dimensioni di 30x20x20 cm.

I box sono stati collocati in zone significative, comprendente sia l'area del centro storico su cui si monitorano i flussi di traffico su due principali vie di accesso (verso Treviso e verso Belluno), parametri ambientali (rumore, temperatura, umidità etc..) e sia un' area rurale vicino alla centralina dell'ARPAV.

**Tecnologia**



**Figura 97: Piano di installazione nell'area di Feltre**

**Area test**



**Figura 98: Smart Box**



**Figura 99: Smart Box**

Il flusso di dati viene trasmesso in tempo reale ad un server, dove, mediante algoritmi di analisi spaziali verranno sintetizzati ed interpolati i parametri caratteristici dei fenomeni in esame, in primis rappresentativi delle condizioni di deflusso del traffico.

Inoltre è possibile monitorare in real time il corretto funzionamento di tutti i nodi sensori e visualizzare i parametri monitorati dal web attraverso una interfaccia che sintetizza le condizioni della rete stessa.

Attualmente la fase di sperimentazione è nella fase di analisi dei primi dati ottenuti e realizzazione di algoritmi per la sinterizzazione e rappresentazione dei risultati.

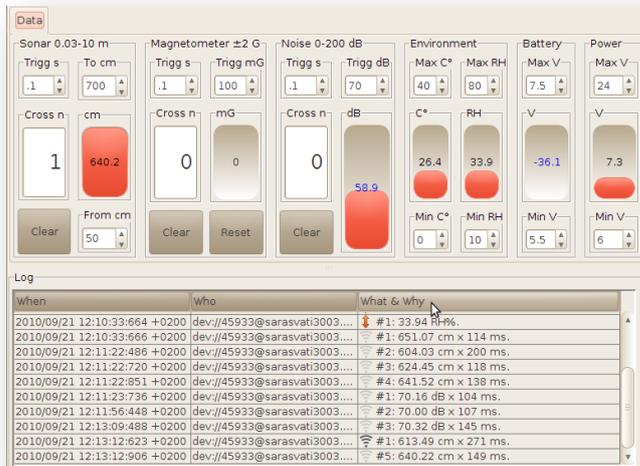


Figura 100: Interfaccia controllo sensori in real time

### Sviluppi del Progetto

In relazione al progetto Smart box, soluzione innovativa e non intrusiva per il monitoraggio ambientale e dei flussi di traffico, si prevede, per quanto riguarda l'ambito stradale, di realizzare una procedura automatizzata in grado di restituire indicatori sintetici aggiornati in tempo reale per la definizione della consistenza dei flussi.

A partire dalle definizioni delle caratteristiche principali che definiscono lo stato di deflusso veicolare come:

- Velocità media di deflusso: data tra il rapporto tra il distanziamento spaziale sul distanziamento temporale

$$v = \frac{q_i}{k_i}$$

- Densità veicolare : Numero di veicoli che , nell'unità di tempo di riferimento insistono in un tratto di lunghezza L di riferimento

$$k = \frac{N}{L}$$

**Grandezze caratteristiche di flussi di traffico**

- Portata veicolare : Numero di veicoli che attraversano la sezione nell'intervallo di tempo di riferimento

$$q = \frac{N}{T}$$

- Capacità: massimo flusso orario atteso per persone o veicoli in un punto o sezione (tronco) uniforme (di corsia o di strada), durante un dato periodo, e sotto fissate condizioni della strada, del traffico, e dei sistemi di controllo;

E' possibile definire, in accordo con quanto previsto nei metodi dell' High Capacity Manual, un metodo di definizione dello stato di congestione della rete mediante la definizione dei sei livelli di riferimento di servizi definiti dal metodo, stando delle condizioni semplificative.

Il concetto di **LIVELLO DI SERVIZIO** (Level Of Service, LOS) consente una *misura qualitativa* idonea per caratterizzare le condizioni operative per una data corrente di traffico, nonché la loro percezione da parte degli utenti

In effetti, la qualità della circolazione è correlata a molti fattori: costi monetari, tempo, stress psico-fisico.

Il LOS di un dato tronco, perciò, sarebbe - a rigore - una funzione complessa di tante variabili:

$$LOS = f(\text{velocità, sorpassi/km, tempo attesa sorpasso, stress, ...})$$

Si semplifica invece in:

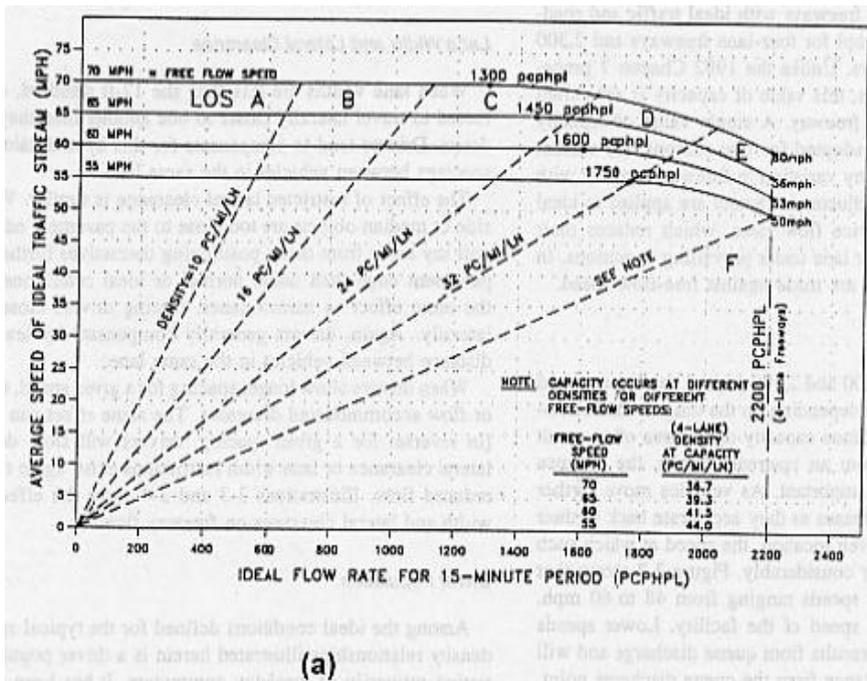
$$LOS = f(\text{velocità possibile, } Q/C)$$

Traducendolo in: libertà nelle manovre, comfort, sicurezza, convenienza, ...

Si definiscono 6 LIVELLI DI SERVIZIO, che consentono di analizzare e caratterizzare le condizioni operative di ciascun elemento del sistema di trasporto (tronco stradale, zona di scambio, terminale, etc.); essi sono designati per mezzo di lettere alfabetiche, da "A" a "F", essendo "A" il livello che corrisponde alle migliori condizioni operative, e "F" alle peggiori.

A partire dai parametri fondamentali che descrivono le condizioni di deflusso , è possibile definire lo stato di congestione dell'infrastruttura:

## Teoria dei Livelli di servizio



A partire dai valori ottenuti mediante il monitoraggio, ricostruendo le caratteristiche di velocità di deflusso  $V$ , rapportato mediante parametri correttivi alle condizioni ideali che sottendono tale teoria, e conoscendo le caratteristiche della strada e la portata veicolare  $Q$ , è possibile risalire alla densità ( $\text{tg } \alpha$ ), quindi al livello di servizio.

$$\text{tg } \alpha = Q/V = (Q \cdot t) / (V \cdot t) = (n^\circ \text{ veic.}) / (\text{spazio}) = \text{densità}$$

Naturalmente le relazioni sperimentali che stanno alla base della teoria del High Capacity Manual discendono da osservazioni su infrastrutture americane, che presentano standard differenti da quelle nel nostro Paese: sarà necessario realizzare una trasposizione del metodo, consultando anche esempi ed esperienze riportate in letteratura, per rendere calzante il metodo adottando parametri correttivi.

## **Risultati e conclusioni**

Le tematiche principali che emergono dalla sintesi del percorso di ricerca, afferiscono da un lato a quelle di Sicurezza delle Infrastrutture e Salvaguardia ambientale, mentre dall'altro mirano ad una corretta Gestione dei flussi di traffico, attraverso sistemi e servizi integrati di Infomobilità.

Per perseguire tali obiettivi è necessario integrare competenze e metodologie tradizionali, permeate nelle buone pratiche di progettazione, con strumenti innovativi di gestione e monitoraggio basati sulle nuove tecnologie hardware ed informatiche.

È evidente che corrispondere agli standard progettuali per le reti stradali ed attuare misure per la mitigazione degli impatti ambientali limitatamente in una fase iniziale, come previsto dalle normative di riferimento, non sia una condizione sufficiente a garantire, nel corso della vita utile dell'opera, adeguati livelli di sicurezza sull'infrastruttura e sufficienti alla tutela ambientale.

Assume invece rilevanza strategica disporre di un adeguato sistema di monitoraggio e gestione dei flussi informativi, con conseguente diffusione di informazione dedicata alle diverse tipologie di utenze e soggetti interessati, sia a supporto di processi decisionali per la gestione territoriale, sia per garantire l'ottimizzazione del patrimonio infrastrutturale esistente e la mitigazione degli impatti, sia standard di sicurezza più elevati per la mobilità.

Il percorso di ricerca intrapreso ha messo in luce l'importanza delle nuove tecnologie sia per l'acquisizione di dati territoriali georiferiti, sia per la comunicazione, nell'ambito dei trasporti: la diffusione di nuove metodologie di analisi e gestione fondate su un approccio tecnologico ed innovativo a servizio degli utenti in mobilità segna il passaggio da una gestione ed una informazione controllata e unilaterale ad una situazione di collaborazione tra utenti ed Enti.

I possibili sviluppi del tema di ricerca possono essere orientati all'approfondimento di tecnologie sempre più efficienti e performanti per il monitoraggio dei flussi di traffico, e definire una metodologia di analisi sintetica e più raffinata per generare indicatori relativi allo stato di congestione dell'infrastruttura, ed agli effetti prodotti sull'ambiente.

Nel percorso che ho svolto, infatti, l'approccio è stato orientato prevalentemente allo studio di servizi di infomobilità ed individuazione di soluzioni hardware più adatti allo scenario preso in considerazione come area test.

**Infomobilità :**

**Salvaguardia ambientale**

**Gestione dei flussi di traffico**

**L'apporto delle nuove tecnologie**

**Possibili sviluppi**

In relazione alla sperimentazione con il progetto Smart Box, il numero di prototipi installati e le tempistiche non hanno consentito di avere a disposizione una quantità sufficiente di dati per analisi esaustive.

Ulteriore sviluppo della ricerca potrebbe riguardare l'approfondimento del settore della comunicazione tra veicoli, soprattutto per quanto concerne le potenzialità e le tipologie di sensori utilizzabili allo scopo.

Ci si augura che in un prossimo futuro si possa rendere una infrastruttura stradale uno strumento di interscambio di flussi informativi (Smart Road) sia all'interno della rete di sensori e dispositivi infrastructure-based, sia con gli utenti a bordo di Veicoli intelligenti (Smart Vehicles).

## PROGETTI ED ATTIVITÀ PARALLELE ALLA RICERCA

### Progetti

#### Web Atlas R.d.V.

Nel corso del periodo di ricerca ho avuto modo di collaborare attivamente al progetto Web Atlas RdV, prototipo di infrastruttura intelligente, finalizzato alla realizzazione di un sistema condiviso di conoscenze, orientato alla gestione strutturale e funzionale della rete stradale, dei sottoservizi, delle situazioni di emergenza e mitigazione degli impatti ambientali e paesaggistici.

Il progetto

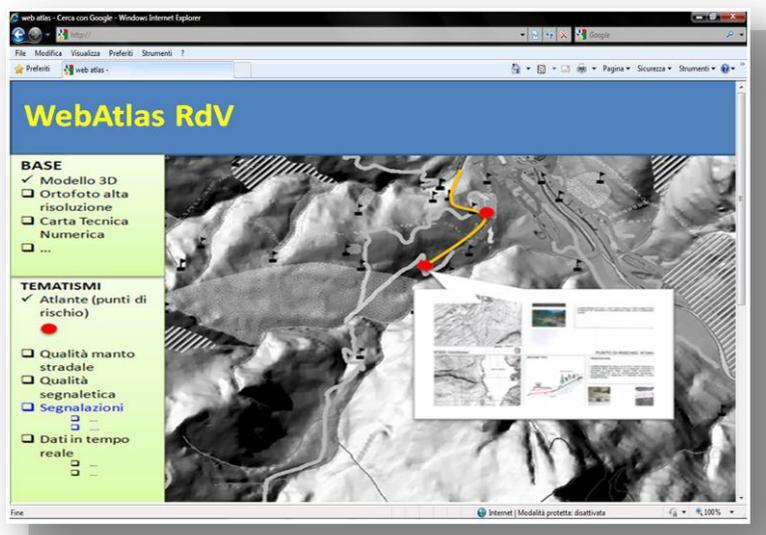


Figura 101: Progetto Web Atlas R.d.V.

Il progetto è nato per partecipare al P.O.R. (Programma Operativo Regionale) parte FESR 2007 - 2013 OBIETTIVO "COMPETITIVITA' REGIONALE E OCCUPAZIONE" Azione 1.1.2 "Contributi a favore dei processi di trasferimento tecnologico e allo sviluppo di strutture di ricerca interne alle imprese" [ <http://www.venetoinnovazione.it/> ].

Il progetto si inquadra nella tipologia dello "sviluppo sperimentale", prevedendo, al suo interno, lo sviluppo e l'ingegnerizzazione di alcuni prototipi di apparati, sia del tipo ad installazione fissa (smart box), sia del tipo portatile, per il monitoraggio continuativo di parametri ambientali.

P.O.R.  
Programma Operativo Regionale

Il progetto si avvale delle competenze di Zollet Ingegneria nel campo delle opere pubbliche (progettazione, cantierizzazione, direzione lavori, collaudo), dell'università Iuav di Venezia, anche con il contributo dello spin-off UniSky, in materia di progettazione di sistemi di monitoraggio e di sviluppo di sistemi informativi, di LTS nel campo dei rilievi (geologici, topografici e geofisici).

Il mio contributo al progetto è legato agli aspetti di ingegneria, sia per quanto riguarda l'analisi delle condizioni strutturali e funzionali della pavimentazione e delle opere d'arte presenti sull'infrastruttura, sia in termini di metodi di analisi di gestione dei flussi di traffico. Inoltre ho collaborato con l'ing. De Biasi, il dott. Landelli e l'arch. Borga nella fase di ricerca applicata, finalizzata all'individuazione, all'interno dell'ampio panorama tecnologico ad oggi disponibile, dei dispositivi e dei sensori più idonei a fornire dati importanti per la caratterizzazione e definizione delle condizioni funzionali della porzione di rete stradale analizzata.

E' stato inoltre mio interesse partecipare attivamente alla realizzazione del progetto ed intrecciare buoni rapporti di collaborazione con i soggetti coinvolti, anche in funzione ulteriori future possibilità di lavoro congiunto: ad oggi sono in essere collaborazioni con Zollet Ingegneria che mi vedono coinvolta.

### **Descrizione del progetto**

Il progetto nasce per corrispondere all'esigenza condivisa da diversi Enti preposti alla gestione territoriale di disporre di strumenti efficaci per l'ottimizzazione del patrimonio infrastrutturale di propria competenza: la conoscenza completa del territorio, delle sue dinamiche e delle sue evoluzioni è un presupposto inderogabile per garantire sicurezza e sviluppo sostenibile. Negli ultimi anni si è assistito ad un decadimento progressivo della qualità della circolazione stradale, soprattutto sul versante della sicurezza, e ad un peggioramento dello stato di salubrità ambientale causato da una carenza di interventi di mitigazione. Tale condizione ha alla base diverse cause, di cui le principali risultano:

- aumento della domanda di mobilità rispetto alla capacità della rete;
- inadeguatezza delle infrastrutture ed obsolescenza delle opere d'arte;
- persistenza e crescita di fattori di rischio nella circolazione stradale;
- innalzamento dei livelli di inquinamento, soprattutto in adiacenza di grandi arterie stradali;

Lo scopo del progetto è la sperimentazione di un sistema integrato per il monitoraggio stradale, avente alla base i seguenti obiettivi generali:

- Innalzare gli standard di sicurezza sulla rete stradale;
- Abbattere i fattori di rischio;
- Mitigare gli impatti ambientali ,
- Valorizzare il territorio ;

Attraverso le seguenti azioni mirate:

- Gestione strutturale e funzionale della rete stradale.
- Pianificazione per la risoluzione di situazioni di emergenza.
- Valutazioni di impatto ambientale e paesaggistico delle opere.

Il progetto prevede l'apporto di tecnologie hardware e software innovative e performanti: la pervasiva diffusione tecnologica degli ultimi anni ha reso disponibile sul mercato una varietà di dispositivi per l'acquisizione di dati territoriali a costi sempre più accessibili favorendone l'integrazione su piattaforme tecnologiche innovative. I flussi di dati possono essere integrati ed ottimizzati con le risorse estraibili dai giacimenti informativi, al fine di realizzare e rendere disponibili strati informativi congrui con la domanda espressa dalla società civile, per un corretto ed efficiente governo del territorio.

### **Area Test**

Nella fase sperimentale si prevede la realizzazione del sistema su un'area test significativa, individuata nella strada regionale 203 "Agordina" in provincia di Belluno, che si estende per una lunghezza di 60,712 km, da Sedico al bivio Cernadoi. Tale infrastruttura ha rilevanza strategica nel territorio poiché rappresenta la connessione tra due importanti arterie stradali (A27 e SS48 delle Dolomiti) ed unica via di comunicazione della valle agordina.

### **FIGURA**

Il contesto territoriale in cui l'opera è inserita è eterogeneo e rappresentativo poiché ad elevato valore paesaggistico e scenario di frequenti problematiche legate al delicato equilibrio tra le componenti naturali ed antropizzate.

L'intervento riveste una valenza non trascurabile nel contesto territoriale e sociale poiché coinvolge una pluralità di aspetti all'interno di un contesto multifattoriale; si possono individuare:

- portatori di interesse
- Enti preposti alla gestione della rete (ANAS, VENETO STRADE)

- Enti preposti alla gestione del territorio interessato (A.R.P.A.V., Comuni e Province, Enti parco etc..)
- Società private
- Società di Trasporto pubblico locale
- Servizi Pubblici (Vigili urbani e Polizia stradale, Vigili del Fuoco, Protezione Civile, Polizia, Gestori di Reti energetiche, Gestori della raccolta e smaltimento rifiuti)

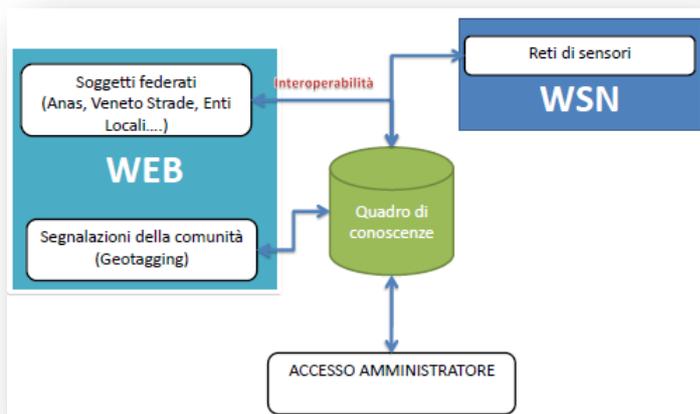
-portatori di diritti:

- comunità locali
- associazioni
- singoli cittadini

Il progetto si articola in due momenti fondamentali:

1. Costruzione del quadro di conoscenza, che avviene attraverso fasi successive: caratterizzazione della rete stradale, prevedendo l'impiego di diverse piattaforme per l'acquisizione di dati ed immagini georiferiti (M.M.S., Micro-UAV, rilievi laser scanner terrestri); Caratterizzazione del contesto territoriale, sfruttando l'integrazione di informazioni tra giacimenti informativi; una terza fase, che presenta il maggiore livello di innovazione, finalizzata al monitoraggio diffuso sulla infrastruttura in tempo reale, mediante l'impianto di una architettura sensoriale Wireless Sensor Network, finalizzata al monitoraggio della infrastruttura stradale in tutti i suoi aspetti, e dell'ambiente circostante.
2. Realizzazione e impianto di un sistema informativo di supporto alle decisioni, per l'utilizzazione dei dati raccolti e per la loro condivisione all'interno di una rete di attori.

Il sistema è realizzato secondo un modello di condivisione federato e denominato "WebAtlas RdV", O.G.C. compliance, finalizzato alla diffusione delle informazioni per favorire la corretta pianificazione di azioni e di politiche sul territorio.



**Figura 102: Architettura sistema**

I diversi flussi confluiscono nel data base, vengono organizzati e rappresentati in diversi Layers che afferiscono alle tre principali aree tematiche:

- Mobilità
- Ambiente
- Rischio/Sicurezza.

Il sistema di monitoraggio integrato in tempo reale e condivisione di informazioni consente di definire lo stato strutturale e funzionale dell'infrastruttura stradale in maniera oggettiva, di stabilire le priorità d'intervento sulla stessa, al fine di innalzare la sicurezza sulle strade ed attuare azioni di mitigazione di impatti ambientali, anche sulla base di esigenze manifestate dalla società.

## *Eye on Venice*

Il progetto Eye on Venice ha lo scopo di realizzare un sistema di monitoraggio territoriale ed ambientale in tempo reale, rivolto all'area del comune di Venezia.

L'idea progettuale è stata realizzata da un team di ricerca del quale ho fatto parte, insieme ad altri ricercatori: G. Borga, R. Camporese, N. Landelli, S. Picchio coordinati e guidati dal prof. Di Prinzio.

Avendo come scopo l'analisi e la rappresentazione dinamica delle evoluzioni di un contesto territoriale, il mio contributo si è incentrato sugli aspetti legati alla mobilità, sia per quanto concerne la ricerca applicata, sia per quanto concerne l'analisi delle esigenze e della domanda di conoscenza.

Il progetto è stato presentato in più interlocutori, suscitando l'interesse anche del Comune di Venezia.



Figura 103: Eye On Venice

<http://www.ricercasit.it/Dottorato/Content.aspx?page=223>

Si vuole fornire uno strumento completo di gestione ed analisi delle informazioni territoriali acquisite e la loro successiva organizzazione, rappresentazione e condivisione tramite piattaforma Web, in grado di corrispondere alla domanda di conoscenza **dinamica** sul territorio.

Mediante l'integrazione di strati conoscitivi "statici" (giacimenti informativi e dati da piattaforme tecnologiche) e la costruzione di mappe basate sulla localizzazione in tempo reale (reti di sensori ed apporto degli utenti della città) è possibile individuare aree ad elevato livello di attività ovvero situazioni di criticità.

L'obiettivo finale mira a fornire uno strumento di condivisione dell'informazione in grado di cogliere ed analizzare il continuo mutamento del paesaggio urbano e naturale e gli effetti che la pressione antropica genera sull'ambiente circostante. Questo si realizza mediante lo studio di una serie di indicatori

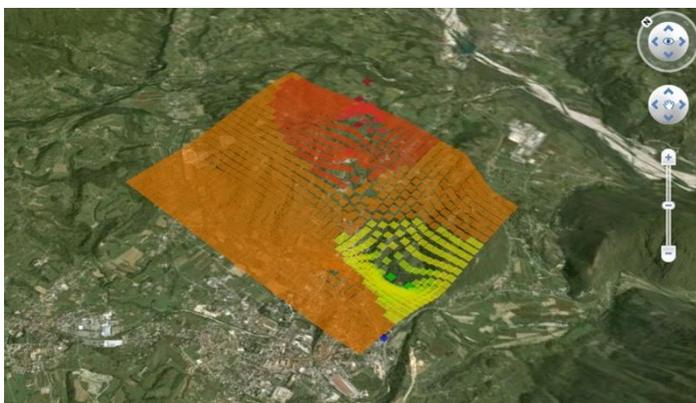
sintetici rappresentativi dei fenomeni in atto e comprensivi della loro componente geografica.

I moduli tematici previsti in questa fase riguardano:

- Mobilità
- Ambiente: qualità e società
- Sicurezza idraulica
- Comunità e territorio

tematiche strettamente tra loro interconnesse e fortemente sentite da enti e cittadinanza.

I risultati, così come i dati raccolti, saranno resi disponibili a tutti gli attori presenti sul territorio al fine di creare quadri di conoscenza a supporto di processi di pianificazione e contestualmente alimentare la coscienza sociale sugli effetti della pressione antropica sul territorio.



**Figura 104: Modalità di rappresentazione dinamica dei layers**

L'area geografica proposta per i test comprende due zone di Mestre caratterizzate da problematiche e caratteristiche diverse: la prima è situata a ridosso dei principali collegamenti stradali (Tangenziale di Mestre all'altezza di Via della Libertà) con forte presenza di insediamenti urbani; l'altra, situata a nord est rispetto alla prima, comprende una zona residenziale e una fascia costiera.

Le due aree costituiscono uno scenario eterogeneo e rappresentativo in cui si possono riscontrare delle problematiche frequenti caratteristiche dei territori in cui sussiste un delicato equilibrio tra componenti naturali ed antropizzate.

## ***Altre Attività parallele***

### *Seminari e Convegni*

## **Nuove Tecnologie e dimensione sociale dell'Informazione Città Territorio e Ambiente**



In occasione del seminario promosso dalla Scuola di Dottorato e della Facoltà di Pianificazione del Territorio ho partecipato come relatrice di alcuni interventi inerenti le attività di ricerca che mi hanno visto coinvolta in prima persona durante il percorso di ricerca.

Gli interventi a cui ho contribuito sono stati i seguenti:

- **Progetto AREA 51**

Giovanni Borga, Antonella Ragnoli, Niccolò Iandelli

Inerente le attività di ricerca applicata svolte nell'ambito del Laboratorio Tecnologico I anno della Laurea Magistrale in Sistemi Informativi Territoriali e Telerilevamento

- **Progetto EyeOnVenice**

Giovanni Borga, Antonella Ragnoli, Niccolò Iandelli

Inerente l'idea progettuale Eye On Venice

- Progetto WebAtlas RdV

Antonella Ragnoli

Inerente il progetto Web Atlas RdV.

Il seminario è stata una preziosa occasione di confronto con gli altri relatori e i discussant intervenuti: non sono mancati infatti interventi costruttivi ricchi di spunti di ricerca per le nostre attività.

Inoltre è in fase di realizzazione un numero del Giornale dello IUAV contenente una sintesi delle memorie e degli interventi presentati.

<http://www.ricercasit.it/public/documenti/Dottorato/Convegno%20NTeITA%202010/ConvegnoNTeITA.pdf>

## M.M.S. e Catasto delle Strade

### Piattaforme per l'acquisizione terrestre e database territoriali

The slide is titled "Scuola di Dottorato" and "Dottorato di Ricerca NT&ITA 'Nuove Tecnologie & Informazione Territorio - Ambiente'". The main heading is "M.M.S. e Catasto delle Strade" with the subtitle "Piattaforme per l'acquisizione terrestre e database territoriali".

On the left, there is a photograph of a white mobile data acquisition van with "Laboratorio Geospaziale Mobile" branding. On the right, a screenshot of a geodatabase interface titled "GEODATABASE PER LA SICUREZZA STRADALE - CENTRO DI MONITORAGGIO" shows various data layers: "CATASTO", "INCIDENTALITA'", "RILIEVO", "PAVIMENTAZIONI", "TRAFFICO", "SEMAFORI", and "SEGNALETICA".

Logos for "UniSky" (spin-off dell'Università Iuav di Venezia) and "GIOTTO SERVIZI PROGETTI E RICERCHE DI INGEGNERIA S.R.L." are visible at the bottom left. The name "Ing. Antonella Ragnoli" is at the bottom right.

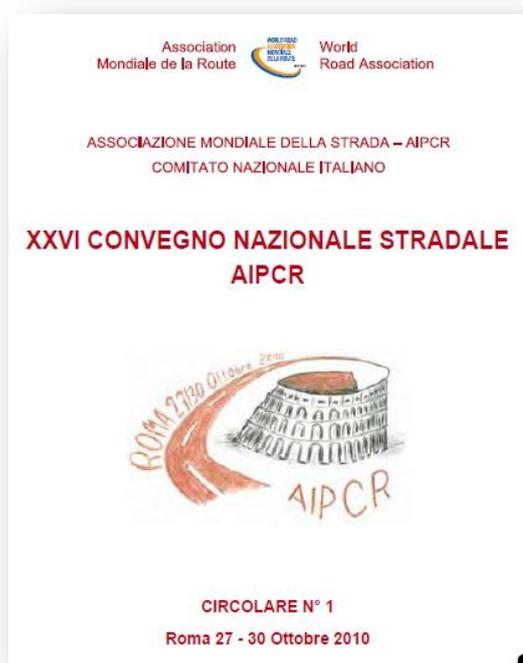
Nell'ambito delle attività di approfondimento previste dal corso di Laurea Magistrale in SIT e Telerilevamento ho avuto modo di tenere un seminario inerente le piattaforme di acquisizione stradali per il rilievo speditivo di dati georiferiti.

Il seminario aveva il fine di illustrare le potenzialità, la struttura e le possibili applicazioni delle nuove piattaforme come fonti di dati necessari per la caratterizzazione della rete stradale, soprattutto ai fini di una corretta gestione e pianificazione degli interventi sulle infrastrutture, ai fini di maggiore sicurezza.

Per approfondimenti il materiale è reperibile all'indirizzo

[http://www.ricercasit.it/clamSiTel/C\\_Documenti.aspx?path=Materiali/Moduli%20Didattici%201%20anno/Telerilevamento](http://www.ricercasit.it/clamSiTel/C_Documenti.aspx?path=Materiali/Moduli%20Didattici%201%20anno/Telerilevamento)

## XXVI Convegno Nazionale Stradale AIPCR



Recentemente ho avuto l'occasione di partecipare al convegno indetto ASSOCIAZIONE MONDIALE DELLA STRADA - AIPCR -COMITATO NAZIONALE ITALIANO, tenutosi a Roma .

Il mio intervento afferisce al tema strategico D1-Gestione del Patrimonio Stradale, avendo presentato un contributo dal titolo: " *ANALISI DI SENSIBILITÀ DEI METODI DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE DELLA GEOMETRIA STRADALE*", articolo realizzato con la collaborazione della prof.ssa Di Mascio, il prof. Loprencipe e l'ing. Di Vito dell'Università "La Sapienza" Di Roma.

Il tema dell'articolo riguarda la ricostruzione della geometria dei tracciati stradali a partire da dati rilevati con veicolo ad alto rendimento terrestre, e realizzazione di una procedura automatizzata per la definizione dei parametri geometrici di base.

L'argomento, affrontato in occasione della redazione della Tesi di Laurea Specialistica in Ingegneria Civile conseguita presso La Sapienza, è stato rielaborato e rivisitato anche alla luce delle nuove competenze acquisite durante il percorso di ricerca svolto presso lo IUAV.

#### Riferimento

**P. Di Mascio – M. Di Vito – G. Loprencipe – A. Ragnoli**

*“Analisi di sensibilità dei metodi di calcolo per la determinazione della geometria stradale.”*

Memoria per il XXVI Convegno Nazionale Stradale AIPCR – Tema strategico D - Qualità delle infrastrutture stradali. Comitato tecnico D.1 - Gestione del patrimonio stradale.. Roma, 27-30 Ottobre 2010. (ISBN 978-88-905397-0-1)

Si allega l'articolo A1.

#### *Altre attività parallele*

### **Ve Night La Notte Europea dei Ricercatori**



In occasione di tale manifestazione ho partecipato alla realizzazione del materiale informativo ed illustrativo presentato durante la manifestazione.

Inoltre ho partecipato ai vari momenti di dimostrazione al pubblico delle tecnologie e degli ambiti di ricerca su cui le nostre attività si focalizzano.

## Laboratorio Tecnologico del I anno di corso della Laurea Magistrale in SIT e Telerilevamento



Fondazione per l'Università e l'Alta Cultura in provincia di Belluno  
BIM Piave  
Università Iuav di Venezia  
UniSky srl spin-off Iuav  
ARPAV

**Corso di Laurea Magistrale  
in Sistemi Informativi Territoriali e Telerilevamento**

**LABORATORIO TECNOLOGICO  
DEL I ANNO DI CORSO**

Per scaricare il progetto completo:  
<http://www.ricercasit.it/clamSiTel/Content.aspx?page=48>

**RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ**  
*FELTRE-10-15 maggio, 28 giugno-3 luglio, 13-18 settembre 2010*

Durante le attività di didattica ho contribuito alla logistica per quanto concerne l'organizzazione dei materiali prodotti, la realizzazione dei filmati e successivamente, a fine delle attività, alla redazione del report del Laboratorio.

Il resoconto delle attività è disponibile all'indirizzo

<http://www.ricercasit.it/clamSiTel/Content.aspx?page=48>

## **BIBLIOGRAFIA**

LIBRO BIANCO La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte, Commissione delle Comunità Europee, Bruxelles 2001.

LIBRO VERDE Verso una nuova cultura della mobilità urbana, Commissione delle Comunità Europee, Bruxelles 2007.

Decreto Legislativo 30/4/1992, n. 285 "Nuovo codice della strada"  
G.Valenti, S.Mitrovich, "Tecnologie ITS per i Sistemi di Trasporto",  
ENEA/TB07/01/2009

Presidenza del Consiglio dei Ministri, "Proposte di Linee Guida per lo sviluppo di servizi di Infomobilità nelle Regioni e negli Enti Locali", Aprile 2007.

<http://www.affariregionali.it>

Palermo.C, Cera L., Bidetta F. "L'evoluzione dei veicoli ad alto rendimento per il rilievo stradale"

L. Minotti, "L'importanza delle nuove tecnologie per migliorare il sistema dei trasporti", pag.21-23, IMPRESA & STATO n.82, 2008.

Roberto Zucchetti, "Il deficit infrastrutturale come deficit di sovranità", poag.39-42, IMPRESA & STATO n.82, 2008.

G. De Cantis, M. Antoniola, "Infomobilità e nuove opportunità di business: dall'automotive ai servizi per la mobilità"

M. T. Borzacchiello, V. Torrieri, P. Nijkamp, "An operational information systems architecture for assessing sustainable transportation planning: principles and design"

AA.VV. "Sistemi ITS Stato dell'Arte", X Congresso Mondiale, Madrid 2003

D Giuli, "UN QUADRO DI RIFERIMENTO PER LA DEFINIZIONE E L'ATTUAZIONE DI UN PROGETTO INTEGRATO INTERREGIONALE", [www.progettoicar.it](http://www.progettoicar.it)

AA.VV. "Piano Regionale della Mobilità Regione Lazio", Roma 2007.  
<http://www.regione.lazio.it/>

AA.VV. "DOCUMENTO DI INDIRIZZO REGIONALE PER L'INFOMOBILITÀ 2008 - 2010 per la Regione Toscana.  
[www.regione.toscana.it/regione/.../infomobilita](http://www.regione.toscana.it/regione/.../infomobilita)

AA.VV. "Piano Regionale dell'Infomobilità" Regione Piemonte, 2007.  
[www.regione.piemonte.it/trasporti/prt/dwd/piano\\_reg.pdf](http://www.regione.piemonte.it/trasporti/prt/dwd/piano_reg.pdf)

AA.VV. "Monitoraggio delle caratteristiche e delle azioni del traffico veicolare per il progetto e la manutenzione delle pavimentazioni stradali", Comitato Tecnico C42, VXX Convegno Nazionale della strada, AIPCR.

High Capacity Manual , 2000

K. Torp, H. Lahrmann "Floating car data for traffic monitoring"

D. F. Llorca, M. A. Sotelo, S. Sánchez, M. Ocaña, J. M. Rodríguez-Ascariz, and M. A. García-Garrido, "Traffic Data Collection for Floating Car Data Enhancement in V2I Networks", Hindawi Publishing Corporation, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, Volume 2010, Article ID 719294, 13 pages doi:10.1155/2010/719294

S. Eichler, C. Schroth, J. Eberspächer, "Car-to-Car Communication"

X. Yang, J. Liu, F. Zhao, N. H. Vaidya, "A Vehicle-to-Vehicle Communication Protocol for Cooperative Collision Warning"

A. Festag, H. Fußler, H. Hartenstein, A. Sarma, R. Schmitz, "FLEETNET: BRINGING CAR-TO-CAR COMMUNICATION INTO THE REAL WORLD", 11th World Congress on ITS, Nagoya, Japan, October 2004

AA.VV. "CAR 2 CAR Communication Consortium- Manifesto"

Piano Generale dei Trasporti e della Logistica, 2001,  
[http://ram.blutech.info/images/stories/files/documenti-nazionali/piano\\_generale\\_trasp\\_log.pdf](http://ram.blutech.info/images/stories/files/documenti-nazionali/piano_generale_trasp_log.pdf)

Piano Generale della Mobilità, 2007,  
<http://www.trasporti.gov.it>

Ministero Infrastrutture e dei Trasporti, "ARTIST: Architettura Telematica Italiana per il Sistema dei Trasporti, Roma 2001.  
<http://www.affariregionali.it/>

## **SITOGRAFIA**

### ***Linee guida, progetti ed esperienze di riferimento***

<http://www.car-to-car.org/>

<http://www.safespot-eu.org/>

<http://www.datex2.eu/>

<http://www.arts-mip.com/>

<http://www.centrico.ten-t.com/>

<http://www.serti-mip.com/>

<http://www.corvette-mip.com/>

[http://cordis.europa.eu/telematics/tap\\_transport/research/projects/karen.html](http://cordis.europa.eu/telematics/tap_transport/research/projects/karen.html)

<http://www.frame-online.net/home.htm>

<http://www.its-artist.rupa.it/>

### ***Realtà di riferimento***

<http://atom.research.microsoft.com/sensewebv3/sensormap/>

<http://www.autostrade.it/autostrade/traffico>

<http://www.beatthetraffic.com/>

<http://www.eutelsat.it/>

<http://www.ecoquadro.com>

<http://www.google.it/maps?ie=UTF8&ll=45.069399,7.687683&spn=0.075651,0.136642&f=d&dirflg=r>

<http://www.iphoneitalia.com/muovimi-informazioni-dettagliate-sui-mezzi-pubblici-di-milano-su-iphone-106738.html>

<http://www.ilmeteo.it/viabilita/>

<http://www.informatica.aci.it/index.php?id=territoriosostaeinfomobilit>

<http://mobile.atac.roma.it/>

[http://www.mobilitapalermo.org/mobpa/mobilita\\_guest.html](http://www.mobilitapalermo.org/mobpa/mobilita_guest.html)

<http://news.comune.fi.it/muoversi/servizi.php?servizi=Servizi>

<http://roma.corriere.it/traffico/>

<http://www.stradeanas.it/traffico/index.php>

<http://www.tfl.gov.uk/tfl/livetravelnews/realtime/road/default.aspx>

<http://traffico.octotelematics.it>

<http://www.5t.torino.it/5t/it/docs/traffico.jspf>

### ***Tecnologia***

[www.unisky.it/](http://www.unisky.it/)

[www.ricercasit.it/laserquad](http://www.ricercasit.it/laserquad)

[www.ricercasit.it/microdroneuav](http://www.ricercasit.it/microdroneuav)

[www.ricercasit.it/skyarrow/](http://www.ricercasit.it/skyarrow/)

[www.ricercasit.it/icaromms](http://www.ricercasit.it/icaromms)

<http://www.ricercasit.it/SummerSchoolFeltre/Content.aspx?page=79>

<http://www.phidgets.com/>

<http://www.easydata.it/>

<http://www.aitek.it/>

<http://www.ststraffic.it/prodotti/tripla.asp>

<http://www.lsi-lastem.it/>

<http://www.transporttech.mottmac.com/scaled/cd636260.png>

[http://www.gstforum.org/images/aachen/Enhanced\\_Floating\\_C\\_](http://www.gstforum.org/images/aachen/Enhanced_Floating_C_)

[ar\\_Data\\_kleiner1.JPG\]](http://www.gstforum.org/images/aachen/Enhanced_Floating_C_ar_Data_kleiner1.JPG)

<http://www.autoblog.it/post/19571/car-2-x-communication-il-sistema-bmw-per-la-salvaguardia-dei-pedoni>

<http://www.tomtom.com/services/service.php?id=2>

### ***Altri riferimenti***

<http://en.wikipedia.org>

<http://it.wikipedia.org>

<http://www.wilab.org/content/progetto-infomobilita>

[http://www.aremol.it/userfiles/file/P\\_R\\_Infomob.pdf](http://www.aremol.it/userfiles/file/P_R_Infomob.pdf)

[http://magazine.ciaopeople.com/Auto\\_Moto-6/Novita-22/Car-2-Car\\_nuovo\\_sistema\\_di\\_comunicazione\\_per\\_le\\_autou-5902](http://magazine.ciaopeople.com/Auto_Moto-6/Novita-22/Car-2-Car_nuovo_sistema_di_comunicazione_per_le_autou-5902)

<http://www.it.ipv6tf.org/minutes/CRF-ActivitiesApplicationsC2CCommunication.pdf>

<http://www.chron.com/disp/story.mpl/editorial/outlook/6990056.html>

<http://www.hindawi.com/journals/asp/2010/719294.html>

<http://www.wilab.org/content/progetto-infomobilita>

### ***Progetti***

Area 51

<http://www.ricercasit.it/clamSiTel/Content.aspx?page=120>

Smart Box

<http://www.ricercasit.it/clamSiTel/Content.aspx?page=128>

Eye on Venice

<http://www.ricercasit.it/Dottorato/Content.aspx?page=223>

