

IL CONTROLLO DEL TRAFFICO

sistemi di monitoraggio

Umberto Crisalli
crisalli@ing.uniroma2.it



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA

Tor Vergata

Dipartimento di Ingegneria Civile



Le componenti del sistema

Il monitoraggio del traffico costituisce una catena informativa composta, in generale, dalle seguenti parti:

✓ **Sensore**

dispositivo che produce un segnale descrittivo di caratteristiche del fenomeno da rilevare;

✓ **Rilevatore**

dispositivo elettronico capace di codificare il segnale prodotto dal sensore;

✓ **Trasmissione**

sistema utile al trasferimento delle informazioni codificate, dal sensore al rilevatore, dal rilevatore ad un'unità locale, dall'unità locale ad un'unità centrale;

✓ **Trattamento**

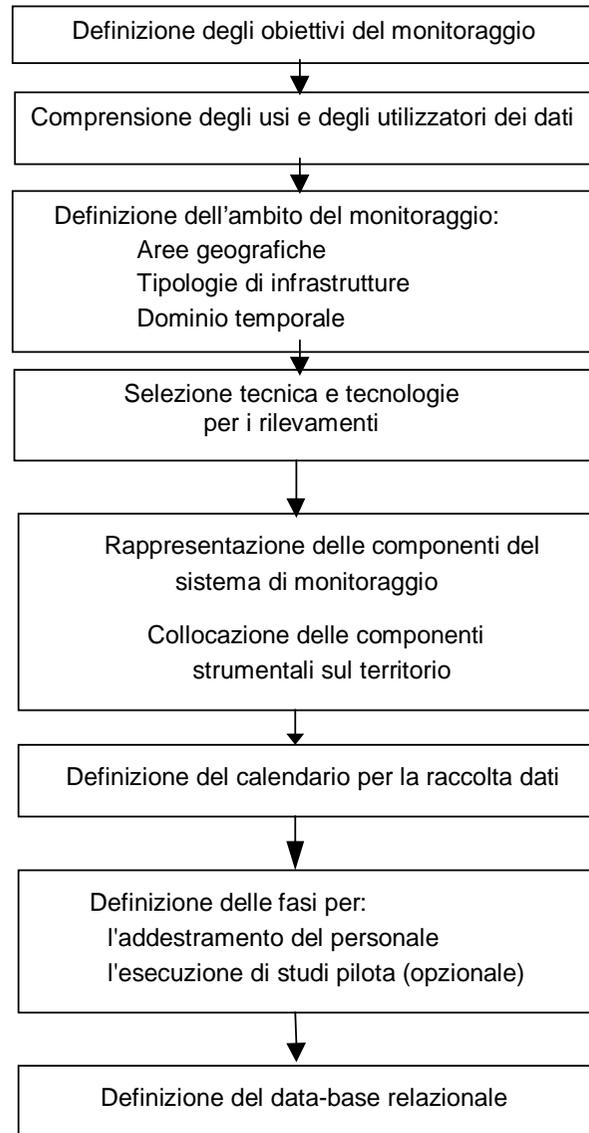
destinato a fornire dei dati elaborati a partire dai dati provenienti dai rilevatori; esso può essere centralizzato o avvenire, almeno in parte, presso le unità locali (stazioni di misura).

Classificazione dei sistemi di monitoraggio

Una possibile classificazione dei sistemi di monitoraggio può derivare dalla combinazione dei seguenti elementi:

- ✓ estensione spaziale dell'ambito oggetto di osservazione
(area circoscritta, vasta, urbana, extraurbana, ecc.);
- ✓ estensione della rete stradale
(semplice intersezione, singolo ramo, gruppo di rami e intersezioni, rete principale, ecc.);
- ✓ estensione temporale
(periodo di riferimento, durata delle operazioni d'indagine, cadenza temporale delle misure);
- ✓ numero e tipo di variabili da rilevare;
- ✓ apparato strumentale ed organizzativo.

Attività di Progettazione ed Esecuzione



Complessità del sistema

La complessità di un sistema di monitoraggio del traffico varia in rapporto agli obiettivi del monitoraggio stesso, ai metodi o alle tecnologie adoperate, alla catena di misura, trasferimento e trattamento dell'informazione. In generale è possibile, a priori, distinguere 3 macro-componenti:

- ✓ le grandezze da rilevare (variabili di traffico);
- ✓ le tecniche di raccolta dati e i rilevatori;
- ✓ le funzioni interessate dalla raccolta dati.

Oggetto del monitoraggio (1/2)

La condizione del deflusso su un tronco stradale dipendono dal sistema V.G.A. (veicolo-guidatore-ambiente). Risulta evidente come il deflusso di una corrente veicolare sia un fenomeno complesso, in cui entrano in gioco una molteplicità di variabili, che possono essere distinte in:

- ✓ Variabili di base;
- ✓ Altre variabili.

.

✓ Le variabili di base del deflusso veicolare

- ✕ Portata
- ✕ Velocità
- ✕ Densità

Oggetto del monitoraggio (2/2)

✓ Altre variabili del deflusso veicolare

✗ grandezze complementari o derivate

presenza/transito dei veicoli, lunghezze di coda, livello di traffico-congestione, tempi di viaggio;

✗ eventi che possono incidere sul traffico

incidenti, eventi accidentali, colli di bottiglia, manovre di svolta, cambi corsia;

✗ caratteristiche dei veicoli

peso totale, peso per asse, lunghezza, altezza, classificazione per tipo, identificazione, tasso di occupazione (numero di passeggeri);

✗ unità di transito

oltre alle autovetture si possono distinguere le diverse tipologie dei veicoli adibiti al trasporto delle merci, i veicoli a due ruote, altri veicoli, i pedoni;

✗ infrazioni o difetti dei veicoli

eccesso di velocità, inosservanza di arresto al rosso semaforico o allo stop, sosta vietata, marcia controsenso, difetto di illuminazione dei fari, pneumatici sgonfi, ecc.;

✗ condizioni meteorologiche e parametri ambientali

presenza di nebbia, ghiaccio, vento, pioggia, neve; concentrazioni di sostanze inquinanti, livelli di pressione sonora.

Obiettivi del monitoraggio

Gli obiettivi cui è finalizzato il sistema di monitoraggio possono essere specifici o molteplici. In generale i dati risultanti dai rilievi possono essere ritenuti necessari per supportare le seguenti azioni:

- ✓ Regolazione del traffico.
- ✓ Informazione all'utenza.
- ✓ Gestione di pedaggi.
- ✓ Controllo della sosta.
- ✓ Lotta contro le infrazioni.
- ✓ Assistenza alla guida.
- ✓ Sorveglianza di passaggi a livello.
- ✓ Sicurezza nelle gallerie e protezione di opere d'arte.
- ✓ Manutenzione della carreggiata.
- ✓ Supporto a studi e ricerche.

Possibili usi ed utenti dei dati rilevati

<i>Usi dei dati rilevati</i>	<i>Utilizzatori primari</i>	
	<i>Tecnici</i>	<i>Non-Tecnici</i>
<i>Pianificazione e progettazione dei sistemi di trasporto</i>	**	**
Sviluppo di politiche e programmi legati ai trasporti.*	**	X**
Definizione delle priorità di spesa nella scelta degli interventi sul sistema dei trasporti.*	X**	X**
Definizione di strategie di intervento sul sistema dei trasporti*	X**	**
Input e calibrazione per modelli di emissione di inquinanti e consumo di combustibile.*	X**	¶ **
Input e calibrazione per modelli di previsione della domanda di trasporto.*	X**	**
Calcolo del costo degli utenti della strada per analisi di tipo economico.*	X**	**
Previsioni di traffico a breve e medio termine*	X**	**
<i>Esercizio dei sistemi di trasporto</i>	**	**
Previsioni di traffico a breve e medio termine*	X**	**
Sviluppo di serie storiche su parametri di traffico.*	X**	**
Input e calibrazione per modelli di traffico (deflusso, emissione, consumo di carburante)*	X**	**
Controllo del traffico in tempo reale su strade e autostrade*	X**	**
Assistenza alla guida e navigazione*	X**	X**
Informazioni al conducente*	**	X**
Rilievo degli incidenti*	X**	**
<i>Valutazione</i>	**	**
Sistemi di gestione del traffico e misura delle prestazioni*	X**	**
Individuazione/monitoraggio dei trend del traffico (estensione, intensità, durata)*	X**	**
Localizzazione di elementi critici e colli di bottiglia*	X**	**
Misure di prestazione del sistema ed effetti derivanti da interventi sul sistema dei trasporti.*	X**	**
Trasferimento di informazioni riguardanti problemi e soluzioni circa il sistema dei trasporti*	**	X**
Ricerca e sviluppo*	X**	**

Ambito del sistema da monitorare (1/3)

Un ben definito ambito dello studio, legato agli obiettivi previsti, concorre ad assicurare la corretta individuazione e raccolta dei dati necessari.

L'individuazione dell'ambito dello studio riguarderà tre aspetti importanti:

- ✓ **Ambito geografico**

dove bisogna raccogliere i dati?

- ✓ **Tipologie di infrastrutture**

su quali infrastrutture effettuare la raccolta dei dati?

- ✓ **Ambito temporale**

quando effettuare la raccolta dei dati?

Ambito del sistema da monitorare (2/3)

Ambito territoriale

L'ambito territoriale d'indagine può essere più o meno vasto; il monitoraggio può essere diretto, ad esempio, su:

- ✓ un'area circoscritta, per esempio una zona in cui è previsto un intervento puntuale di adeguamento del sistema di trasporto;
- ✓ un corridoio territoriale fra due siti definiti;
- ✓ un'area urbana più o meno ampia;
- ✓ un'area comprensoriale, sub-regionale o regionale.

Tipologie di infrastrutture

Individuazione di infrastrutture con caratteristiche funzionali simili.

La classificazione funzionale tende a raggruppare strade aventi caratteristiche operative e di traffico simili. Il raggruppamento di strade con caratteristiche operative simili in un singolo strato campionario permette la definizione di un campione stratificato.

Ambito del sistema da monitorare (3/3)

Ambito temporale

Diversi elementi di natura temporale possono essere considerati nello stabilire l'ambito delle attività di monitoraggio; in particolare, possono essere assunti a riferimento le seguenti estensioni temporali.

✓ Mesi dell'anno

Poiché i dati raccolti sono comunemente usati per descrivere condizioni di traffico «tipiche» o «medie», riferite ad un anno, essi saranno raccolti in periodi che presentano caratteristiche di traffico tipiche o medie. Per spostamenti sistematici (lavoro) sono da preferirsi periodi primaverili (Marzo, Aprile e Maggio) o autunnali (Settembre, Ottobre e Novembre).

✓ Giorni della settimana

Tradizionalmente, il monitoraggio per molti operatori del trasporto è effettuato nei giorni intermedi della settimana (martedì, mercoledì e giovedì).

✓ Periodi all'interno di un giorno

I periodi temporali brevi definiscono l'estensione temporale nel giorno in cui si esegue il monitoraggio dei dati. Come per gli altri elementi, le fasce orarie d'interesse sono definite sulla base degli obiettivi dello studio. Per analisi finalizzate alla individuazione delle problematiche legate alla congestione del traffico, sono usualmente considerati tre periodi temporali: periodo di punta del mattino, periodo di morbida, periodo di punta serale

Tecniche e tecnologie per il monitoraggio

Sono ormai disponibili numerose le tecniche sperimentate e le tecnologie offerte dall'industria di settore che possono essere impiegate per la realizzazione di un sistema di monitoraggio.

Si può distinguere in:

- ✓ **tecniche di rilevamento manuale**

che richiedono la presenza continuativa di un operatore umano

- ✓ **tecniche di rilevamento automatico**

quelle che **non** la richiedono

Tecniche di rilevamento manuale

I metodi manuali di acquisizione dei dati di traffico si basano sulla rilevazione diretta eseguita da un operatore umano.

✓ Vantaggi

L'operatore umano non solo ha la capacità di rilevare il veicolo e riconoscerne il tipo, ma anche quella di valutare le manovre dei veicoli ed il comportamento del guidatore.

✓ Svantaggi

Limiti naturali dell'osservatore umano: non istantanea velocità di registrazione dei dati (tempi umani di reazione); affaticamento, che determina una minore attendibilità all'aumentare del tempo di rilevamento (max 3 ore).

I principali metodi di rilevamento manuale sono:

- ✗ il metodo dell'osservatore fisso;
- ✗ il metodo dell'osservatore mobile;
- ✗ l'apparecchio contacolpi.

Tecniche di rilevamento automatico

La necessità di raccogliere con continuità e accuratezza dati di traffico, su lunghi periodi ed a tutte le ore (sia diurne sia notturne), ha indotto la ricerca tecnologica del settore a produrre strumenti e sistemi automatici di rilevamento sempre più raffinati.

Le principali componenti di un sistema automatico di misura dei parametri del traffico sono:

- ✓ un rilevatore (captatore)
- ✓ un interprete,
- ✓ un registratore
- ✓ un elaboratore.

Il rilevatore è il componente sensibile alla grandezza che si vuole misurare (passaggio del veicolo, velocità del veicolo, ecc.); per ogni informazione rilevata esso genera un segnale che viene ricevuto e poi decifrato dall'interprete; il segnale codificato viene quindi trasmesso al registratore che, appunto, registra i dati necessari per l'elaborazione; quest'ultima può effettuarsi o in tempo reale o in una fase successiva, a seconda del tipo di sistema utilizzato.

Tecniche di rilevamento automatico

Le più diffuse tecnologie di rilevamento di uso corrente possono essere distinte in rapporto al tipo di rilevatore adoperato:

✓ **intrusivo**

che può essere posto sulla pavimentazione

✓ **non intrusivo**

entro o in prossimità della carreggiata, come di seguito descritto.

I più diffusi metodi di rilevamento automatico sono:

i tubi pneumatici;

i cavi triboelettrici;

i con spire induttive;

i sensori magnetodinamici;

i sensori a microonde;

i sensori acustici;

i sensori a raggi infrarossi;

i sensori VIM;

la fotografia aerea;

le immagini video;

tecnologie di tipo satellitare;

unità attrezzate mobili.

Tecniche di rilevamento automatico

✓ Tubi pneumatici

Sensore costituito da un tubo pneumatico posizionato sulla carreggiata e collegato ad un apparecchio contatore disposto al margine della strada. Quando le ruote di un veicolo schiacciano il tubo pneumatico, al suo interno si genera un'onda di pressione che genera un impulso nel contatore.

Vantaggi

- ✗ facilità di installazione e rimozione dei sensori
- ✗ costo contenuto
- ✗ possibilità di garantire un funzionamento con batterie di autonomia di alcuni giorni.

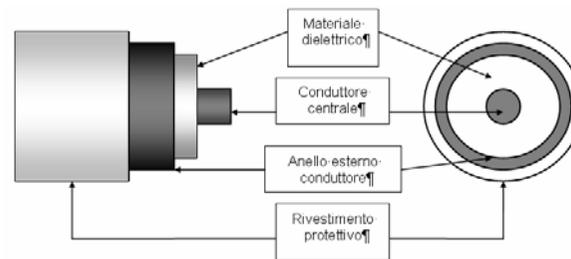
Svantaggi

- ✗ l'imprecisione di conteggio nel caso di flussi elevati
- ✗ l'impossibilità di ricavare i dati del transito dei veicoli multiassiali (infatti un camion con sei assi viene rilevato come tre u.v.e.);
- ✗ l'incapacità di effettuare conteggi su più corsie
- ✗ il rischio di rottura meccanica del tubo ad opera soprattutto dei mezzi pesanti;
- ✗ pericolo di stacco del tubo dalla pavimentazione stradale

Tecniche di rilevamento automatico

✓ Cavi triboelettrici

Simile a quella con tubi pneumatici, ma si basa sull'effetto triboelettrico, ovvero l'elettrizzazione per strofinio di un materiale dielettrico.



In pratica, quando le ruote di un veicolo passano sul cavo, i fili di acciaio dell'anello esterno del cavo sfregano la superficie del materiale dielettrico, elettrizzandolo, e provocando così un accumulo di carica elettrica; ciò comporta l'invio di un segnale elettrico e quindi la registrazione del passaggio dell'asse del veicolo.

Pertanto, similmente ai tubi pneumatici, i cavi triboelettrici effettuano il conteggio dei veicoli in transito a partire dal rilevamento degli assi dei veicoli stessi. Rispetto però ai tubi pneumatici, i sensori triboelettrici sono da preferire poiché risultano più robusti e resistenti, meno visibili e comunque non molto più costosi.

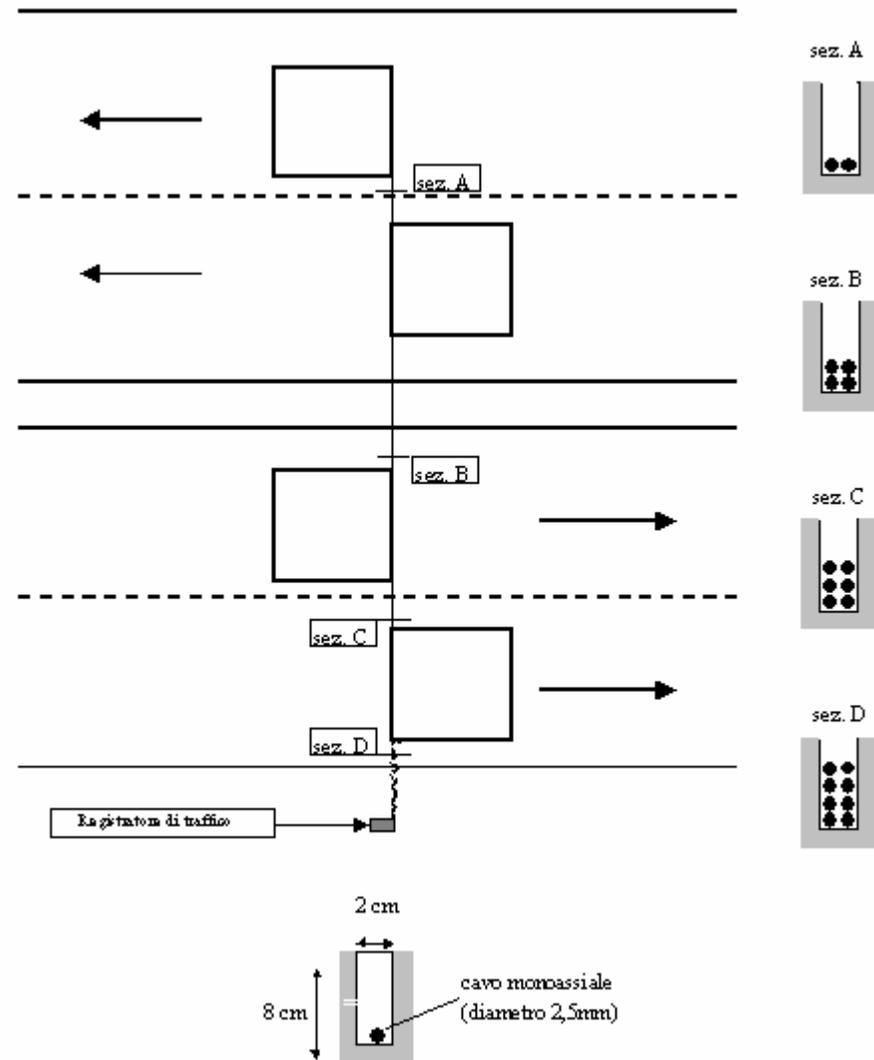
Tecniche di rilevamento automatico

✓ Spire induttive (1/2)

E', oggi giorno, la tecnica di misura più ampiamente utilizzata.

Tale sistema risulta costituito da una o più spire induttive posizionate in corrispondenza della carreggiata e collegate ad un apparecchio rilevatore posizionato ai margini della carreggiata.

Una spira induttiva è un avvolgimento di filo elettrico costituita normalmente da uno o due giri di filo disposti secondo una forma quadrata o rettangolare (con lati di 2-3 m);



Tecniche di rilevamento automatico

✓ Spire induttive (2/2)

Una singola spira installata su una corsia stradale consente la misura della portata veicolare sulla base del seguente principio di funzionamento.

La corrente elettrica fornita da un generatore a batteria (di cui è dotato l'apparecchio di misura) attraversa il filo costituente la spira, generando un campo magnetico. Quando la massa metallica di un autoveicolo transita sulla spira si verifica una variazione di questo campo magnetico riducendo l'intensità della corrente circolante nella spira. Questa variazione produce un segnale elettrico (che dura per tutto il tempo di permanenza del veicolo nella zona di rilevazione) consentendo così la segnalazione della presenza del veicolo e quindi il conteggio.

L'apparecchio registratore è dotato di un timer interno per cui il conteggio può essere tradotto in portate veicolari su prefissati intervalli di tempo. È opportuno precisare che il tempo di occupazione da parte di un veicolo della zona di rilevazione dipende dalla lunghezza del veicolo stesso, nonché dal suo tempo di passaggio.

Tecniche di rilevamento automatico

✓ Sensori magnetodinamici (VMI)

I sensori magneto-dinamici o sensori VMI (“vehicle magnetic imaging”) sono più moderni sensori di tipo intrusivo capaci di rilevare una vasta gamma di dati di traffico (passaggio dei veicoli, velocità di transito, lunghezza veicolare, tempo di occupazione della sezione stradale, distanziamento temporale).

Un sensore magneto-dinamico ha l’aspetto di una piastra rettangolare di piccole dimensioni, ed è costituito essenzialmente da un microprocessore alimentato da batterie ricaricabili.

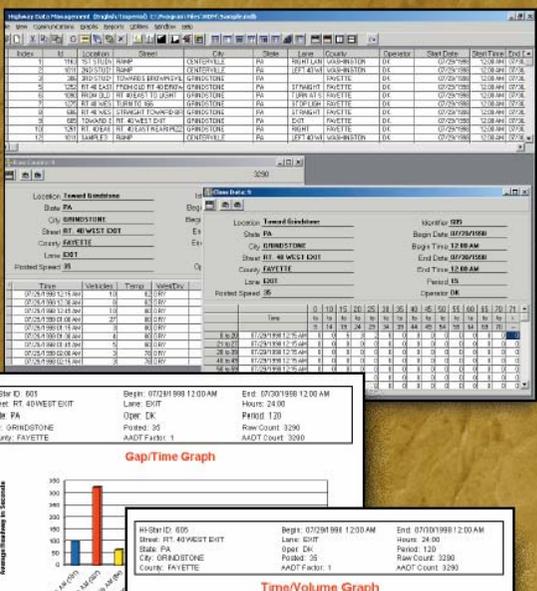
I sensori magneto-dinamici rilevano il passaggio dei veicoli stradali basandosi sull’analisi della variazione del campo magnetico terrestre, indotte dalla interferenza delle componenti metalliche del veicolo. In corrispondenza di ogni cambiamento del campo magnetico terrestre indotti dall’influenza magnetica del veicolo transitante, i circuiti GMR (“Giant Magneto Ratio”) presenti all’interno del rilevatore producono un segnale elettrico, il quale risulta direttamente proporzionale alla massa magnetica veicolare che lo ha provocato. Tali segnali elettrici sono analizzati dal microprocessore del sensore e quindi immagazzinati nella sua memoria interna.

Sensori magnetodinamici (VMI)



featuring the exclusive

HDM® (Highway Data Management) Software



The screenshot displays the HDM software interface. At the top, there is a table with columns for Index, Location, Street, City, State, Lane, County, Operator, Start Date, and Start Time. Below the table, there are several panels: 'Location, Toward Direction', 'Data PA', 'City SPRINGSTONE', 'Street RT 40 WEST EXIT', 'County FAYETTE', 'Lane EAST', 'Printed Speed 35', 'Location, Toward Direction', 'Data PA', 'City SPRINGSTONE', 'Street RT 40 WEST EXIT', 'County FAYETTE', 'Lane EAST', 'Printed Speed 35', 'Time', 'Volume', 'Total', 'Speed', 'Time', 'Volume', 'Total', 'Speed'. At the bottom, there are two graphs: 'Gap/Time Graph' and 'Time/Volume Graph', both showing data for 'RT 40 WEST EXIT'.

Accurate. Easy. Anywhere.

The HI-STAR® portable traffic analyzer features patented Vehicle Magnetic Imaging (VMI) technology to provide you with the essential information needed for intelligent, accurate traffic analysis and highway management.

HI-STAR records the volume, speed and length classification of vehicles PLUS road surface temperature, wet/dry surface condition and roadway occupancy.

Features:

- Highly Accurate Data Collection
- Fast & Easy Installation
- No Tubes, Locks or Chains
- Very Low Maintenance
- Simple Programming
- Efficient HDM Software
- Vehicle Magnetic Imaging (VMI)
- Extensive Memory
- 15 Speed Categories
- 8 Length Categories
- Rechargeable Batteries
- Selectable Count Interval

Applications:

- Multi-Lane Highways
- City Streets
- Intersections & Turn Lanes
- Unimproved Roads
- Construction Zones
- State & Recreational Parks
- Casinos & Sports Arenas
- Airports
- Military Bases

HDM - The software that makes the difference.

Sensori magnetodinamici (VMI)



featuring the
exclusive

id

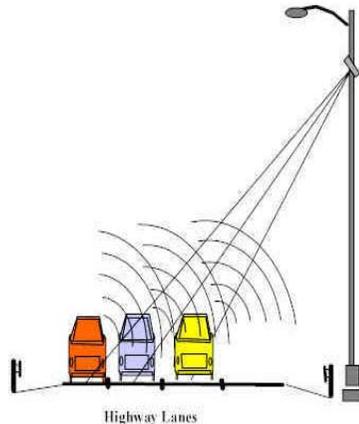


and the impact of
nicals. Placed over
ly within seconds,
affic study is com-
ther installation.

Tecniche di rilevamento automatico

✓ Sensori a microonde

In alternativa ai tradizionali sensori installati sulla pavimentazione bituminosa, il rilevamento del passaggio e della velocità dei veicoli attraversanti una sezione stradale può essere effettuato mediante l'impiego di moderne tecnologie fuori terra, come i sensori a microonde o "microwave radar".



Tecniche di rilevamento automatico

✓ Rilevamento con immagini video

Un sistema di monitoraggio video si basa sull'impiego di telecamere, le quali consentono di rilevare con continuità le scene di traffico che si svolgono su un tronco stradale.

Le telecamere offrono dunque una rappresentazione spazio-temporale del deflusso veicolare che non ha eguali in termini di informazione potenziale.

Tuttavia, la determinazione dei parametri del traffico a partire dalle immagini filmate risulta tutt'altro che semplice e immediata.

Per ottenere le informazioni di interesse occorre infatti un'attenta analisi ed elaborazione delle immagini provenienti dalle telecamere; in altre parole, è necessario un "trattamento" del filmato attraverso delle metodologie rigorose che consentano sia di interpretare il contenuto di ciascuna immagine (analisi spaziale) sia di correlare sequenzialmente i contenuti delle immagini stesse (analisi temporale).

Tecniche di rilevamento automatico

✓ Rilevamento con immagini video

(Trattamento delle immagini da operatore umano)

Il trattamento delle scene di traffico riprese può essere svolto manualmente con notevole dispendio di energia e tempo da parte dell'operatore. Un sistema di monitoraggio dei flussi veicolari basato esclusivamente sul trattamento manuale delle immagini filmate risulta costituito essenzialmente da:

- ✗ una telecamera che capta le scene di traffico;
- ✗ un videoregistratore che ne consente la registrazione su cassette;
- ✗ un monitor di visualizzazione delle immagini registrate, la cui analisi manuale consentirà il rilevamento di diversi parametri del deflusso.

Nel trattamento manuale, l'analisi e l'elaborazione delle scene di traffico sono effettuate a posteriori da uno o più operatori. In tal caso, le (acquisite in precedenza tramite telecamera e registrate su videocassette) sono visualizzate su uno schermo video, grazie all'utilizzo di un videoregistratore e di un monitor. Tali immagini video permettono di rilevare numerose informazioni ed è compito dell'operatore vagliare e rilevare quelle di interesse.

Tecniche di rilevamento automatico

✓ Rilevamento con immagini video

(Trattamento automatico delle immagini)

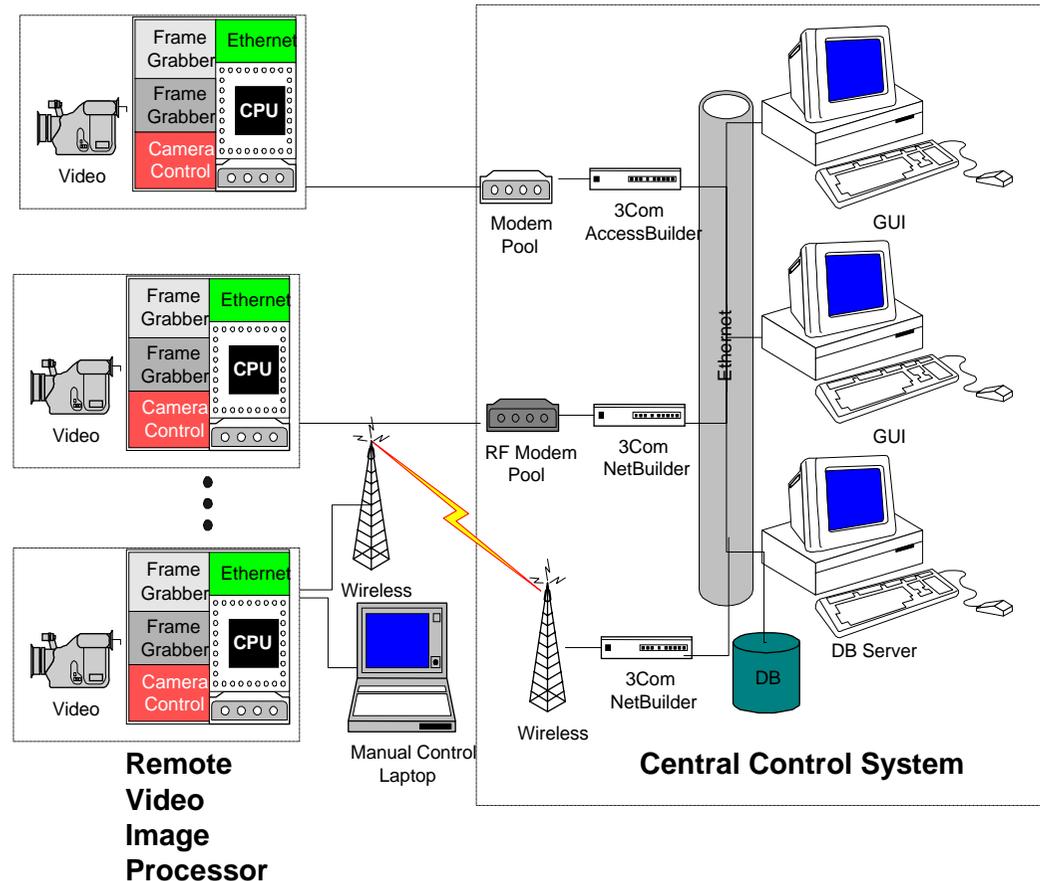
Il trattamento delle scene di traffico riprese può essere, altresì, svolto automaticamente, attraverso l'impiego di hardware e software specializzati capaci di svolgere con rapidità un gran numero di operazioni e di gestire una gran mole di dati.

Un sistema di rilevamento video basato sul trattamento automatico delle immagini di traffico risulta strutturato in maniera più complessa, avvalendosi di una serie di strumenti operativi, quali:

- ✘ **una o più telecamere** che ricevono le immagini di traffico, convertendole in segnale elettrico;
- ✘ **un videoregistratore** (da impiegare solo nel caso di trattamento automatico a posteriori) che registra su cassette le scene di traffico filmate;
- ✘ **un convertitore analogico-digitale** che trasforma il segnale elettrico uscente dalla telecamera (o dal videoregistratore) in forma digitale;
- ✘ **un elaboratore**, munito di software specializzato, che provvede alla manipolazione delle immagini digitali fornite dal convertitore ed alla conseguente valutazione delle variabili di traffico di interesse.

Traffic Video Analysis System

- **Architettura aperta**
 - Espandibile
 - Interfacce standard
 - TCP/IP over Ethernet
- **Sistema Distribuito**
 - Controllo remoto
 - Processo locale
 - Multiple Comm Links
- **Controllo Centrale**
 - Viewing remoto
 - Allarmi automatici



Trasmissione e ricezione dati

- Il sensore video è in genere montato su pali preposti alla illuminazione. Viene impostata l'angolazione della camera la quale è fornita di zoom e autofocus. E' preferibile la posizione più alta adiacente la strada in modo che l'impostazione dei parametri di visualizzazione possa considerare la più ampia zona e il maggior numero di corsie.
- Il sistema usa videocamere standard che inviano una media di 30 fotogrammi per secondo (colori) in immagine continua.



Trasmissione e ricezione dati



- Fino a 4 camere per sistema
 - 7 corsie per camera
 - videocamere standard
- Dati sul traffico in real-time (volume, velocità, occupazione e lunghezza delle code)
- Real time video (e streaming video)



Il segnale video viene trasmesso al sistema centrale attraverso un collegamento ad alta velocità (wireless/high speed transmission) affinché venga processato



2.4 GHz license free
5.8 GHz license free

Fiber

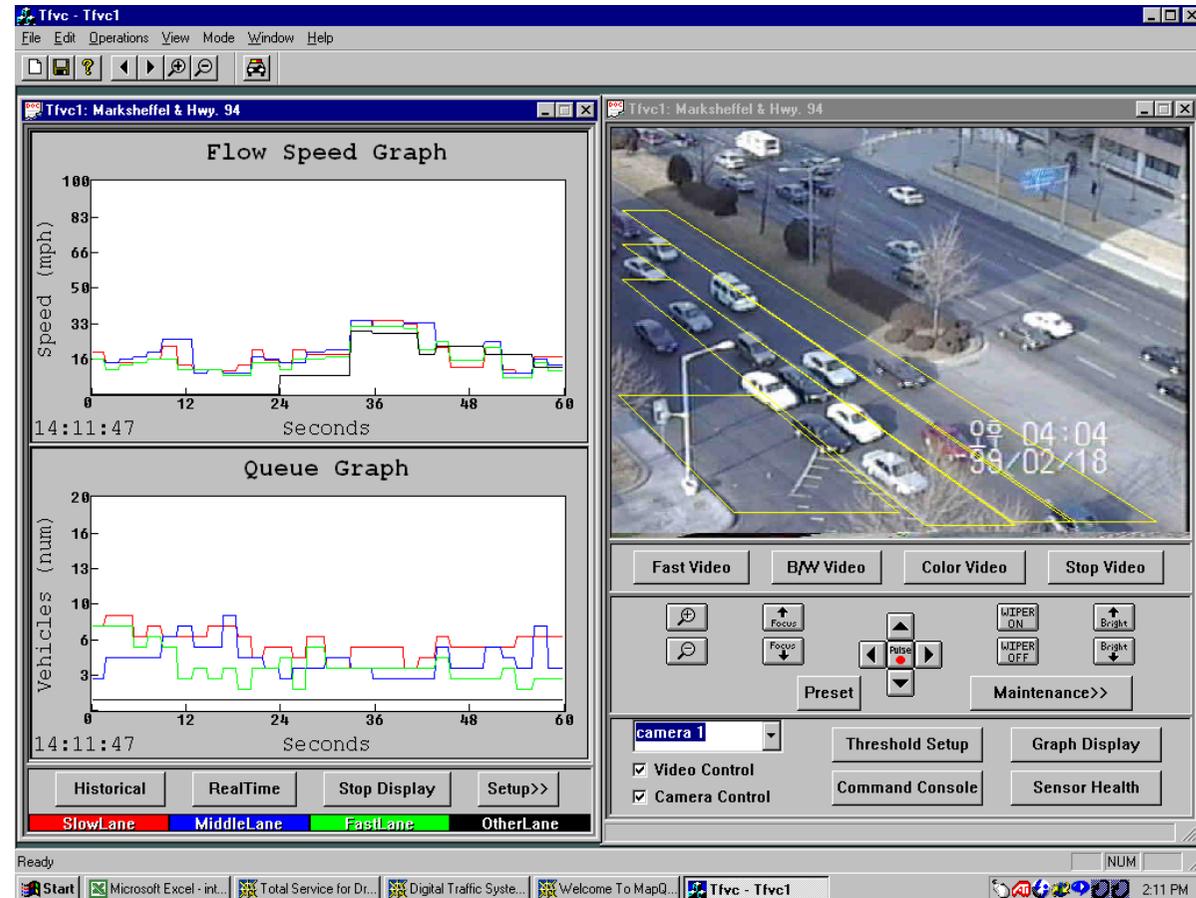
Wireless Ethernet

Trasmissione e ricezione dati

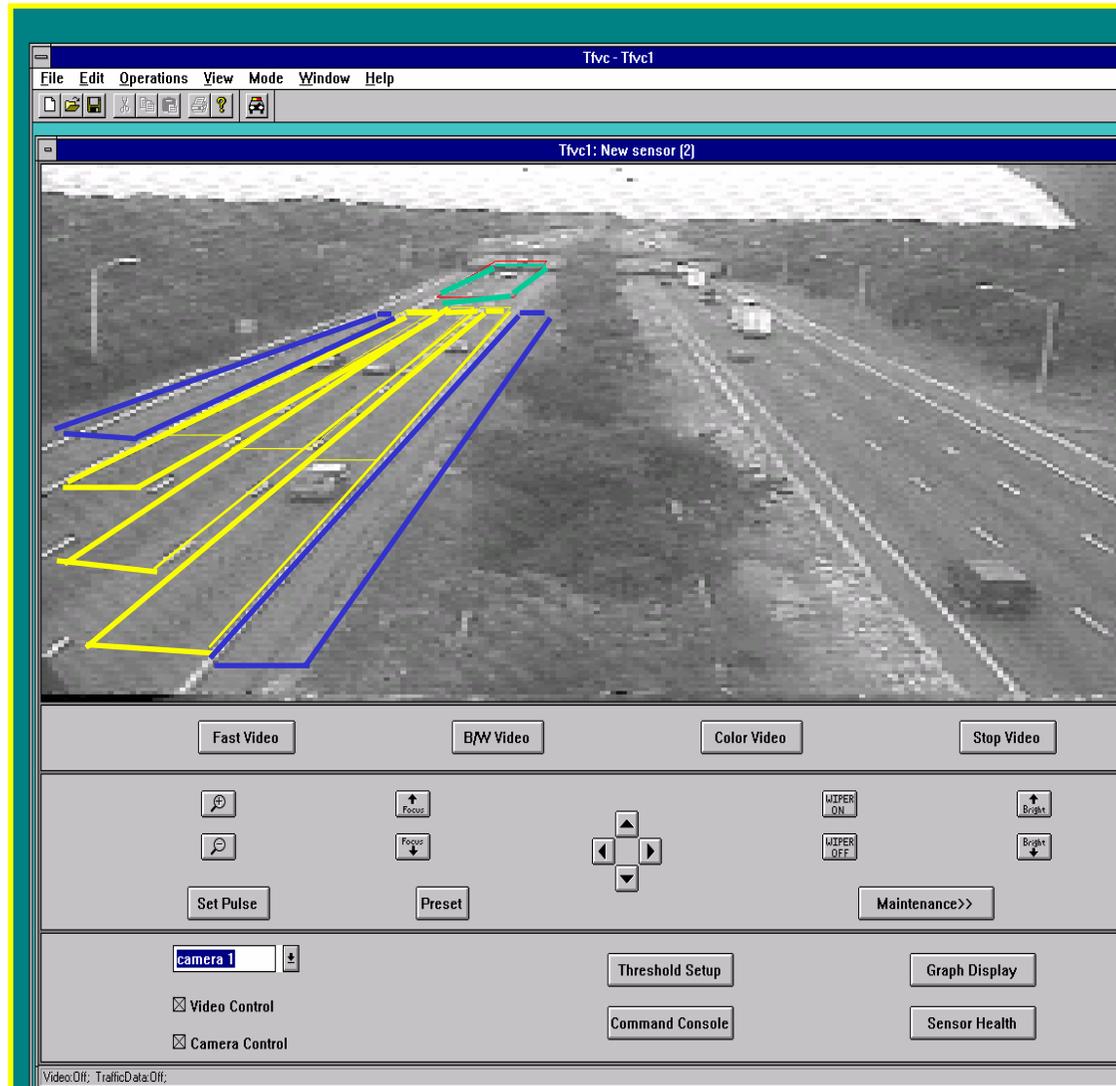
- **L'immagine video viene inviata al Traffic Flow Video Controller utilizzando differenti interfacce di telecomunicazioni quali:**
 - **DTS License Free Wireless (2.4GHz o 5.8 GHz)**
 - **Cavi in fibra ottica**
 - **Cavi ad alta velocità**
 - **Connessione internet ad alta velocità**
- **La camera è equipaggiata con un cavo video che è connesso al trasmettitore. Il trasmettitore è in genere montato sulla stessa struttura che ospita la camera.**
- **Il ricevitore è collocato presso il centro di controllo e collegato al computer centrale.**

Visualizzazioni

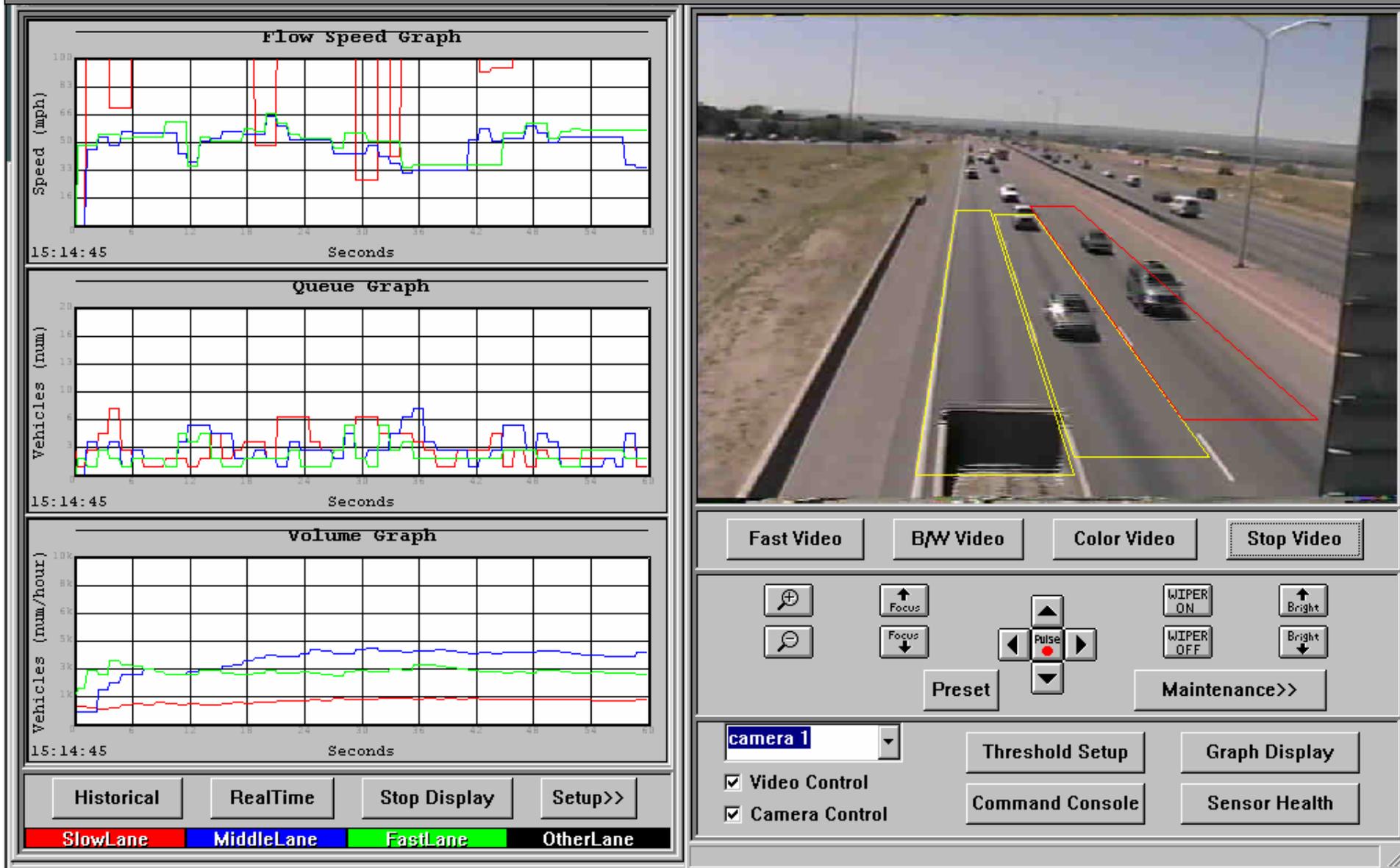
- **Individuazione delle zone**
 - Estesa area di monitoring
 - Zone multiple
 - Bi-direzionale
- **Image detection**
 - *Trace* di ogni veicolo
 - Misurazione delle code
- **Real time traffic data**
- **Streaming Video**



Setup Visualizzazioni

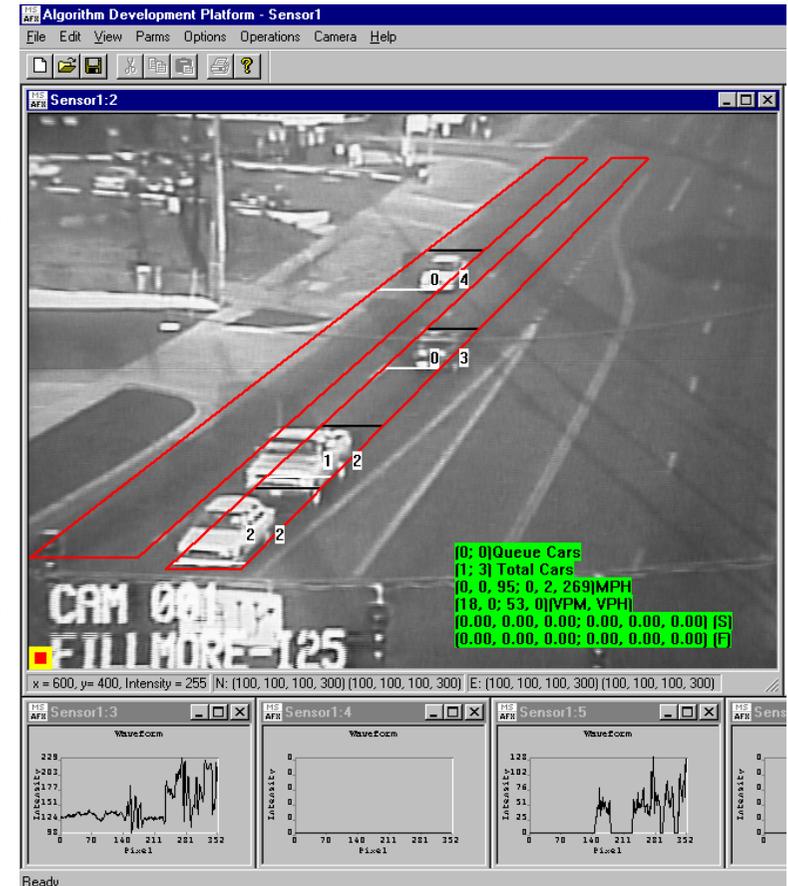


Il sistema centrale elabora e decodifica il segnale mostrando le immagini. Viene rilevato ed identificato lo stato delle corsie in funzione di parametri di riferimento. Vengono infine processati i dati per ogni veicolo che entra.



Misurazioni

- **Lunghezza delle code** (vehicle count) è definita come il numero di veicoli rilevati in una determinata zona in un dato momento
- **Velocità** (km per ora) è la velocità media in km/h di tutti i veicoli in una determinata zona in un dato momento
- **Densità** (veicoli per km) è calcolata come il numero di veicoli divisi per la lunghezza della zona che viene monitorata. E' espressa come la media dei veicoli per Km.
- **Volume** (veicoli per ora) è il numero dei veicoli che occupano una determinata zona in un dato periodo di tempo. Viene calcolato considerando il numero totale dei veicoli in una determinata zona e dividendo loro per il tempo totale della loro permanenza.
- **Occupazione** (percentuale di occupazione della corsia) è la percentuale della zona che è occupata dai i veicoli in un dato punto in un dato momento. E' ottenuta sommando la lunghezza di tutti i veicoli nella zona in un dato momento e dividendo loro per la lunghezza della zona stessa e poi moltiplicando per 100.
- **Headway** (distanza media in mt. tra i veicoli) è la distanza media in mt. tra veicoli adiacenti in una determinata zona in un dato momento.



Elementi di comparazione

Caratteristiche delle varie tecnologie

Tecnica di raccolta dati	Costi Iniziali	Costi operativi	Qualifica richiesta
Manuale	Bassa	Medi	Bassa
Rilevatori di distanze	Medi	Medi	Media
Misuratori di portata e classificatori	Medi	Medi	Media
Misuratori di velocità	Medi	Medi	Media
Videocamere con identificazione manuale	Bassa	Elevati	Media
Videocamere con identificazione automatica	Medi	Medi	Bassa
Strumenti AVI (Automatic Vehicle Identification)	Elevati	Bassi	Elevata
Strumenti GPS (Global Positioning Systems)	Medi	Bassi	Elevata

Tecnica di raccolta dati	Sintesi dei dati	Flessibilità di utilizzo	Accuratezza
Manuale	Povera	Eccellente	Accettabile
Rilevatori di distanze	Buona	Eccellente	Buona
Misuratori di portata e classificatori	Buona	Eccellente	Buona
Misuratori di velocità	Buona	Eccellente	Buona
Videocamere con identificazione manuale	Accettabile	Accettabile	Eccellente
Videocamere con identificazione automatica	Buona	Accettabile	Eccellente
Strumenti AVI (Automatic Vehicle Identification)	Buona	Povera	Eccellente
Strumenti GPS (Global Positioning Systems)	Accettabile	Buona	Buona

Elementi di comparazione

Caratteristiche delle varie tecnologie

Tecnica di raccolta dati	Tasso di campion. temporale	Tasso di campion. spaziale	Tasso di campion. veicolare
Manuale	Basso	Medio	Basso
Rilevatori di distanze	Basso	Elevato	Basso
Misuratori di portata e classificatori	Basso	Elevato	Basso
Misuratori di velocità	Basso	Elevato	Basso
Videocamere con identificazione manuale	Elevato	Basso	Elevato
Videocamere con identificazione automatica	Elevato	Basso	Elevato
Strumenti AVI (Automatic Vehicle Identification)	Elevato	Basso	Medio
Strumenti GPS (Global Positioning Systems)	Medio	Elevato	Medio

Elementi di comparazione

Potenzialità delle varie tecnologie

Tecnologia	Flusso	Velocità	Occupazione	Classificazione	Densità	Distanziamento	Tempo di arresto	Detezione Incidentia	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.¶

Elementi di comparazione

Installazione e manutenzione

Tecnologia	Posizionamento	Montaggio	Calibrazione	Manutenzione	Affidabilità
Spire Induttive	B	-	+	+	+
Magnetiche	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.

Elementi di comparazione

Caratteristiche del Mercato (dati U.S.A.)

Valore delle installazioni

Rilevatore	Unità installate	Quota di Mercato (%)	Corsie monitorate	Quota di mercato	Valore (US\$)	Quota di mercato
Spire induttiva	670.182	63.30	460.203	33.85	833.933.204	40.82
Ultrasuono	225.456	21.30	563.640	41.46	447.123.300	21.89
Microonda	51.036	4.82	142.563	10.49	65.551.208	3.21
Piezo-elettrico	42.473	4.01	79.074	5.82	179.649.975	8.79
Infrarosso	23.999	2.27	34.029	2.50	75.935.459	3.72
Video	19.502	1.84	48.197	3.55	237.595.482	11.63
Magnetico	12.046	1.14	12.038	0.89	2.383.235	0.12
CCTV	5.026	0.47	10.717	0.79	63.722.870	3.12
WIM	4.721	0.45	1.788	0.13	56.062.713	2.74
Ibridi	2.423	0.23	4.511	0.33	61.308.000	3.00
AVI	1.272	0.12	1.610	0.12	15.309.096	0.75
Acustica	480	0.05	1124	0.08	4.022.235	0.21
Totale	1.058.696	100%	1.359.472	100%	2.042.944.102	100%

BT

Elementi di comparazione

Costi medi di acquisto ed installazione (dati U.S.A.)

<i>Tecnologia</i>	<i>Costo medio per unità (\$)</i>	<i>Numero detectors per corsia</i>	<i>Costo medio per corsia (\$)</i>
Spire induttiva	1.250	1.44	1.800
Ultrasuono	1.008	0.40	403
Microonda	1.450	0.43	624
Piezo-elettrico	4.300	0.64	2.752
Infrarosso	2.800	0.92	2.572
Video	13.000	0.42	5.460
Magnetico	360	1.04	374
CCTV	19.000	0.50	9.500
WIM	11.800	2.02	23.836
Acustici	4.300	0.37	1.554