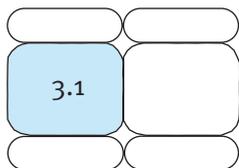




AUTONICA L'ELETTRONICA SULL'AUTO

Gianfranco Burzio



Autonica è un neologismo nato dall'unione dei termini Automobile ed Elettronica e indica l'applicazione dell'elettronica sull'auto: un impiego abbastanza recente rispetto allo sviluppo della tecnologia elettronica stessa. La maturazione della tecnologia, soprattutto con la microelettronica, ha consentito di raggiungere i requisiti richiesti con costi accettabili e ora l'elettronica sta rivoluzionando molti componenti dell'auto. Un processo ancora in forte sviluppo che porterà ad avere veicoli nel prossimo futuro con miglior comfort, efficienza e sicurezza.

1. INTRODUZIONE

L'automobile è indubbiamente una delle innovazioni tecnologiche che hanno cambiato il mondo. Nonostante abbia oltre un secolo, molte case automobilistiche hanno festeggiato questo traguardo negli ultimi anni (la FIAT ad esempio, nel 1999), è tutt'altro che una tecnologia matura. Anche il mercato, a dispetto delle apparenze, ha ancora enormi opportunità di crescita.

L'auto, infatti, è un bene del quale può godere oggi soltanto il 12% della popolazione mondiale. Il mercato dell'auto continua a crescere al ritmo del 2% medio annuo, per raggiungere, si prevede, una dimensione tra i 60 e 70 Milioni di veicoli prodotti annualmente nel 2010. Questo se non avvengono improvvise accelerazioni del mercato in Paesi come la Cina che potrebbero stravolgere tutte le previsioni.

Ma insieme al mercato sta crescendo, in modo molto più rapido, la competitività tra le aziende automobilistiche. Competitività che si gioca sui prezzi, sulla varietà di offerta di modelli e sulla disponibilità di nuovi contenuti di prodotto. Tutti questi fattori aumenta-

no i costi e riducono fortemente i margini di profitto.

Per rispondere alle diverse esigenze, non solo del mercato ma anche delle normative, tutte le case automobilistiche investono nello sviluppo di nuove tecnologie, per la massima parte basate sull'elettronica. La maggior parte delle innovazioni introdotte sull'auto si basano sull'elettronica.

Attualmente la percentuale di componenti elettronica nel valore dell'auto è intorno al 25%. Dieci anni fa era pari al 18% e si ritiene arriverà al 35% nel 2010 (fonte Bosch).

2. L'ELETTRONICA NELL'EVOLUZIONE DELL'AUTO

Dalla sua nascita, negli ultimi anni del XIX secolo, l'automobile si è evoluta per molti decenni soprattutto nel propulsore, in particolare con l'introduzione dei motori a elevato rapporto di compressione, resi possibili anche grazie alla evoluzione dei combustibili. La successiva, grande rivoluzione si è avuta con la introduzione dei microprocessori. Gli



ultimi modelli ormai dispongono di decine di centraline elettroniche di controllo (ECU, *Electronic Control Unit*) che controllano praticamente tutti i dispositivi (motore, freni, climatizzazione ecc.).

Centraline elettroniche controllano le serrature che si aprono con un telecomando, il tergicristallo che adatta la sua velocità alla intensità della pioggia, le luci che si accendono automaticamente entrando in un tunnel. Ogni dispositivo assume una propria intelligenza, rendendo automatiche molte operazioni.

Altre centraline si occupano della sicurezza. Ci permettono di avere un migliore controllo del veicolo, in condizioni di bassa aderenza (ABS, VDC) e, se proprio l'incidente accade, cercano di ridurne gli effetti azionando una serie di *airbag* intorno agli occupanti il veicolo, dopo aver teso le cinture di sicurezza per trattenerci perfettamente.

Inoltre, si preoccupano del nostro comfort, controllando il clima interno all'abitacolo, facendoci ascoltare la radio, indicandoci il percorso da seguire verso la destinazione.

La presenza di intelligenza su tutti i vari dispositivi consente di realizzare funzioni complesse, grazie alla interazione tra i vari dispositivi. Si ottengono così funzioni semplici ma utili, ad esempio l'attivazione automatica del tergicristallo, quando viene inserita la retromarcia e i tergicristalli sono attivi, oppure molto complesse, come il controllo della dinamica del veicolo (**VDC, Vehicle Dynamic Control**, oppure **ESC, Electronic Stability Control**) ottenuta mediante il controllo indipendente della frenata sulle quattro ruote e del motore.

Ottenere queste funzioni richiede che tutti i vari dispositivi siano tra loro interconnessi. Se su un veicolo moderno ogni connessione necessaria fosse realizzata, il numero di connessioni, e quindi di fili, sul veicolo sarebbe enorme. Fortunatamente l'elettronica ha fornito una soluzione anche a questo problema.

3. LA RIVOLUZIONE NELLE CONNESSIONI IL MULTIPLEX

Nel primo dopoguerra le vetture di gamma elevata potevano avere circa 70 collegamenti elettrici. Oggi ne troviamo anche 1600. Questo significa diversi chilometri di cavi.

Sarebbero addirittura moltissimi di più se negli ultimi anni non si fosse introdotto l'impiego di connessioni monofilari, che sostituiscono con un'unica coppia di fili moltissimi collegamenti.

Se al guidatore il veicolo appare sempre più dotato di nuove e interessanti funzioni, questo avviene anche grazie a questa rivoluzione, invisibile ai suoi occhi ma di enorme importanza: le connessioni tra i vari componenti non sono più multifilari (Figura 1), ovvero un filo per ogni segnale o comando, ma monofilari o multiplexate: su una coppia di fili viaggiano più informazioni o comandi (Figura 2 e 3). Come si vede dalla figura esistono due versioni del sistema monofilare:

le connessioni tra due centraline o componenti vengono sostituite da una singola

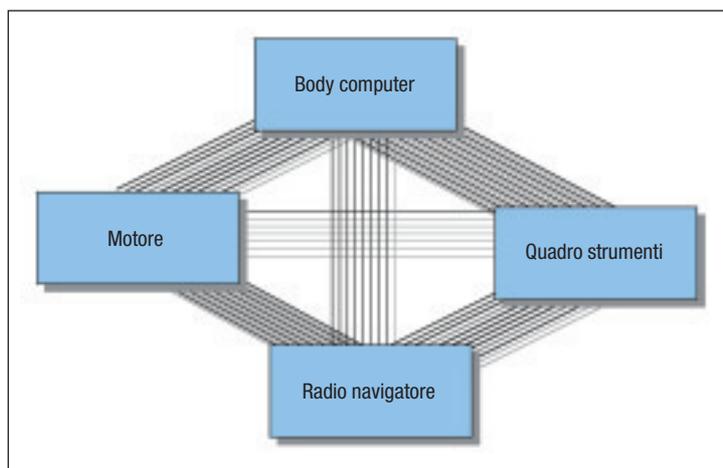


FIGURA 1

Schema Multifilare

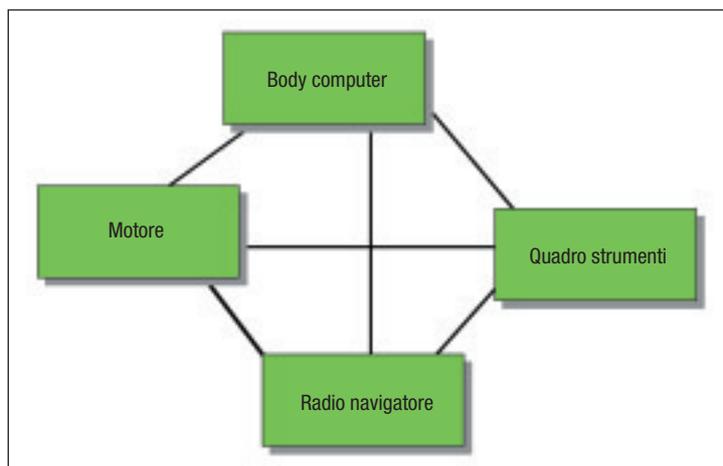


FIGURA 2

Schema Multiplex

Il sistema **VDC – Vehicle Dynamic Control** è uno dei più recenti, come ingresso sul mercato, sistemi di sicurezza attiva. È noto anche con il nome ESC, *Electronic Stability Control*. Questo sistema è diventato famoso alcuni anni fa, come soluzione per risolvere la tendenza a ribaltarsi da parte di una vettura, prossima a essere lanciata sul mercato, di una delle più prestigiose case automobilistiche del mondo.

La curva più in basso nella figura A mostra la traiettoria che il veicolo seguirà se la sua accelerazione laterale è compatibile con le condizioni di attrito tra i pneumatici e la strada; in questo caso, il mezzo segue fedelmente il moto desiderato dall'automobilista.

Se la strada è scivolosa, con un coefficiente di attrito basso, tale cioè da non consentire lo sviluppo della necessaria forza laterale, il raggio di curvatura della traiettoria aumenta, allontanandosi da quello che si avrebbe in condizioni di massima aderenza, fino ad arrivare a condizioni di instabilità, come mostra la curva più a sinistra.

Per controllare la traiettoria occorre in questo caso armonizzare le azioni laterali e longitudinali sulle quattro ruote in modo da non superare per nessuna di esse la massima forza di interazione possibile tra pneumatico e strada; a costo naturalmente di un aumento del raggio di curvatura della traiettoria del veicolo (curva intermedia).

L'angolo tra l'asse longitudinale del veicolo e un sistema di riferimento solido alla strada è detto angolo di imbardata, la sua variazione (velocità di imbardata) misura la variazione di direzione che il veicolo sta compiendo. L'angolo che, invece, l'asse longitudinale crea con la traiettoria del veicolo viene invece detto "angolo di deriva". Le condizioni di aderenza stradale portano a valori limite di tali grandezze fisiche.

L'azione del VDC consiste nel controllare la velocità di imbardata e l'angolo di deriva del veicolo β , in modo da non superare tali limiti, ottenendo quindi la traiettoria centrale descritta in figura; come si può notare questa traiettoria si discosta da quella desiderata ma consente di mantenere il controllo direzionale del veicolo.

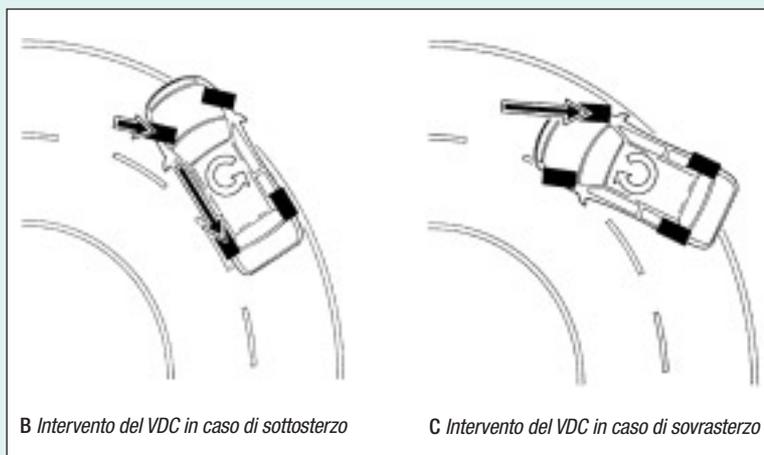
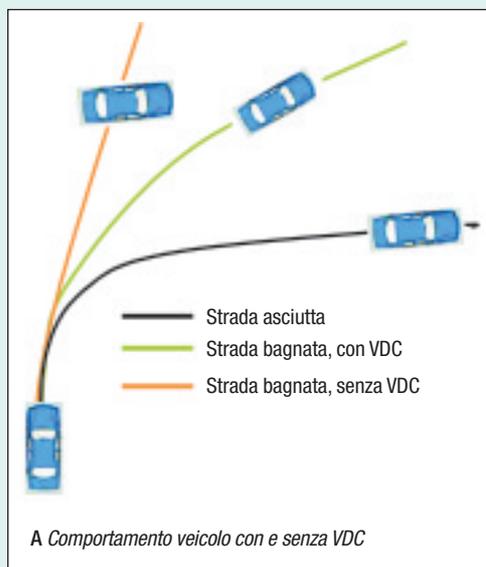
È da sottolineare però che il VDC interviene per correggere eventuali comportamenti sottosterzanti o sovrasterzanti della vettura anche in condizioni non critiche, prevenendo manovre da parte del guidatore che possono essere di difficile gestione. Il VDC interviene in modo diverso nei seguenti due casi (l'esempio si riferisce a una vettura con trazione anteriore).

Nel caso di comportamento sottosterzante dell'autoveicolo: la centralina verifica la presenza del sottosterzo (prevalenza della deriva sull'assale anteriore) e corregge il comportamento della vettura, frenando le ruote interne alla curva ed eventualmente riducendo la coppia motrice.

Il comportamento sottosterzante si ha quando il veicolo tende a curvare di meno rispetto all'angolo sterzo, sembra che la vettura "tiri dritto" (Figura B).

Nel caso del comportamento sovrasterzante: la centralina, in presenza di condizioni di sovrasterzo (prevalenza della deriva sull'assale posteriore), corregge il comportamento della vettura, frenando la ruota anteriore esterna alla curva al fine di creare un momento d'imbardata opposto eventualmente incrementato da un aumento della coppia motrice.

Il comportamento sovrasterzante si ha quando il veicolo tende a "sbandare", il posteriore sfugge all'esterno (Figura C).



coppia di fili, esiste una singola connessione per ogni coppia di centraline connesse tra di loro (multiplex con linee seriali punto-punto, Figura 2);

■ un unico cavo bifilare connette tra di loro tutte le centraline (Bus, Figura 3).

Questo cambiamento apparentemente semplice ha, invece, richiesto molti anni per essere diffuso. I motivi sono diversi.

1. Un sistema multifilare è apparentemente più affidabile: la rottura di un filo danneggia soltanto quella particolare informazione o comando. In un sistema monofilo la rottura potrebbe compromettere molte funzioni.

Questa maggiore affidabilità è soltanto apparente perché la probabilità di rottura di un filo è molto bassa, in confronto alla probabilità di guasti dei vari componenti e sensori. In que-

sto senso il sistema monofilare, più flessibile, consente, attraverso una diversa distribuzione dei segnali/comandi di recuperare eventuali guasti non gravi. Migliora, poi, la diagnostica e la tolleranza al funzionamento in ambienti elettromagneticamente perturbati.

2. Un sistema multifilare è meno costoso.

Inizialmente questo era vero, per l'elevato costo dei componenti rispetto al risparmio in termini di connessioni e cavi. Ora i componenti, ormai prodotti in volumi di milioni di pezzi, hanno costi molto ridotti. Più recentemente, per venire incontro a tali esigenze di costo limitato, sono state concepite e realizzate versioni molto semplici di bus (LIN) dove il costo dei componenti è estremamente modesto. Inoltre, con soluzioni unifilari è più semplice condividere le informazioni tra diverse centraline, evitando di dover disporre uno stesso sensore in più esemplari in diverse parti del veicolo.

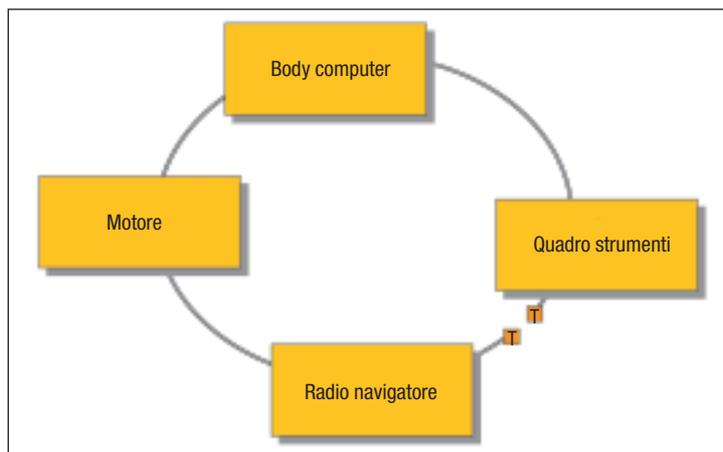
3. Un sistema monofilare è più complesso, maggiori costi di progettazione e sviluppo.

Con la standardizzazione delle soluzioni questo aspetto si è ribaltato, è molto più semplice mettere a punto un sistema a bus. Infatti, diventa possibile "simulare" un sistema di dispositivi molto complesso, semplicemente riproducendo il suo comportamento sul bus, e in questo modo mettere a punto, ad esempio, una centralina di controllo.

Molte delle difficoltà a introdurre un sistema a bus o multiplexato, risiedevano nel fatto che occorre definire uno standard unico, in modo da aumentare i volumi dei componenti e degli strumenti di sviluppo, riducendone, quindi, i costi e aumentandone le prestazioni. Due standard sono stati proposti: il CAN (*Controlled Area Network*) e il VAN (*Vehicle Area Network*). La maggiore forza del gruppo industriale che sosteneva il CAN (in prima linea Bosch, che lo ha concepito nel 1980) ha portato questo a prevalere rispetto al secondo, ormai usato solamente in alcuni veicoli francesi. Ora il **Bus CAN** è ampiamente diffuso su tutti i nuovi modelli di veicolo.

Il bus CAN è estremamente semplice e per questo molto affidabile e sicuro. Ma ha un limite importante, che ne pregiudica l'impiego in sistemi dove l'affidabilità deve essere assoluta.

Solamente il messaggio che ha la massima priorità ha la garanzia di poter essere tra-



smesso entro un determinato tempo (quello necessario affinché il messaggio in corso termini). Tutti i messaggi a priorità inferiore possono subire ritardi, non definibili a priori nel loro massimo valore.

Per evitare questo occorre una attenta progettazione dell'intero sistema di dispositivi connessi a un singolo bus, eventualmente predisponendo una centralina a compiti di diagnosi e di controllo che non avvengano situazioni che, di fatto, impediscono a una centralina che gestisce messaggi di priorità inferiore di riuscire a lavorare correttamente.

Ma diventa sempre più difficile e costoso eseguire questa progettazione, per la necessità di avere sempre più varianti di un modello di veicolo e di poter aggiungere nuovi componenti a un modello già sviluppato. Sta emergendo forte l'esigenza di connessioni che non abbiano, per loro natura, problemi nel caso si renda necessario rimuovere o aggiungere una centralina o aggiungere nuove funzioni a quelle esistenti.

Per questo si stanno proponendo nuove versioni del bus CAN, che ne migliorano le prestazioni ma, soprattutto, garantiscono a tutti i messaggi dei tempi di latenza (tempo tra la decisione di spedire un messaggio e la ricezione dello stesso dalla centralina destinataria) definiti e limitati nei loro massimi valori.

Applicazioni molto critiche dal punto della sicurezza, come per esempio lo *steer-by-wire*, sistemi di sterzata dove non esiste un collegamento meccanico tra volante e ruote, ma un collegamento via bus tra la centralina elettronica che legge la posizione del volante e la centralina che comanda la sterzata del-

FIGURA 3
Schema a bus

Il **Bus CAN** è di tipo Multi-master, tutti i componenti connessi al bus (Nodi) sono equivalenti tra di loro e possono decidere autonomamente quando inviare un messaggio. Tutti i messaggi sono ricevuti da tutti i nodi presenti sul bus. I messaggi contengono un identificativo, ma non hanno nessuna informazione né del nodo trasmittente e neanche del nodo/i destinatario del messaggio. Sulla base del codice identificativo, i vari nodi stabiliscono se un dato messaggio è di loro interesse o meno (multi-cast). Ogni singolo messaggio (o meglio frame) è composto secondo la tabella.

STRUTTURA DEL MESSAGGIO CAN

Nome	N. bit	Valore	Note
SOF Start of Frame	1	1	Indica l'inizio del messaggio, permette la sincronizzazione dei vari dispositivi in lettura
Message ID	11	ID	Identificativo del messaggio
Request of Transmission	1	----	Vale 1 per un messaggio inviato, 0 per la risposta
Controllo-IDE	1	----	Messaggio standard (=0) o esteso (=1)
Controllo	1	----	Libero per futuri utilizzi
Ctr-lunghezza	4	----	Lunghezza messaggio successivo in byte (0-8)
Dati	0-64	Messaggio	I byte non utilizzati possono anche essere inseriti, con valore 0
CRC	15	----	Campo controllo correttezza dati messaggio
Delimitatore	1	0	
ACK-DEL	2	----	Il nodo trasmittente li imposta a zero, il ricevente pone il primo bit a 1 per indicare al nodo trasmittente di aver ricevuto correttamente il messaggio
EOF	7	0	Chiude il frame, i nodi riceventi possono utilizzarlo per segnalare problemi sulla ricezione
IFS	3	0	Garantisce un tempo minimo tra frame successivi
Idle bus	----	0	Indica che il bus è libero

Non essendo previsto un master che coordina e sincronizza l'invio di messaggi da parte dei vari nodi occorre un meccanismo di "arbitraggio", onde risolvere le situazioni di più centraline che contemporaneamente si attivano per inviare un messaggio.

Il meccanismo del CAN è di tipo CSMA/CA, *Carrier Sense Multiple Access /Collision Avoidance*.

Il Bus si trova in uno stato "ideale" quando nessuno sta trasmettendo. Ogni nodo può quindi capire (Carrier Sense) se il bus è disponibile o meno. Se lo è può iniziare immediatamente a trasmettere un messaggio. Se due o più nodi si attivano contemporaneamente succede una collisione, della quale non è possibile accorgersi immediatamente. La collisione viene risolta dal codice identificativo.

Infatti il bus ha due stati logici, alto-basso, dei quali uno (basso) è dominante. Se, quindi, due nodi pilotano il bus verso stati diversi, il bus si porta sullo stato basso. Se un nodo si accorge di non riuscire a pilotare il bus nello stato desiderato, interrompe la trasmissione e si pone in ricezione. In questo modo la collisione viene evitata.

Quindi riuscirà a trasmettere il nodo che sta trasmettendo un messaggio a maggiore priorità e la priorità è stabilita dal codice identificativo. In fase di progettazione occorre quindi distribuire attentamente i codici identificativi dei messaggi, in modo che le priorità siano correttamente attribuite.

Normalmente in una vettura esistono diverse reti CAN, in funzione dei diversi sottosistemi e delle velocità di trasmissione richieste. Esistono, infatti, tre diversi livelli:

- A - 10 kbit/s o inferiori
- B - da 10 a 125 kbit/s
- C - da 125 kbit/s a 1 Mbit/s

I livelli inferiori (A, B) sono utilizzati per sottosistemi non critici, ad esempio per la diagnostica, climatizzazione, comando dispositivi secondari ecc.. Il Can C viene tipicamente utilizzato dalla centralina controllo motore, freni e ABS, cambio ecc..

le ruote, saranno solo possibili, per l'affidabilità che richiedono, con queste nuove generazioni di bus.

Il Flex-Ray, standard derivato dal Can, proposto da una serie di case automobilistiche e di industrie di elettronica e microelettronica, è il principale candidato a diventare la soluzione per questa prossima generazione di bus. Questo tipo di bus si caratterizza per la sua estrema flessibilità, ideale quindi per poter gestire un futuro di modelli sempre più variegati nelle loro configurazioni. Può, quindi, passare da configurazioni con caratteristiche simili all'attuale CAN, ma comunque superiori in termini di velocità di trasmissione e robustezza, sino a configurazioni con elevata affidabilità e *fault tolerant*, cioè tolleranti ai guasti.

Nel Flex-Ray l'arbitraggio tra i diversi nodi usa un meccanismo di TDMA, *Time Division Multiple Access*. I vari nodi si dividono il bus in tempi diversi, secondo regole stabilite a priori. Ogni nodo ha, quindi, la garanzia che, entro un certo tempo, avrà la possibilità di inviare il proprio messaggio.

4. INNOVAZIONE TECNOLOGICA DEL VEICOLO

Il trend attuale vede l'innovazione tecnologica dell'auto impegnata soprattutto su tre fronti:

1. sviluppo di motorizzazioni che, senza rinunciare alle prestazioni, offrano consumi più contenuti e un minore impatto ambientale;
2. miglioramento della sicurezza di guida;
3. miglioramento del comfort e della qualità della vita a bordo del veicolo.

Per ragioni di spazio non si approfondisce il primo dei tre punti, nel quale, anche se in modo meno "visibile" per l'utente, l'Autonica ha consentito enormi sviluppi. Un esempio è il motore diesel: è un motore tradizionalmente "meccanico", non avrebbe neppure bisogno di elettricità alcuna per funzionare a regime, neanche le candele del motore a benzina. Grazie alla elettronica abbinata a sistemi di iniezione *common rail*, si è trasformato. Era un motore affidabile ma di scarse prestazioni, rumoroso e inquinante. Ora:

■ le prestazioni sono equivalenti se non superiori a quelle dei motori a benzina, la soglia dei 100 CV/litro è ormai prossima (ci sono motori sul mercato con potenze intorno agli

80 CV/litro); l'erogazione della potenza è però molto più fluida nel motore diesel, che ha coppie molto superiori ai bassi regimi;

■ le emissioni sono inferiori, fatta eccezione per le PM₁₀, per le quali sono comunque possibili soluzioni, con filtri particolari;

■ il rumore è contenuto, è sempre più difficile riconoscere un diesel da un benzina.

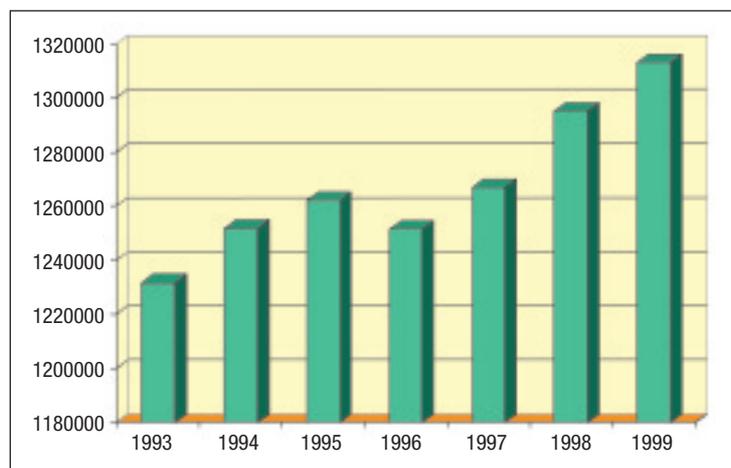
Questo sta portando il diesel a raggiungere, in Italia, il 50% del mercato, anche se la differenza di costo tra i combustibili diesel e benzina è ormai molto limitata e un veicolo diesel ha, salvo eccezioni dovute a politiche commerciali particolari, un costo superiore a un equivalente motore a benzina.

Per realizzare tali prestazioni i motori diesel più moderni del gruppo FIAT utilizzano la tecnologia Multijet, dove il combustibile viene iniettato nella camera di combustione mediante una serie di getti successivi, modulati opportunamente in funzione del regime del motore e la richiesta di potenza. Questi sofisticati controlli sono realizzati da centraline elettroniche dotate di notevole potenza di calcolo, diverse centinaia di MIPS, e sistemi operativi *real-time* appositamente realizzati o adattati.

5. LA SICUREZZA

Negli ultimi dieci anni molta ricerca è stata dedicata alla soluzione di uno dei maggiori problemi della circolazione su strada: la sicurezza. La sicurezza stradale è notevolmente aumentata negli ultimi anni, gli incidenti stradali continuano ad aumentare con l'aumentare del traffico (Figura 4), mentre le conseguenze degli incidenti, in particolare i morti,

FIGURA 4
Numero incidenti stradali in Europa



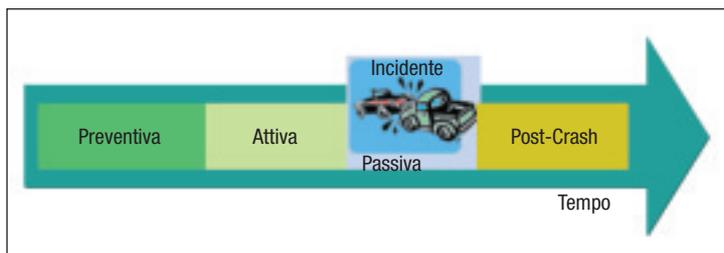


FIGURA 5 *Tipi di sicurezza* diminuiscono. Comunque la cifra di circa 6000 morti all'anno in Italia rimane un tributo alla mobilità individuale ancora molto, troppo, pesante.

Negli incidenti stradali il fattore umano è la causa principale, oltre il 90% è causato da un non corretto comportamento di guida. Le case automobilistiche, a partire dalla fine degli anni '80 hanno iniziato a collaborare, nel programma di ricerca Europeo PROMETHEUS, al fine di migliorare la sicurezza stradale attraverso lo sviluppo di sistemi di sicurezza "preventiva" che, grazie a sensori che riescono a percepire il traffico circostante, aiutano il guidatore a evitare situazioni pericolose.

Nel migliorare la sicurezza è possibile intervenire su diversi aspetti (Figura 5):

- la sicurezza passiva: ridurre le conseguenze di un incidente;

- la sicurezza attiva: permettere al guidatore il massimo controllo del veicolo, al fine di evitare l'incidente o ridurne le conseguenze;

- la sicurezza preventiva: evitare che si creino le premesse per un incidente;

- l'intervento *post-crash*: ridurre le conseguenze di un incidente attraverso un tempestivo intervento dei mezzi di soccorso.

I miglioramenti di questi ultimi decenni, in termini di sicurezza stradale sono stati ottenuti soprattutto sulla sicurezza passiva e attiva. Esistono norme precise che fissano i requisiti minimi da rispettare per un veicolo, su urti standard sia frontali che laterali. Tranne alcuni veicoli di gamma bassa, ormai tutti i veicoli dispongono, di serie, di airbag guidatore e ABS. I trend futuri prevedono di intervenire su tutti i vari aspetti della sicurezza.

5.1. Sicurezza passiva

La tendenza futura sarà nel modulare l'intervento dei sistemi di sicurezza passiva, cinture e airbag, in funzione dell'incidente e degli occupanti il veicolo. L'elettronica dovrà fornir

re soluzioni affidabili ai due problemi critici:

- rilevare con assoluta sicurezza un incipiente incidente, con un anticipo tale da permettere un intervento di tipo meccanico, non pirotecnico, dei sistemi di ritenuta (sensori pre-crash);

- rilevare la presenza, posizione e caratteristiche degli occupanti, per modulare correttamente l'intervento dei sistemi airbag.

Aumenterà, inoltre, l'attenzione agli incidenti che coinvolgono gli utenti della strada più vulnerabili: pedoni e ciclisti. La progettazione dei veicoli, soprattutto nella parte frontale, dovrà in futuro tenere conto anche di questi aspetti, per superare apposite normative in fase di definizione. Su questo aspetto l'auto-nica sarà utile nello sviluppo di soluzioni attive: per esempio, cofani motore che si sollevano leggermente in caso di urto con un pedone, per attutire un probabile successivo urto della testa del pedone sul cofano stesso.

5.2. Sicurezza attiva

Dopo l'ABS, sistema che impedisce alle ruote di bloccarsi in frenata e, quindi, permette di mantenere il controllo della direzione del veicolo anche in situazioni di frenata di emergenza, si stanno diffondendo i sistemi di controllo della dinamica del veicolo.

Un guidatore non esperto, di fronte a un ostacolo improvviso, sterza bruscamente con una manovra che spesso può portare a perdere il controllo del veicolo (sbandata, testa coda ecc.) con conseguenze imprevedibili. Grazie a una azione di frenatura sulle singole ruote, una centralina elettronica permette di aumentare la capacità del veicolo di modificare la propria traiettoria, senza sbandare. Il guidatore si trova, quindi, a disporre di una capacità di controllo del veicolo che anche un pilota esperto, su un veicolo normale, non avrebbe.

La ricerca si sta ora focalizzando sulla tecnologia *Drive-by-wire*: eliminando ogni collegamento meccanico tra gli organi di controllo della dinamica del veicolo (ruote, sterzo, sospensioni, motore, cambio, freno e acceleratore) e i comandi (pedale freno e acceleratore, volante) sarà possibile realizzare veicoli con 4 ruote indipendenti, sterzanti e frenanti, sotto il completo controllo di una centralina elettronica.

Il guidatore esprimerà la sua volontà attraverso i comandi, che saranno eseguiti dal vei-



colo sfruttando al meglio la dinamica possibile: se occorre sterzare a destra per andare a sinistra (e in condizioni di bassa aderenza questo può accadere) il veicolo lo farà senza che il guidatore nemmeno se ne accorga.

Il livello di affidabilità delle centraline preposte al controllo di tali funzioni dovrà essere ovviamente assoluto. Nei sistemi attuali, ABS e VDC, è possibile, qualora si diagnostici un malfunzionamento, anche minimo, disabilitare il controllo: si ritorna ad avere un veicolo normale, ma pur sempre in grado di frenare e sterzare. Nei futuri sistemi Drive-by-Wire questo non sarà più possibile: i sistemi dovranno avere una affidabilità assoluta, o quantomeno consentire un utilizzo degradato ma pur

sempre funzionale, che non metta a rischio di incidente gli occupanti del veicolo.

5.3. Sicurezza preventiva

Le prime applicazioni di questi sistemi sono nel controllo automatico della velocità. Grazie a radar a microonde o laser, il veicolo riesce a percepire la presenza di un veicolo più lento nella corsia di marcia e rallentare in modo da adeguarsi alla velocità del veicolo che precede. Questa funzione (detta **Cruise Control Adattivo**) è già presente sul mercato da alcuni anni: per esempio è disponibile come optional su FIAT Stilo e Lancia Thesis.

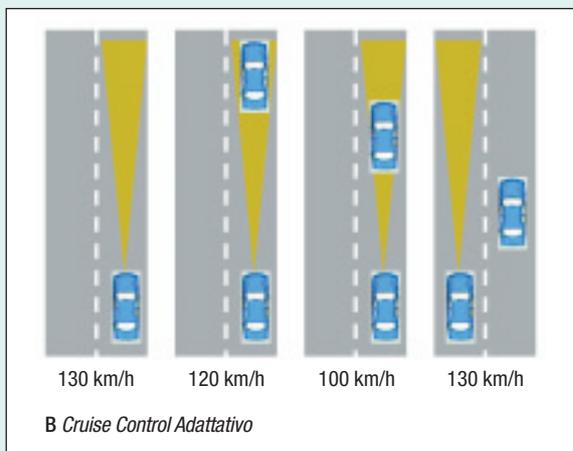
Nel controllo laterale del veicolo sistemi sensoriali basati su telecamere possono aiutare

Durante i lunghi viaggi in autostrada, con poco traffico, controllare la velocità del veicolo, mantenendola al valore desiderato, diventa un compito noioso per il guidatore, oltre che stancante. Per questo molti veicoli dispongono del sistema "Cruise Control", che provvede a mantenere la velocità del veicolo al valore impostato dal guidatore. Quando il veicolo ha raggiunto la velocità desiderata il guidatore attiva il sistema e tale velocità viene mantenuta automaticamente. Il pedale acceleratore può essere rilasciato. Nel caso il guidatore desideri temporaneamente aumentare la velocità lo può fare liberamente azionando il pedale dell'acceleratore. Quando il guidatore lo rilascia, il veicolo torna automaticamente alla velocità precedentemente impostata. Nel caso di azionamento sul freno il sistema si disinserisce. Ma il guidatore dispone di un comando "Resume" per riattivarlo e il veicolo accelera automaticamente per raggiungere nuovamente la velocità precedentemente impostata. Questo sistema è molto comodo ma soltanto in condizioni di traffico modesto, oppure molto fluido e con veicoli che hanno tutti quanti velocità molto simili. Queste condizioni sono comunissime, ad esempio, negli Stati Uniti, dove infatti il "Cruise Control" è ormai di serie su quasi tutti i veicoli. In Europa, dove tali condizioni sono molto più infrequenti, il "Cruise Control" non ha avuto molto successo di mercato. È disponibile di serie o come *optional* solo sui veicoli di alta gamma.

In condizioni di traffico intenso o con veicoli che viaggiano a velocità differenti il "Cruise Control" perde i suoi vantaggi: il guidatore si trova spesso a dover frenare, per poi riattivare il sistema. Con il **Cruise Control Adattivo** questo non accade più: grazie a un sensore radar (Figura A), che percepisce la presenza di un eventuale veicolo più lento nella stessa corsia di marcia, il dispositivo adatta la velocità al veicolo che precede, mantenendo una adeguata distanza di sicurezza.



A Sensore radar per Cruise Control Adattativo (Bosch)



Quando il veicolo che precede cambia corsia, oppure il guidatore si sposta per sorpassarlo, il sistema rileva che la strada è nuovamente libera e accelera automaticamente per tornare alla velocità impostata. In assenza di veicoli nella corsia di marcia il dispositivo si comporta esattamente come un "Cruise Control" normale (Figura B). Con il Cruise Control Adattativo è quindi possibile viaggiare con una velocità di crociera impostata automaticamente anche nelle nostre affollate autostrade; solamente se la velocità scende al di sotto di un predeterminato valore (tipicamente 50 km/h) il sistema si disinserisce. Recentemente sono stati introdotti sul mercato anche sistemi in grado di funzionare a bassa velocità e gestire, quindi, anche la marcia in coda (Stop&Go), a singhiozzo.

In questo caso, il veicolo si arresta e riparte seguendo il comportamento del veicolo che precede. Questo dispositivo ha sollevato un curioso problema: occorre gestire la situazione dove, tra un arresto e la successiva ripartenza, il guidatore ha deciso di scendere dal veicolo! Il veicolo potrebbe ripartire automaticamente, senza controllo. Per evitare questo viene disposto un sensore di presenza

del guidatore, oppure ogni riavvio viene "autorizzato" dal guidatore attraverso un pulsante al volante.

il guidatore a mantenere la corsia di marcia ed evitare uscite di corsia. Una segnalazione, acustica o tattile (per esempio vibrazione al volante) viene generata quando il sistema rileva una imminente, non segnalata, uscita dalla corsia di marcia. Irisbus, azienda italo-francese produttrice di autobus, fornisce un sistema che aiuta in questo modo l'autista a mantenere il mezzo nella corsia di marcia e, inoltre, ad accostare con la massima precisione il mezzo durante le fermate.

Sono allo studio sistemi anche per il controllo automatico dello sterzo (mantenimento automatico della corsia, Lane Keeping). I costruttori automobilistici sono molto prudenti su questa funzione, che potrebbe essere interpretata non come un ausilio ma come una vera e propria guida automatica del veicolo. Quindi questa funzione non potrà probabilmente essere introdotta sul mercato finché non sarà possibile avere una assoluta affidabilità sia nel riconoscimento della corsia di marcia che nel rilievo ostacoli eventualmente presenti sulla stessa.

Altri esempi di funzioni di ausilio alla guida disponibili sul mercato o in fase avanzata di sviluppo sono i seguenti.

▣ **Visione notturna.** Telecamere operanti nell'infrarosso consentono al guidatore di avere una migliore percezione in condizioni di bassa visibilità, di notte e con la nebbia.

▣ **Copertura angolo cieco.** Gli specchietti retrovisori laterali soffrono dell'angolo cieco, area laterale non visibile da parte del guidatore, se non girando la testa. Mediante telecamere e centraline elettroniche di elaborazione immagine è possibile avvisare il guidatore della presenza di un veicolo in fase di sorpasso.

▣ **Ausilio nelle manovre di parcheggio.** Sensori di parcheggio sono già ampiamente diffusi su molti veicoli. In futuro, una centralina elettronica rileverà lo spazio tra due veicoli e, se sufficiente, ci aiuterà nella manovra controllando lo sterzo.

5.4. Sicurezza post-crash

A incidente avvenuto diventa di importanza vitale che l'informazione sia tempestivamente trasmessa alle centrali di soccorso, per predisporre un tempestivo intervento di ambulanze, vigili del fuoco e polizia. Centraline

a bordo veicolo, protette e dotate di alimentazione autonoma, possono eseguire in automatico tale chiamata, tramite un telefono cellulare GSM.

Esempi di questo servizio già avvengono, attraverso centrali di soccorso private e per gruppi specifici di utenti con esigenze particolari, per esempio trasporto valori. Affinché questo servizio si diffonda occorre però che siano definiti degli standard, a livello Europeo, sulla modalità con cui la chiamata viene eseguita.

Esistono in questo senso iniziative a livello Europeo di standardizzazione. In particolare si dovrebbe confluire su un unico numero per le chiamate di emergenza: il 112.

6. IL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DELLA VITA E DEL COMFORT DI VIAGGIO

Su questo aspetto sono molte le innovazioni introdotte sul veicolo negli ultimi decenni. Per esempio il climatizzatore è passato da accessorio per le auto di lusso a dispositivo di serie anche su veicoli di gamma medio-bassa.

Ma ci soffermeremo soprattutto su un aspetto che promette di modificare sostanzialmente il modo nel quale ci muoveremo in futuro, la telematica.

La disponibilità di sistemi di comunicazione in grado di funzionare su un veicolo in movimento, assieme alla possibilità di conoscere con precisione la posizione del veicolo, sono due tecnologie che stanno consentendo l'introduzione di moltissime funzioni a supporto del guidatore. Prima di illustrare brevemente le principali funzioni che la telematica permette, è utile presentare le tecnologie che le rendono possibili. Si tralascia per ragioni di spazio di illustrare la telefonia cellulare, tecnologia molto nota e diffusa.

Sulla telefonia cellulare è importante solo accennare al fatto che la diffusione delle nuove tecnologie, come GPRS e UMTS, hanno rimosso un importante ostacolo per le applicazioni telematiche su veicolo. Infatti, molti servizi telematici sono erogati lungo tutto un viaggio e, quindi, *per molti minuti o alcune ore, anche se la quantità di informazioni scambiate è piuttosto limitata*. È ovvio, quindi, una connessione il cui costo è basato sul

tempo di connessione è poco adatta per questo tipo di applicazioni. Il GPRS, in cui il *costo di comunicazione si basa sul volume dei dati trasmessi*, è invece molto più adeguato.

6.1. La localizzazione satellitare

La localizzazione satellitare è una tecnologia sviluppata negli anni settanta, con scopi puramente militari: occorre una tecnologia che consentisse di guidare missili intercontinentali sul bersaglio stabilito con una precisione di pochi metri. Questo doveva servire per distruggere i bunker atomici blindati del nemico: con una precisione minore i missili, anche se a testata nucleare, potevano essere inefficaci. Solo dopo un grave incidente aereo, causato dalla imprecisione degli strumenti di bordo del velivolo, gli Stati Uniti accettarono di aprire il servizio anche ad impieghi civili, ma a determinate condizioni.

In particolare, il GPS (*Global Positioning System*) degli Stati Uniti prevedeva la funzione della *Selective Availability*: il segnale disponibile per uso civile era degradato in modo tale da non consentire precisioni superiori ai 100/150 m. La degradazione avveniva inserendo un errore casuale, impossibile da recuperare se non con tecniche differenziali.

Lo sviluppo di questo sistema è avvenuto in piena guerra fredda, inevitabile quindi che anche l'allora Unione Sovietica sviluppasse un sistema analogo, chiamato GLONASS, con prestazioni analoghe al sistema americano. Ma dopo la caduta del muro di Berlino il sistema è andato in disuso, e quindi oggi è solamente utilizzabile il sistema GPS. Gli Stati Uniti hanno da diversi anni rimosso la *Selective Availability*, per cui il GPS è ora utilizzabile al pieno delle possibilità previste per l'impiego civile.

Questa situazione di monopolio degli Stati Uniti, che crea una potenziale dipendenza in tutto il mondo, ha portato l'Europa a decidere di dotarsi di un proprio sistema di localizzazione satellitare chiamato, in onore del grande scienziato italiano, Galileo. Il sistema è in fase di realizzazione e si prevede l'avvio del servizio per l'anno 2008. Anche la Cina e Israele hanno recentemente aderito alla iniziativa Europea, garantendo il loro supporto tecnico ed economico.

Il sistema Europeo funziona in modo analogo

al sistema GPS, su frequenze molto vicine: sarà, quindi, possibile realizzare ricevitori GPS-Galileo combinati, senza eccessivi aggravii di costo, con molti vantaggi dal punto di vista delle prestazioni e della copertura in ambito urbano. Infatti, per poter eseguire il calcolo della propria posizione occorre "vedere" almeno quattro satelliti. Per vedere si intende che esiste una linea diretta tra il ricevitore e il satellite in orbita, non ostruita da alcun ostacolo (edifici, montagne ecc.). La probabilità di "vedere" quattro satelliti ovviamente aumenta se la flotta di satelliti considerata è composta non solo da 24 (GPS) o 27 (Galileo) ma bensì da 51 satelliti, la somma delle due flotte.

7. SERVIZI TELEMATICI

La combinazione delle due tecnologie, la comunicazione cellulare e la localizzazione satellitare, permette la realizzazione di un grande numero di cosiddetti "servizi telematici", a supporto di una guida più confortevole ed efficiente.

Alcuni esempi sono presentati nei paragrafi seguenti.

7.1. Navigazione

Spesso, quando si viaggia con qualcuno verso una destinazione non familiare, viene spontanea la domanda "conosci la strada?". In caso di risposta negativa diventava necessario consultare mappe e stradari, oppure affidarsi alle informazioni ricavabili dai passanti. In entrambi i casi è elevato il rischio di allungare la strada e il tempo di percorrenza.

I navigatori satellitari, oggi, ci vengono in aiuto: basta digitare la destinazione desiderata e loro ci guidano verso questa, senza rischio di perderci o allungare il percorso. Il navigatore satellitare si basa sulla localizzazione satellitare, che permette di conoscere la posizione del veicolo e la sua direzione, e sulla conoscenza dettagliata della mappa stradale, opportunamente "digitalizzata". Tramite queste informazioni il navigatore è in grado di calcolare il percorso da seguire per raggiungere la destinazione desiderata e quindi suggerirci, nel momento opportuno, la manovra da svolgere, ad esempio svoltare a sinistra al prossimo incrocio. Questi suggerimenti vengono

forniti attraverso un display sulla plancia del veicolo e, per ridurre la distrazione dalla guida, anche mediante un messaggio vocale. Si dispone di una sorta di “guida elettronica”.

I sistemi di navigazione sono stati un grosso successo nei primi anni novanta, sul mercato giapponese. In Giappone le città non hanno, per la maggior parte, un sistema di vie denominate con numeri civici ordinati che indicano i vari edifici presenti ai lati delle vie stesse. Le case sono divise in quartieri e hanno numeri successivi, secondo l'ordine con cui vengono costruite. Spiegare, quindi, a una persona che non conosce la zona come raggiungere un determinato indirizzo è un compito molto complesso e gli stessi tassisti spesso non escono mai dalla zona della città a loro nota. I sistemi di navigazione satellitare hanno, quindi, risposto a un forte bisogno, bisogno che i sistemi alternativi (mappe cartacee per esempio) non risolvevano completamente. Il mercato dei sistemi di navigazione in Giappone ha avuto uno sviluppo rapidissimo, soprattutto con soluzioni “after market”, vale a dire sistemi installabili su qualsiasi veicolo. Già alla fine degli anni novanta i sistemi di navigazione iniziavano a utilizzare la tecnologia DVD per memorizzare le mappe, essendo un CD non più sufficiente a contenere le mappe dell'intero Giappone, o anche solo della sola capitale Tokio. Per fare un confronto, le mappe del territorio italiano stanno ancora oggi comodamente su un singolo CD. Un'altra curiosità: sempre per ovviare alla mancanza di un sistema di indirizzi stradali, anche i telefoni fissi sono memorizzati nelle mappe, per cui esiste una corrispondenza diretta tra numero di telefono e la sua posizione GPS, anche in altezza (numero del piano).

I sistemi di navigazione satellitare si stanno affermando anche in Europa e sono ormai un “must” per i veicoli di gamma alta. Questa diffusione ha permesso anche uno sviluppo delle “mappe digitali”: in Italia è coperto ormai tutto il territorio nazionale, come rete stradale, e circa il 70-80% della popolazione come copertura urbana.

7.2. Informazioni su punti di interesse

Le mappe digitali possono contenere lo stradario, ma anche molte informazioni relative a cosa si trova “lungo” le strade. Grazie a un navigatore satellitare è possibile chiedere di

raggiungere la farmacia oppure il distributore più vicino, magari lungo la strada che ci porta verso la destinazione desiderata.

Però la farmacia potrebbe essere chiusa, come anche il distributore. Si potrebbe pensare di mettere gli orari di apertura sul CD, ma le farmacie cambiano continuamente il loro turno di chiusura notturno o festivo, mentre il CD si può cambiare una volta all'anno o poco più. La comunicazione per via cellulare viene in aiuto: possiamo inviare la nostra posizione a un centro servizi e questo ci ritorna le informazioni aggiornate sull'apertura degli esercizi. Possiamo, quindi, recarci, senza il dubbio di trovare le saracinesche abbassate, verso la farmacia selezionata.

Grazie al collegamento con il Centro Servizi è possibile anche fare a meno della mappa digitale su CD: scelta la destinazione, il Centro Servizi può trasmetterci una porzione della mappa digitale, esattamente quella che serve per seguire il percorso calcolato verso la direzione. È questa mappa sarà sempre aggiornata, anche con gli ultimi cantieri di lavoro per la costruzione della metropolitana.

7.3. Informazioni sul traffico

Anche se conosciamo la strada per arrivare alla destinazione, difficilmente sappiamo prevedere quanto traffico incontreremo e questo è un'altra frequente causa di ritardi nell'arrivo alla destinazione. Quando arriviamo, con ore di ritardo per un incidente in autostrada, spesso ci diciamo: “se lo avessi saputo sarei passato da...”.

Disponendo di aggiornate informazioni sul traffico, un centro servizi, collegato al nostro veicolo, può informarci tempestivamente di problemi di traffico presenti sul percorso che stiamo seguendo, permettendoci quindi, se abbiamo alternative, di considerarle.

Questo è uno dei servizi, comprensibilmente, più desiderati dagli utenti, sempre più spesso alle prese con traffici congestionati. La sua realizzazione dipende però dalla disponibilità di dati sul traffico precisi e aggiornati. Molto spesso, soprattutto nel caso di incidenti, una congestione si crea in pochi minuti, e, una volta rimossi i veicoli incidentati, in pochi minuti si può risolvere. Il rilievo tempestivo di un problema nel flusso del traffico è ancora irrisolto.

Traffico	Condizioni traffico, aggiornamento automatico lungo il percorso richiesto
Mete e Indirizzi	Ogni indirizzo diventa automaticamente impostato sul navigatore di bordo Ricerca e trasmissione di un indirizzo privato o di aziende Alberghi. Compresa prenotazione Ristoranti. Sulla base della cucina. Prenotazione Spettacoli. Cinema e teatri con orari e programmazione Locali. Utilità. Bancomat, ospedali, farmacie, aeroporti, officine, stazioni di servizio ecc. Musei e mostre. Monumenti e luoghi di interesse turistico
Info e News	Previsioni meteo Orari di voli, treni e traghetti Attualità e Borsa Valori
Assistenze	Assistenza stradale 24 h al giorno, 365 giorni l'anno, in tutta Europa Invio di una officina mobile o carro attrezzi. Auto sostitutiva Assistenza sanitaria 24 h al giorno, 365 giorni l'anno in tutta Europa Consulenza medica, invio di una ambulanza, prenotazione di un Centro Ospedaliero

TABELLA 1

Servizi telematici offerti nel pacchetto Connect

Anche su questo aspetto la tecnologia sul veicolo potrebbe fornire la soluzione: è il veicolo stesso che, automaticamente, segnala i dati sul traffico del tratto che sta percorrendo. Questo avviene semplicemente trasmettendo a una centrale di raccolta dati il percorso che si è appena seguito e la velocità con cui lo si è percorso.

Ovviamente, questa soluzione richiede che i veicoli che fungono da sensori del traffico (*floating probe car*) siano numerosi affinché: **I** sia elevata la probabilità che uno di tali veicoli si trovi coinvolto in una congestione, nei primi minuti nella quale si forma;

I grazie a segnalazioni multiple si possano filtrare rallentamenti dovuti a problemi del singolo veicolo o alla volontà del guidatore.

Recenti studi e simulazioni dimostrano che la percentuale dei veicoli "sensori" necessaria dipende dal livello di traffico medio: su tratti di strada molto trafficati un 2% può essere sufficiente, per strade poco trafficate sono necessarie percentuali del 15% o più.

In Italia è già attivo, caso unico a livello Europeo, un servizio di informazioni sul traffico che si basa sulle informazioni ricavate da circa 25.000 veicoli "sensori" (infotrafficobConnect) (Tabella 1). Le informazioni ottenute sono diffuse in tempo reale a tutti i

clienti del servizio e attraverso notiziari via radio (RDS *Radio Dimensione Suono e Radio Capital*).

7.4. Pagamenti sulla base dell'utilizzo

Poter conoscere la posizione del veicolo in ogni suo spostamento porta a immaginare nuove modalità con cui vengono erogati molti servizi connessi con l'utilizzo del veicolo stesso.

Un primo esempio è l'assicurazione: stanno nascendo le prime formule "pay-per-use": il premio è costituito da una parte fissa, minima, e una parte variabile, calcolata in funzione del numero dei chilometri percorsi e dove sono stati percorsi. Per le assicurazioni permette di rendere più preciso il calcolo del rischio e premiare quegli utenti che utilizzano molto poco il veicolo. Le tecnologie GPS-GSM consentono poi una serie di accorgimenti tali da rendere quasi impossibile una frode assicurativa.

Su questo schema stanno nascendo altre iniziative: il governo olandese aveva lanciato un progetto, ora sospeso, per rendere tutte le tasse sul veicolo proporzionali all'utilizzo del veicolo stesso. In Germania, dove le autostrade sono gratuite, sistemi telematici sono alla base di un progetto per intro-

E la privacy? Vivremo in un mondo dove il "Grande Fratello" saprà sempre dove andiamo? L'attenzione a questa tematica dovrà essere in futuro sempre maggiore, non tanto o solo per aspetti di privacy personale, ma soprattutto per gli aspetti di sicurezza, sia dei dati personali ma anche della incolumità fisica delle persone. Recentemente, negli USA, sono riusciti a copiare il dispositivo a infrarossi che consente alla polizia di controllare i cicli semaforici: chiunque poteva generarsi una propria "onda verde semaforica". Oltre agli ovvi problemi di traffico che questo può provocare, sono possibili anche usi impropri tali da causare incidenti stradali. Massima attenzione dovrà, quindi, essere data allo sviluppo di soluzioni che siano assolutamente sicure, rendendo impossibile un utilizzo improprio o dannoso. Se eviteremo questi rischi le nuove tecnologie consentiranno di rendere gli spostamenti su strada sempre più sicuri, efficienti,

confortevoli, poco inquinanti e meno stressanti. Tutto sommato, quindi, più divertenti e potremo riscoprire un piacere che in passato avevamo ma ora sembra si sia perso: il piacere di guidare. E l'Autonica si occupi di tutto il resto!

Bibliografia

- [1] Yilin Zhao. Vehicle Location and Navigation Systems. Artech House 1997.
- [2] R.K. Jurgen Automotive Electronics Handbook 1999.
- [3] Automotive Handbook Robert Bosch 1995.
- [5] FISTERA First Report on Key European Technology Trajectories 2003.
- [6] Elliot D. Kaplan: Understanding GPS Principles and Applications Artech House Publishers.
- [7] AA.VV.: Proceedings ITS World Congress Madrid 2003.
- [8] Automotive Electric/Electronics Handbook Robert Bosch SAE.

GIANFRANCO BURZIO è laureato in Ingegneria Elettrotecnica. Specializzazione in Automazione Industriale. Dopo una breve attività nel campo dello sviluppo di software gestionale entra nel Centro Ricerche FIAT nel 1982, dove lavora allo sviluppo di applicazioni della visione artificiale per ispezione, controllo qualità e guida robot. Nel 1989 diventa responsabile delle applicazioni sul veicolo di sistemi di visione artificiale, nell'ambito del programma di ricerca Europeo PROMETHEUS. Diverse applicazioni vengono sviluppate dal suo gruppo per migliorare la sicurezza e il comfort di guida: sensore di sorpasso optoelettronico, sistema di mantenimento corsia e sistemi sensoriali anticollisione; alcune di queste sono ora disponibili sul mercato. Nel 1995 diventa anche responsabile delle attività nel campo della informativa di bordo e della telematica applicata su veicolo. Ora è responsabile del coordinamento e dello sviluppo delle attività di ricerca della Divisione Tecnologie del Centro Ricerche FIAT (linee di business verso i Settori FIAT e finanziamenti pubblici, progetto Torino Wireless). gianfranco.burzio@crf.it