

DRIVE-BY-WIRE: UN ANGELO CUSTODE TECNOLOGICO PER LA **SICUREZZA**

Le statistiche rivelano che oltre il 90% degli incidenti stradali sono causati da errori del guidatore: partendo da questo elemento, nasce l'idea di fornire al conducente un assistente virtuale, una sorta di angelo custode, in grado di rilevare errori di guida e di intervenire automaticamente, riducendo in tal modo il numero e la gravità degli impatti

Ing. Mauro Montiglio - Project Manager - Vehicle Systems - Centro Ricerche FIAT SCPA

LA TECNOLOGIA STEER-BY-WIRE IN FIAT

Un sistema di assistenza alla guida di questo tipo assomiglierebbe ai vari tipi di pilota automatico ampiamente presenti in campo aeronautico. In effetti, anche se i veicoli stradali hanno missioni e caratteristiche molto diverse da quelle degli aerei, basti pensare ai livelli di affidabilità,

DARIO SCAPATICCI

Il commento del coordinatore della rubrica

In questo articolo, un ricercatore del Centro Ricerche Fiat ci guida in un percorso che illustra alcune probabili evoluzioni di sistemi per l'ausilio alla guida e per l'incremento della sicurezza preventiva. I prossimi anni vedranno il progressivo affermarsi di dispositivi che affiancheranno il guidatore, suggerendogli con modalità adeguate le migliori manovre da compiere in certi contesti potenzialmente pericolosi. Le tecnologie su cui si basano tali apparati sono costituite da sofisticati sistemi meccatronici controllati, che agiscono sui comandi primari in modo da ottimizzare il comportamento dinamico del veicolo, anche in condizioni di emergenza.

ai costi e alla complessità di questi ultimi, tuttavia da qualche anno il settore automotive sta lavorando intensamente sull'utilizzo e sull'adattamento alle proprie esigenze di una tecnologia sviluppata in campo aeronautico: il drive-by-wire.

Negli ultimi anni, anche il Centro Ricerche Fiat ha lavorato intensamente nello studio e nello svilup-

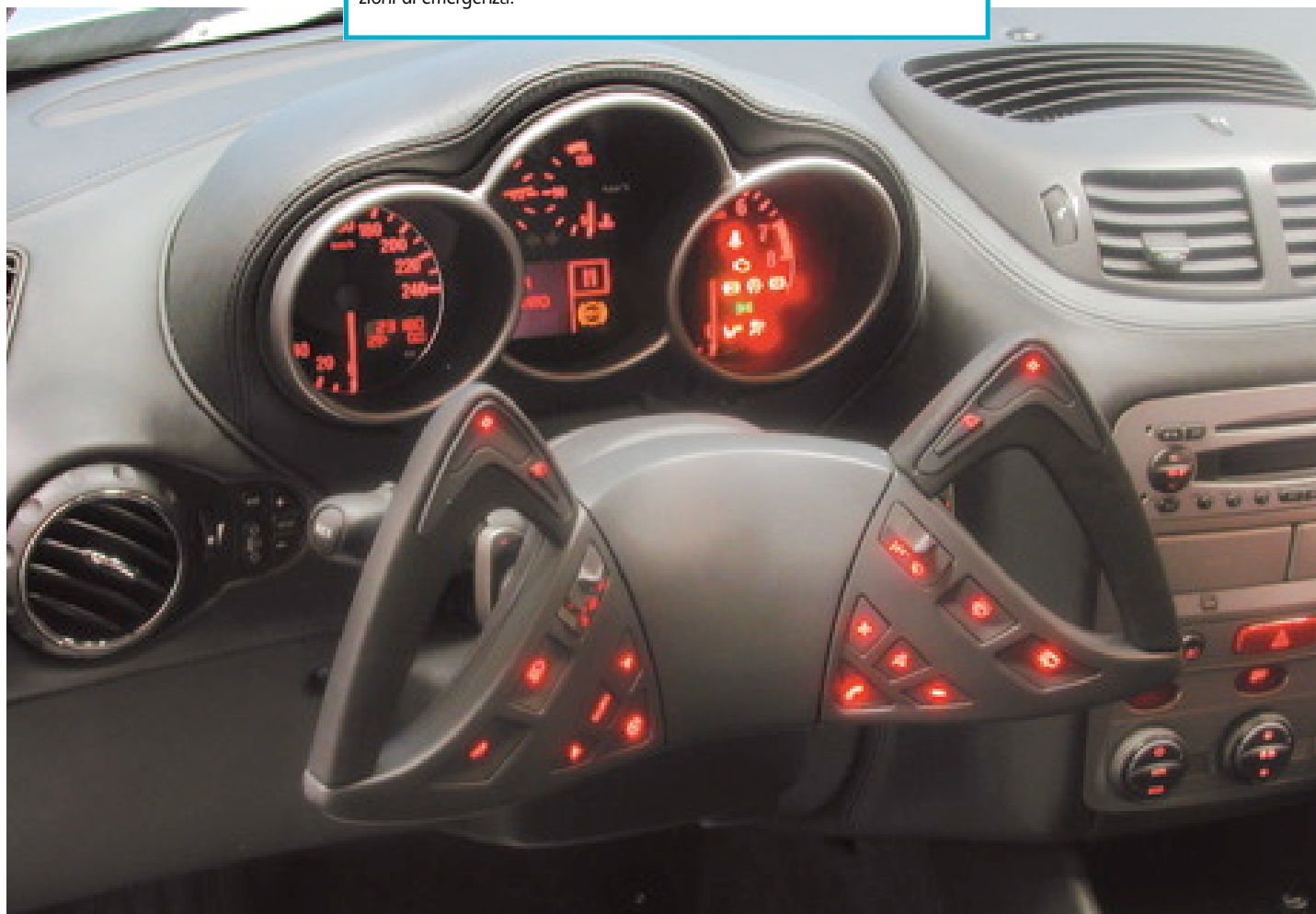
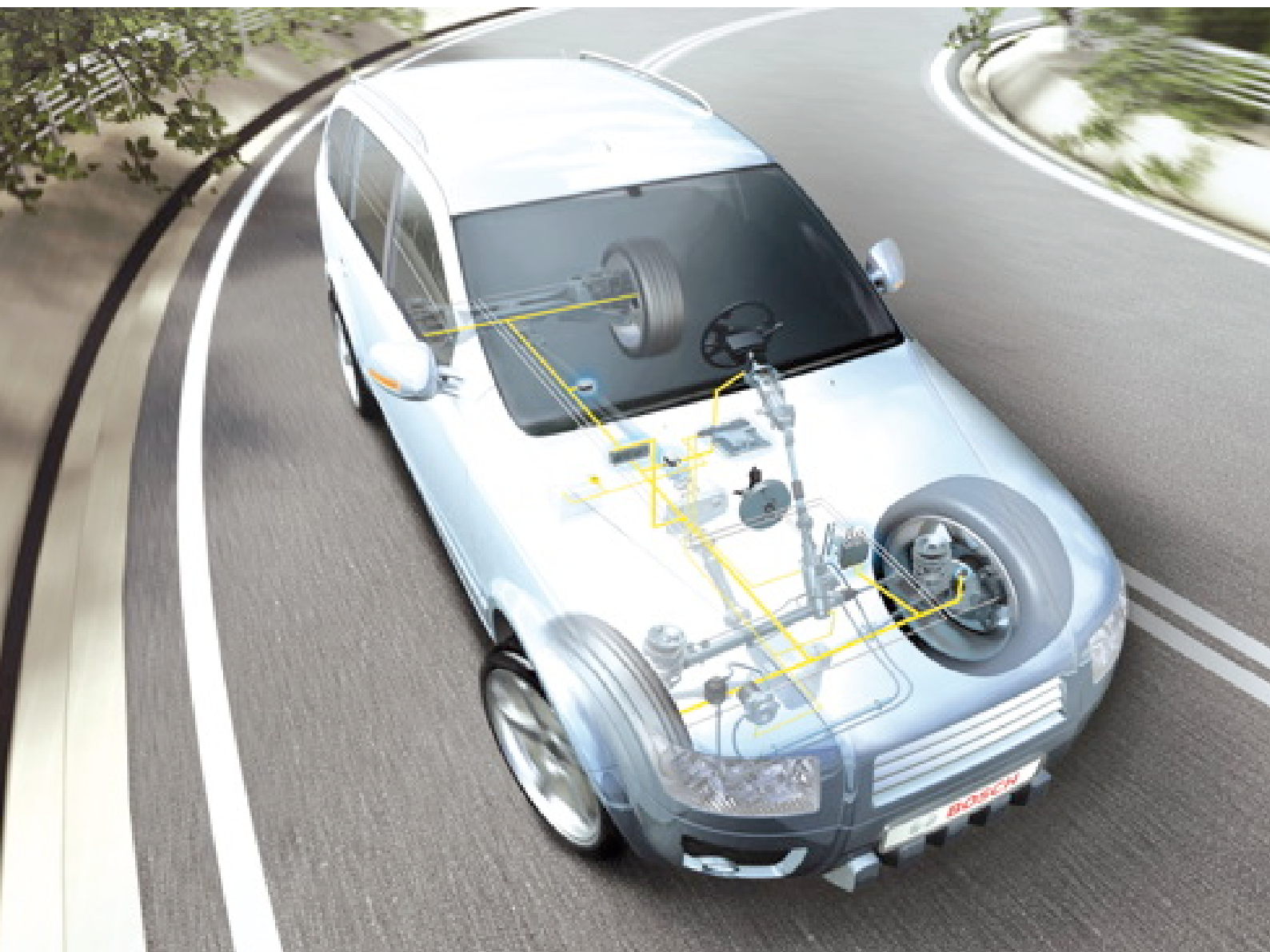


Figura 1, l'innovativo volante a cloche sviluppato dal CRF per il prototipo steer-by-wire.



po delle tecnologie elettroniche drive-by-wire, anticipando il crescente interesse delle Case costruttrici e dei fornitori automobilistici di primo livello. La ricerca è stata realizzata sia con applicazioni su prototipi dedicati sia con una forte partecipazione a progetti internazionali di ricerca, di cui SPARC (Secure Propulsion using Advanced Redundant Control) è l'ultimo in ordine di tempo.

Originariamente sviluppati nell'industria aerospaziale (dove sono noti con il termine fly-by-wire), i sistemi by-wire sulle autovetture sostituiscono le tradizionali connessioni meccaniche o idrauliche (per esempio la colonna sterzo) con collegamenti elettronici tra unità di controllo e attuatori elettromeccanici. Il disaccoppiamento meccanico delle funzioni di sterzata apre la strada al controllo attivo completo della dinamica laterale

del veicolo e in questo modo diventa un facilitatore per sistemi di controllo della stabilità veicolo di tipo completamente integrato. Altri benefici aggiuntivi possono derivare dalla maggiore libertà di progettazione del posto-guida, il risparmio di combustibile, la personalizzazione del feeling di

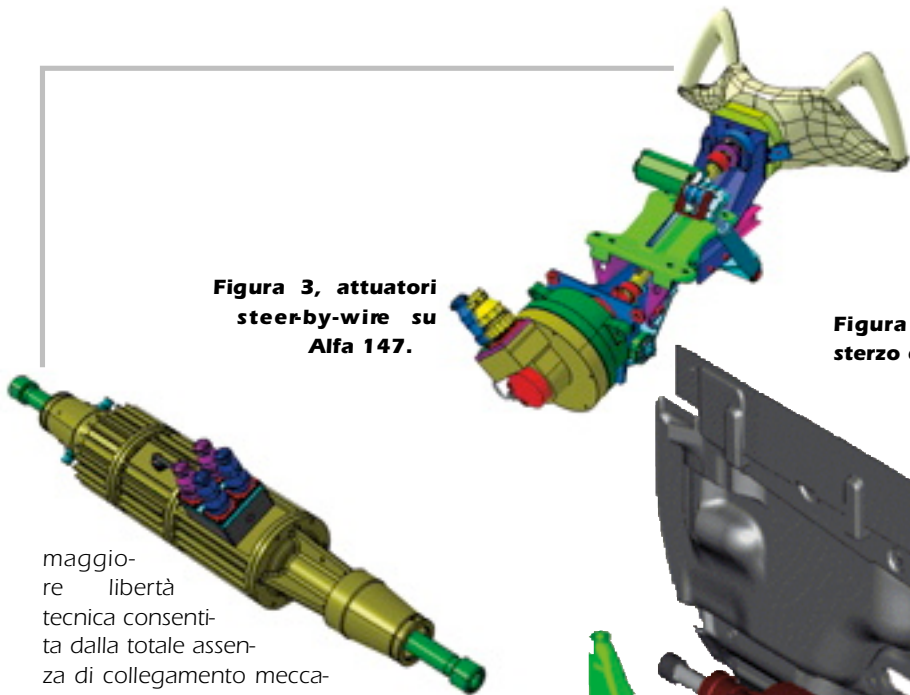
guida, la sicurezza preventiva, etc. Di contro, c'è anche un lato non ancora completamente risolto, che si può sintetizzare nella assoluta necessità di disporre di architetture a basso costo per la sicurezza e gestione di reti di potenza ad alto voltaggio. Tutti questi concetti sono stati recente-

mente sviluppati e analizzati in modo completo dal Centro Ricerche Fiat con la costruzione di un dimostratore della tecnologia steer-by-wire dalle prestazioni complete, impostato su autotelaio Alfa Romeo 147. Questo prototipo è stato presentato in un numero limitato di eventi internazionali, tra cui la presentazione pubblica del progetto SPARC, avvenuta a Papenburg nella Germania del Nord, di fronte a centinaia di tecnici dei settori dell'auto e dei veicoli commerciali. Dal punto di vista estetico, sul prototipo spicca l'originale forma del volante a cloche, visibile in Figura 1, mentre durante il test sorprende piacevolmente la notevole precisione di guida e il rapporto-sterzo molto diretto alle basse velocità: merito dell'accurata messa a punto del sistema di controllo, ma anche dalle elevate prestazioni dell'attuatore elettromeccanico di sterzo e dalla



Figura 2, Alfa 147 steer-by-wire.

Figura 3, attuatori steer-by-wire su Alfa 147.



maggiore libertà tecnica consentita dalla totale assenza di collegamento meccanico tra volante e cambio.

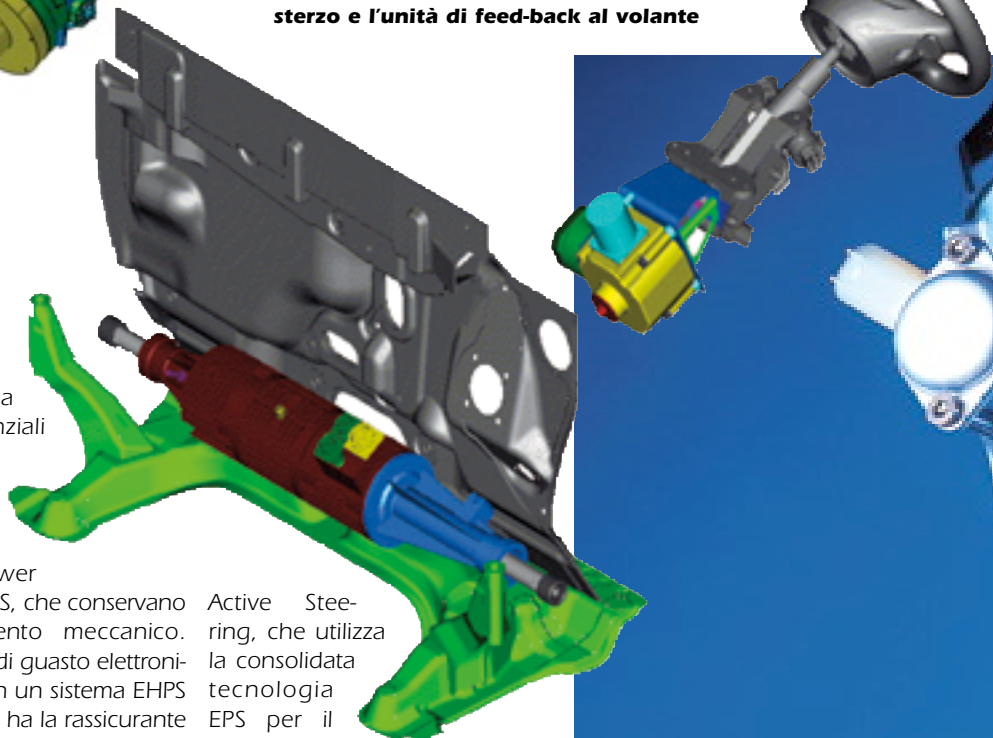
Il tecnico che accompagna gli ospiti durante il test del prototipo, dopo aver ricevuto i complimenti per le prestazioni della vettura, quando descrive i contenuti tecnologici del sistema prova sempre un sottile piacere per l'espressione sorpresa dell'ospite di fronte allo spazio vuoto lasciato dal piantone di sterzo.

LO STEER-BY-WIRE IN CAMPO INTERNAZIONALE

Sulla scena internazionale dell'auto, il concetto di sistemi di sterzata puramente elettrici - elettronici è attraente per i progettisti perché consente di realizzare più semplicemente una vasta gamma di caratteristiche di sterzata con costi minori e con maggiore facilità rispetto agli attuali sistemi EPS (Electric Power Steering). La tecnologia richiesta è disponibile e lo steer-by-wire è già stato utilizzato in numerosi veicoli concept e svariati prototipi. Tuttavia, la barriera più evidente è la preoccupazione del consumatore per gli eventuali guasti del sistema. La consapevolezza di una totale assenza di connessione meccanica nel sistema di sterzata primario del veicolo tende a generare vari livelli di

disagio e ansia nei potenziali consumatori, al contrario dei sistemi EHPS (Electro Hydraulic Power Steering) ed EPS, che conservano un collegamento meccanico. Infatti, in caso di guasto elettronico o elettrico in un sistema EHPS o EPS, il cliente ha la rassicurante consapevolezza che questo ritornerà semplicemente alla condizione di sistema manuale (cioè senza asservimento) o ad assistenza idraulica convenzionale. Inoltre, come è stato spesso citato negli ambienti automotive specializzati, i costruttori sono prudenti a causa del rischio di controversia legale derivanti da lesioni del cliente dovute a un guasto del sistema. Alcuni analisti, inoltre, hanno confrontato i costi di ricerca e di sviluppo necessari a portare la tecnologia steer-by-wire sul mercato, che devono essere confrontati con i benefici percepiti dai consumatori, soprattutto considerando che funzionalità simili possono essere realizzate con il cosiddetto Front

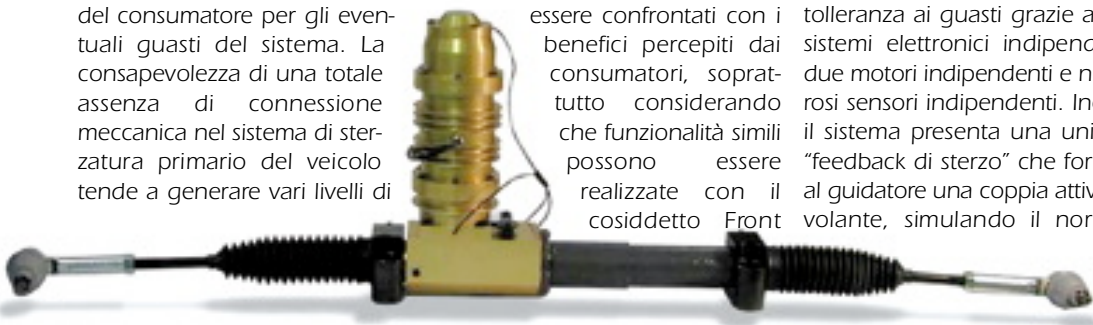
Figura 4, l'attuatore elettromeccanico di sterzo e l'unità di feed-back al volante



Active Steering, che utilizza la consolidata tecnologia EPS per il controllo attivo della sterzata delle ruote anteriori.

In conclusione, anche se attualmente lo steer-by-wire nel settore automotive è considerato da molti come una possibile tecnologia di lungo termine, diversi fornitori hanno già sviluppato sistemi a livello prototipale. Per esempio, già dal 2001 SKF ha presentato un sistema steer-by-wire a 42 volt e nell'ambito del progetto SPARC ha sviluppato una versione a 12 volt (Figura 5). Il sistema è caratterizzato da un elevato livello di ridondanza e tolleranza ai guasti grazie a due sistemi elettronici indipendenti, due motori indipendenti e numerosi sensori indipendenti. Inoltre, il sistema presenta una unità di "feedback di sterzo" che fornisce al guidatore una coppia attiva sul volante, simulando il normale

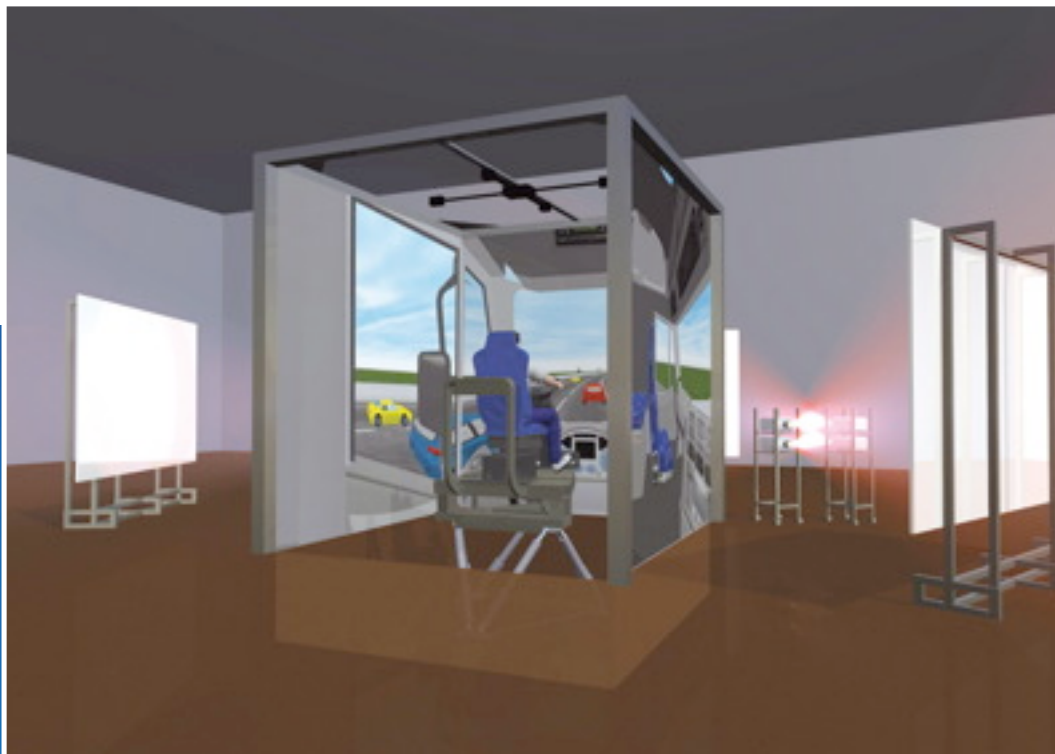
Figura 5, attuatore elettromeccanico steer-by-wire (fonte SKF).



sforzo al volante, indispensabile per avere la percezione corretta dell'avvicinarsi al limite di sterzata del veicolo (Figura 4).

IL CO-PILOT DEL PROGETTO SPARC

SPARC è un progetto di ricerca, finanziato dalla Comunità europea nell'ambito del 6° Program-



ma Quadro, finalizzato allo sviluppo delle tecnologie drive-by-wire per i veicoli pesanti e per le autovetture, con l'obiettivo di migliorare la sicurezza stradale e l'efficienza dei veicoli. All'interno del progetto SPARC, il Centro Ricerche FIAT di Orbassano ha contribuito allo sviluppo di sistemi di sicurezza preventiva e attiva in grado di avvisare il guidatore in caso di pericolo e di intervenire automaticamente sul sistema di frenatura e di sterzata del veicolo, allo scopo di evitare collisioni imminenti con altri veicoli. Durante la demo finale di SPARC è stato mostrato un TIR che compie la manovra di evasione automatica di una vettura ferma al centro della corsia. Naturalmente la dimostrazione è stata fatta su una pista di prova e il camion era un prototipo attrezzato con un sistema di controllo di tipo sperimentale, ma probabilmente tra qualche anno sistemi di questo tipo non saranno più soltanto prototipi di ricerca bensì sistemi disponibili per gli autisti più sensibili verso il tema della sicurezza stradale integrata. Il camion del test era equipaggiato con un sofisticato sistema anti-collisione, basato su un radar a micro-onde e una telecamera, in grado di riconoscere gli ostacoli

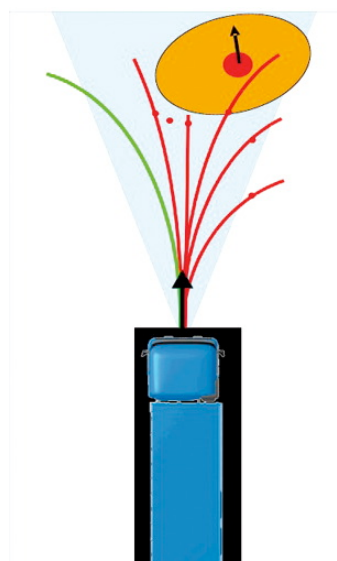
Figura 6, il simulatore di guida in Realtà Virtuale utilizzato per i test del Co-pilot SPARC.

presenti sulla traiettoria del veicolo. Però il cuore del sistema è costituito dal cosiddetto modulo DCS (Decision Control System) e dal modulo "SPARC Co-pilot". Il modulo DCS utilizza le informazioni provenienti dai vari sistemi di monitoraggio dell'ambiente circostante e le confronta con i parametri dinamici del veicolo, e in particolare con la sua traiettoria prevista: qualora preveda che la propria traiettoria sia tale da generare una probabile collisione con un ostacolo, allora entra in funzione il modulo Co-pilot. Questo modulo è stato sviluppato per realizzare il "controllo vettoriale" del veicolo, in pratica per assumere simultaneamente il controllo laterale e longitudinale del veicolo, grazie alla presenza degli attuatori drive-by-wire, che rendono possibile il controllo elettronico integrato di sterzo, freno e coppia-motore. Il Co-pilota interviene modificando il vettore di velocità del veicolo, cioè sterzando e frenando, tenendo conto dei limiti di stabilità dinamica, evitando cioè per esempio di innescare

Figura 7, test del Co-pilot su un camion, utilizzando il simulatore in Realtà Virtuale.



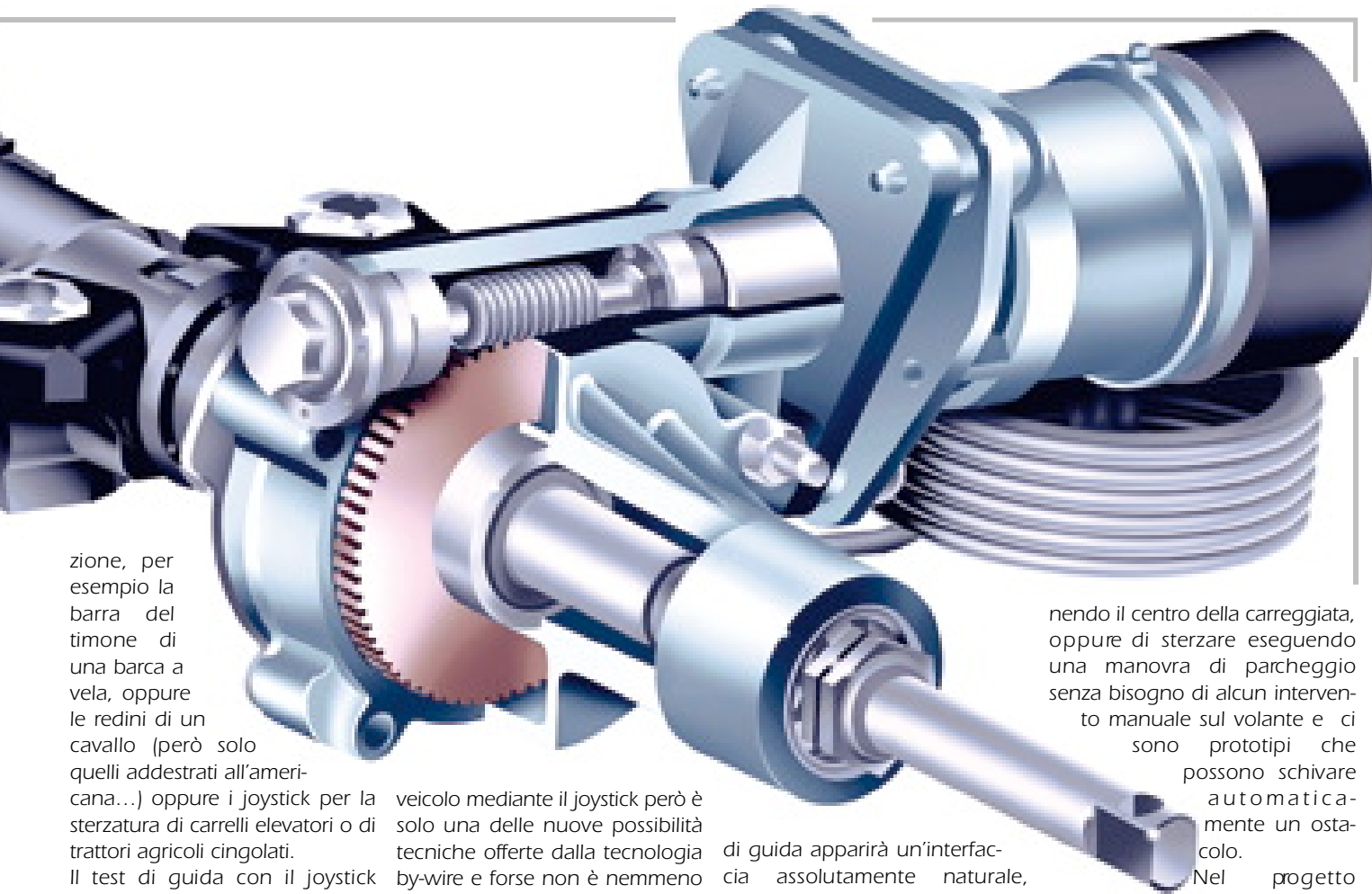
situazioni di testa-coda, rollover o bloccaggio delle ruote. A dimostrazione della completa integrazione dei controlli primari del veicolo, sul camion e sulla autovettura SPARC il volante è stato rimosso e sostituito con un joystick, che consente di sterzare muovendo la leva a destra o a sinistra e permette di accelerare o di frenare muovendo la leva avanti o indietro. I comandi primari del veicolo sono quindi disponibili per il guidatore con una unica interfaccia fisica: il



joystick.

L'esperienza di tenere letteralmente in un pugno la dinamica completa di un potente TIR è sicuramente stimolante dal punto di vista tecnico. Uno degli obiettivi del progetto era quello di dimostrare che un'unica interfaccia di controllo avrebbe reso più semplice il controllo del veicolo: nelle fasi precedenti del progetto, è stato persino realizzato con successo un test di guida del TIR da parte di una bambina di sette anni, che è riuscita a guidare il TIR in un piazzale senza apparenti problemi, grazie alla intuitività del comando integrato a joystick. Chi scrive ha potuto effettuare un test di guida del camion SPARC a joystick, traendone un'impressione non del tutto positiva. Il test consisteva nell'effettuare un breve percorso su pista, rappresentativo di tutte le manovre elementari di guida. L'avvio da fermo, che si effettua spingendo dolcemente in avanti il joystick invece del pedale-acceleratore, è veramente piacevole: il potente Mercedes Actros parte prontamente e accelera inserendo automaticamente le marce. Poi bisogna effettuare uno slalom a velocità costante: sterzare muovendo lateralmente il joystick appare abbastanza naturale. In fondo, esistono diversi altri mezzi di trasporto che adottano lo stesso principio per il controllo di dire-

Figura 8, la coppia attiva di sterzo generata dal Co-pilot rappresenta un "linguaggio aptico" tra macchina e guidatore, particolarmente efficace ed intuitivo per evitare per esempio una imminente collisione.



zione, per esempio la barra del timone di una barca a vela, oppure le redini di un cavallo (però solo quelli addestrati all'americana...) oppure i joystick per la sterzata di carrelli elevatori o di trattori agricoli cingolati.

Il test di guida con il joystick prosegue e lo slalom termina senza problemi: dopo poche curve, si riesce a familiarizzare con il controllo laterale, imparando la relazione (il guadagno) tra il movimento laterale della leva e l'entità della sterzata del veicolo. La parte più difficile è invece quella che richiede di impostare con precisione una curva e di rallentare ciò presuppone un movimento combinato laterale e longitudinale che non è affatto intuitivo. E, naturalmente, ogni spostamento eccessivo di lato o indietro della leva-joystick si traduce immediatamente in repentini moti di sterzo o di frenatura, con conseguenti movimenti di rollio e beccheggio della cabina (peraltro piuttosto confortevole).

Probabilmente occorrerebbe un periodo di training un po' più lungo per prendere sufficiente dimestichezza con questa insolita interfaccia di guida: vero è però che il joystick alla prova dei fatti si è rivelato per tutti i partecipanti meno intuitivo del previsto.

Il controllo di guida dell'intero

veicolo mediante il joystick però è solo una delle nuove possibilità tecniche offerte dalla tecnologia by-wire e forse non è nemmeno la più significativa, anche se è certamente quella che lascia presagire meglio la potenziale rivoluzione che potrebbero subire i comandi di un'auto negli anni futuri: eliminazione del volante tradizionale e del piantone, sparizione completa di tutti i pedali, comparsa di nuovi comandi per esempio cloche di stile aeronautico o joystick e consolle simili a video-giochi. Forse in futuro, ai ragazzi cresciuti a pane e video-giochi, il joystick

di guida apparirà un'interfaccia assolutamente naturale, molto più del volante che richiedeva quei tipici movimenti circolari...

Il Co-pilota automatico è invece uno dei contenuti più interessanti del progetto SPARC e anche in questo caso vi sono delle novità non trascurabili. Da anni, diversi costruttori automobilistici e istituti di ricerca, tra cui anche il CRF, hanno sviluppato prototipi in grado di eseguire qualche tipo di sterzata automatica: esistono vetture capaci di correre mante-

nendo il centro della carreggiata, oppure di sterzare eseguendo una manovra di parcheggio senza bisogno di alcun intervento manuale sul volante e ci sono prototipi che possono schivare automaticamente un ostacolo.

Nel progetto SPARC, il Co-pilota automatico è stato sviluppato con lo scopo di intervenire automaticamente sullo sterzo per evitare un ostacolo improvviso: le modalità di intervento però sono concettualmente diverse da quello che ci si aspetterebbe da una sorta di robot di guida che non si distrae mai e che reagisce in maniera fulminea, prendendo temporaneamente il controllo del veicolo, fino al termine della situazione di

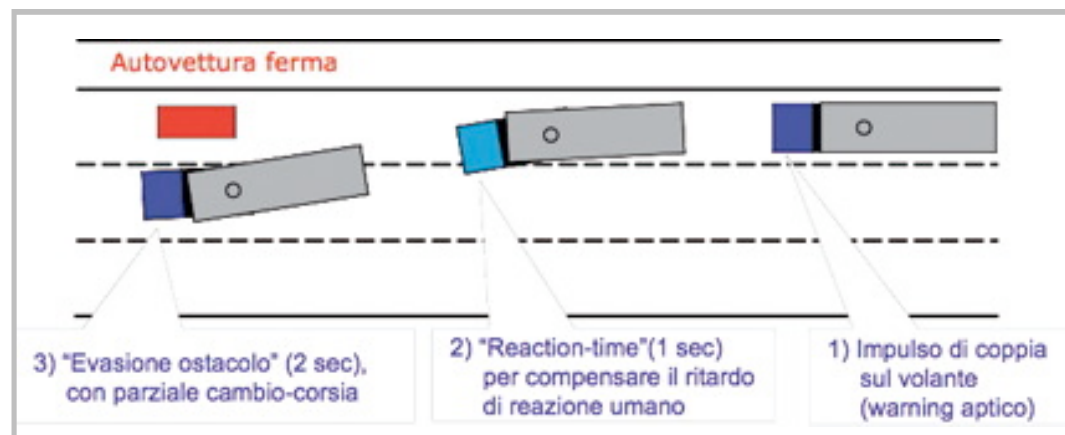


Figura 9, strategie di intervento del Co-pilot per la manovra di evasione ostacolo.

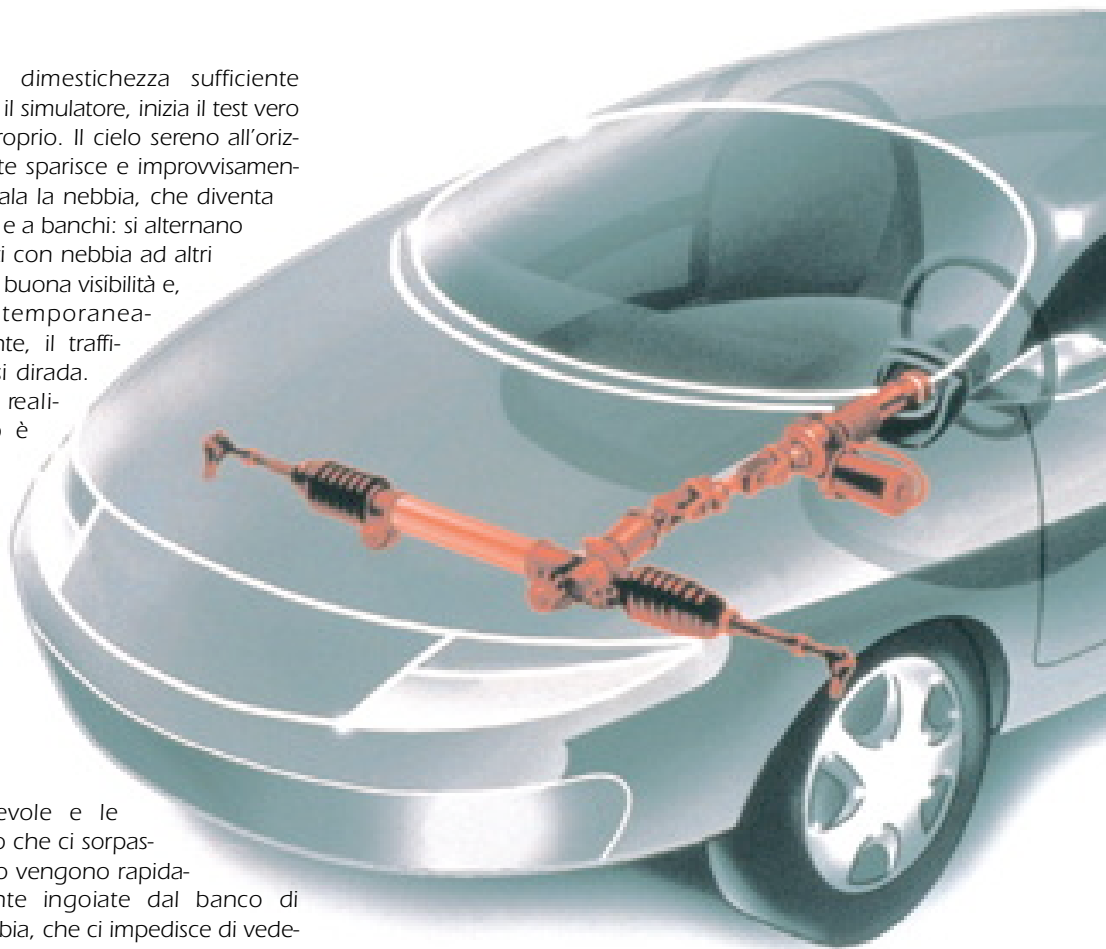
emergenza. In realtà, il Co-pilot SPARC ideato dal Centro Ricerche FIAT non intende in alcun caso prendere il sopravvento sul guidatore, né sostituirsi a lui nemmeno per il breve periodo della manovra di emergenza. Al contrario, il Co-pilot supporta il guidatore senza esautorarlo dal compito di guida, anzi ne esalta le capacità.

Per comprendere pienamente le potenzialità del Co-pilot è necessario salire a bordo del Simulatore di Guida in Realtà Virtuale (Figura 6) del Centro Ricerche FIAT, dove il sistema è stato sviluppato. Il test avviene in uno scenario autostradale, con alberi e prati verdi sui due lati dell'autostrada e montagne sullo sfondo (casualmente assomigliano alle Alpi che si vedono da Torino nelle giornate serene...), con una strada a due corsie affollata di auto (tutte FIAT e Alfa Romeo),

che ci sorpassano sulla sinistra. Il guidatore inforca un paio di occhiali polarizzati che permettono la visione stereo dell'intera scena. Lo scenario virtuale avvolge completamente il guidatore sui due lati e di fronte; in questo modo si ha l'impressione di essere veramente immersi in una cabina da camion (Figura 7). Un occhio esperto riconosce immediatamente che si tratta dell'interno della cabina di un IVECO Stralis; persino il volante e il sedile del guidatore (entrambi reali) sono proprio quelli dello Stralis. Quello che sorprende invece è il realismo del movimento della cabina virtuale; in realtà, il guidatore è seduto sopra una piattaforma dinamica a sei gradi di libertà, in grado di riprodurre i tipici movimenti della cabina del camion, sulla base di un modello di veicolo molto sofisticato che gira in real-time su uno dei numerosi computer del simulatore. Dopo qualche minuto, quando il guidatore ha ormai preso confidenza con il camion virtuale, egli riesce a mantenerlo nella corsia di marcia senza far intervenire il Lane Departure Warning, un sistema di sicurezza preventivo che lo avvisa prontamente con un suono elettronico se oltrepassa una delle linee bianche di corsia. Non appena si acquisisce

una dimestichezza sufficiente con il simulatore, inizia il test vero e proprio. Il cielo sereno all'orizzonte sparisce e improvvisamente cala la nebbia, che diventa fitta e a banchi: si alternano tratti con nebbia ad altri con buona visibilità e, contemporaneamente, il traffico si dirada. Il realismo è

notevole e le auto che ci sorpassano vengono rapidamente ingoiate dal banco di nebbia, che ci impedisce di vede-





sorpasso, rientrando immediatamente nella corsia di marcia originaria e... moderando la velocità. La morale del test è, ovviamente, che la situazione di pericolo si è determinata a causa dell'eccessiva velocità di guida, che non teneva conto delle condizioni di scarsa visibilità. Tuttavia il test ha evidenziato il potenziale del Co-pilota automatico, una sorta di angelo custode che è intervenuto un istante prima dell'urto, agendo prontamente sullo sterzo e iniziando l'unica manovra in grado di salvarci da un urto disastroso. Naturalmente qualche scettico potrebbe sollevare una

serie di obiezioni a un tale scenario di evoluzione tecnologica, per esempio potrebbe sostenere che la manovra di sorpasso ha richiesto l'invasione della corsia adiacente e quindi ha innescato un ulteriore rischio di collisione con eventuali veicoli in fase di sorpasso. Inoltre, potrebbe sostenere che non ci si può fidare di una macchina che in qualunque momento può prendere il controllo del veicolo, escludendoci dalla guida. La prima obiezione è piuttosto infondata, infatti il Co-pilot prima di intervenire elabora numerose informazioni, tra cui anche quelle fornite dai sensori laterali del Lane Change Assistant, che sorvegliano il lato sinistro del TIR e possono quindi rilevare la presenza o l'imminente arrivo di altri veicoli nella corsia laterale. In questo caso i sensori possono essere di tipo ottico (telecamere) oppure radar a medio raggio, in grado di rilevare ostacoli oltre 50 metri. Il sorpasso impostato dal Co-pilot

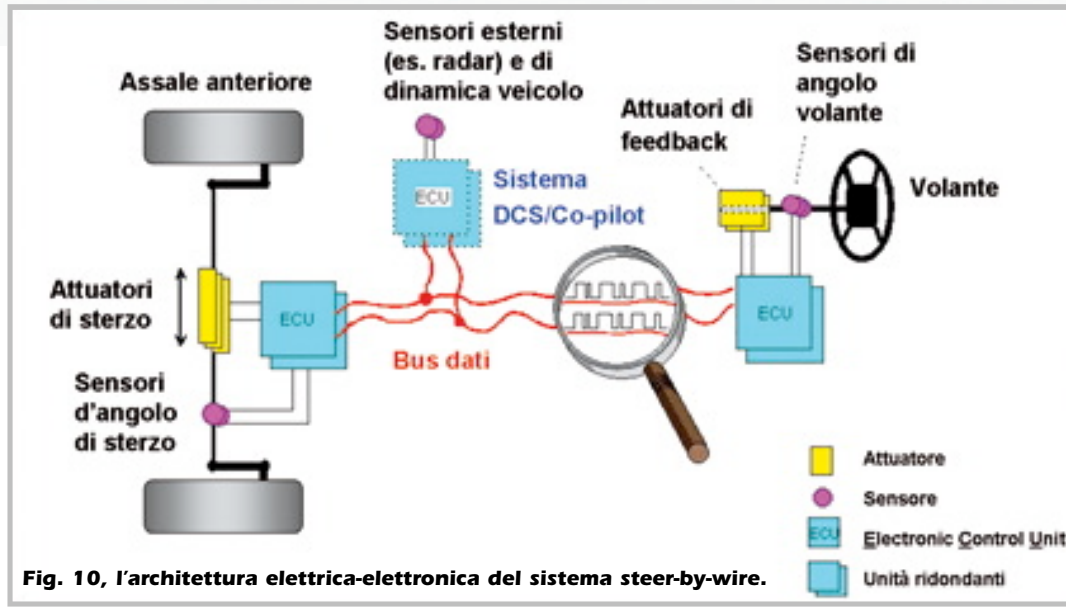


non è stato quindi avventato, bensì effettuato in piena sicurezza dopo aver verificato l'assenza di altri veicoli nella corsia adiacente. Anche la seconda obiezione, legata ad una sorta di diffidenza verso la macchina che ci priverebbe del nostro "libero arbitrio" di guidatori, in realtà è altrettanto infondata. Infatti il Co-pilot del CRF non interrompe mai il controllo del veicolo da parte del guidatore, il quale al contrario mantiene costantemente le proprie prerogative di controllo sul mezzo, senza perderle neanche per un attimo. Infatti l'azione del Co-pilot consiste nel generare una coppia attiva sul volante, sufficientemente rapida per essere efficace, ma di entità limitata, in modo da poter essere facilmente contrastata dal driver. In pratica, l'intervento è rapido ma garbato, tale cioè da poter essere contrastato dal driver se ritiene che l'intervento

del Co-pilota sia sbagliato. Riassumendo, l'azione del sistema DCS/Co-pilot durante una manovra di evasione ostacolo di emergenza avviene quindi seguendo i seguenti passi:

- Innanzitutto analizza lo scenario di traffico attorno al veicolo, valutando costantemente tutte le possibili manovre di evasione compatibili con i limiti di stabilità del mezzo;





Infatti la coppia attiva sul volante richiama l'attenzione sulla necessità di controllare lo sterzo, ma contemporaneamente avvia la necessaria manovra di sterzata, anticipando i tempi di reazione e quindi rendendo la manovra stessa meno brusca e in definitiva più sicura. Il tutto salvaguardando il principio del "libero arbitrio" e della responsabilità ultima del driver. Infatti, il guidatore non viene mai disconnesso dal loop di controllo del veicolo, poiché mantiene sempre la possibilità di inibire l'azione del Co-pilot (contrastando la coppia attiva) oppure di perfezionare l'azione iniziata dal Co-pilot completando per esempio la manovra di sorpasso. In questo contesto, la coppia attiva di sterzo generata dal DCS/Co-pilot (Figura 8) rappresenta una sorta di "linguaggio aptico" utilizzato dalla macchina per comunicare con il guidatore in maniera molto intuitiva e quindi particolarmente efficace in situazioni di imminente pericolo. In futuro, i sistemi di Sicurezza Preventiva e Attiva evolveranno progressivamente verso livelli crescenti di automazione, che comprenderanno sicuramente anche interventi attivi sullo sterzo, per esempio per evitare una collisione nel caso che il guidatore non reagisca con sufficiente prontezza al pericolo imminente. Il sistema SPARC DCS/Co-pilot rappresenta quindi un interessante passo in avanti nel lungo cammino tecnologico volto a sviluppare sistemi di controllo automatico del veicolo, conciliando la rapidità ed efficacia dell'intervento automatico con la responsabilità e l'esperienza del guidatore. ■

- valuta la distanza di evasione con gli altri veicoli, scartando le traiettorie potenzialmente a rischio di collisione;
- quindi, in caso di necessità, il sistema comanda la generazione di una coppia attiva di sterzo, che allerta il driver e avvia l'azione correttiva sullo sterzo necessaria per compiere la manovra più adeguata.

Il Virtual Reality Driving Simulator del Centro Ricerche FIAT è stato utilizzato ampiamente per lo sviluppo in piena sicurezza degli algoritmi di base del DCS / Co-pilot. Il modulo Co-pilot sviluppato da CRF è stato implementato sul simulatore in più versioni ed è stato oggetto di test di guida simulati da parte di un ampio "panel" di guidatori. Lo scopo delle simulazioni era principalmente quello di valutare l'accettazione dell'intervento del sistema in determinate condizioni di emergenza, per esempio in scenari stradali con ostacoli improvvisi e conseguente rischio

di collisione frontale e laterale. In particolare, si è indagata la modalità migliore di intervento attivo del Co-pilota sullo sterzo e la sua durata. Facendo riferimento all'esperienza già descritto, che riproduce un'evasione laterale di un ostacolo improvviso sbucato dalla nebbia, la maggior parte degli utenti ha dichiarato di

accettare l'intervento attivo sullo sterzo e di aver apprezzato in particolare il miglioramento complessivo dei propri tempi di reazione: il Co-pilot, infatti, inizia ad agire almeno un secondo prima di qualunque driver, anche di uno ben attento alla guida. L'effetto dell'intervento è duplice, sia di warning sia di intervento.

MAURO MONTIGLIO

Note sull'autore

Mauro Montiglio è Project Manager al Centro Ricerche FIAT di Orbassano, nei pressi di Torino. Laureato in Ingegneria Meccanica al Politecnico di Torino, lavora dal 1989 al CRF, dove è stato per anni responsabile di un gruppo di specialisti di comfort vibrazionale delle sospensioni e di simulazioni multibody. Da oltre dieci anni, coordina attività di ricerca e progetti di innovazione riguardanti i sistemi controllati dell'autotelaio, le sospensioni, la vibro-acustica e la sicurezza, occupandosi in particolare di applicazioni finalizzate ai veicoli commerciali ed alle macchine agricole e da costruzione. In CRF ha coordinato diversi progetti di ricerca pubblici, sia italiani sia europei: tra quelli europei, il recente progetto SPARC, focalizzato sui sistemi drive-by-wire, e il progetto Prevent/SAFELANE, finalizzato ai sistemi di sicurezza preventiva per i camion. È autore di numerosi articoli riguardanti le simulazioni multibody, i supporti motore attivi, le sospensioni semi-attive per treni e veicoli commerciali, i sistemi di sicurezza preventiva.

