

Capítol 3: **LES NOVES TECNOLOGIES: TENDÈNCIES I FUTUR**

- 3.1.- El sistema elèctric de 42V
 - 3.1.1.- Perquè 42V?
 - 3.1.2.- Motivacions i perspectives
 - 3.1.3.- Dificultats
- 3.2.- X-by-Wire
 - 3.2.1.- Antecedents
 - 3.2.2.- Starter-generator
 - 3.2.3.- Sistemes de corretges
 - 3.2.4.- Catalitzadors
 - 3.2.5.- Acceleració (Throttle-by-Wire)
 - 3.2.6.- Direcció (Steer-by-Wire)
 - 3.2.7.- Frenada (Brake-by-Wire)
 - 3.2.8.- Suspensió Activa
 - 3.2.9.- Actuació de les vàlvules
- 3.3.- Els protocols del futur
 - 3.3.1.- Els time-triggered protocols
 - 3.3.2.- EL TTP
 - 3.3.2.1.- Accés al medi
 - 3.3.2.2.- Mitjà físic
 - 3.3.2.3.- Sincronització
 - 3.3.3.- FlexRay
 - 3.3.3.1.- Accés al medi
 - 3.3.3.2.- Mitja físic
 - 3.3.3.3.- Sincronització
 - 3.3.4.- Comparació FlexRay i TTP

LES NOVES TECNOLOGIES: TENDÈNCIES I FUTUR

En la indústria de l'automòbil, com en tantes altres, la tecnologia punta és protagonista i en aquesta hi juga un paper molt important l'electrònica. Actualment el principal inconvenient en la incorporació de sistemes electrònics més potents en els vehicles és la potència elèctrica disponible. Les xarxes d'alimentació de 14V actuals estan arribant als seus límits, sobretot en els últims anys (veure *Figura 20*). El desenvolupament d'un sistema de 42-V ja és una realitat, tot i això aquest procés és progressiu i requereix grans esforços tècnics i econòmics, els vehicles tenen moltes aplicacions amb parts elèctriques i electròniques que s'han de sotmetre a adaptacions.

L'increment de potència disponible no ha passat per alt i totes les parts implicades, conscients del ventall de noves possibilitats que s'obren, han començat a desenvolupar nous sistemes. La principal línia de recerca, de ben segur revolucionària, és l'anomenat X-by-Wire, aquest és el terme anglès que dóna nom a la tecnologia que té per finalitat la supressió d'elements mecànics o hidràulics per substituir-los per altres controlats i accionats elèctricament.

3.1.- El sistema elèctric de 42V

La demanda d'energia elèctrica en els vehicles no para d'incrementar (*Figura 20*), el sistema elèctric actual és de 14V, es considera que el límit d'intensitat pràctic és de 200A, al sobrepassar aquesta intensitat el cable que s'ha d'utilitzar resulta massa gran i difícil de manipular i instal·lar. Un sistema de 14V i 200A pot proporcionar una potència màxima de 2.8KW, segons el creixement que es preveu en la demanda d'energia per part dels vehicles aquest límit no trigarà a arribar. Amb 42-V i una intensitat de 200A tindriem una potència de 8.4KW.

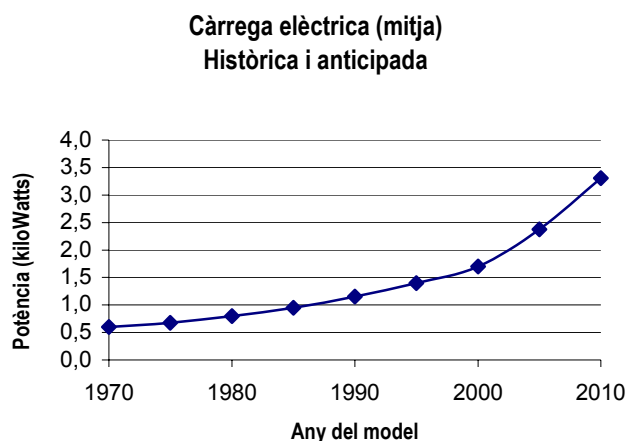


Figura 20

Comentari: El gràfic ens mostra les càrregues mitges esperades, el consum pic pot ser molt superior tal com podem veure a la taula, que ens mostra quins serien les càrregues d'alguns dels sistemes futurs, una breu descripció en el funcionament d'alguns d'aquests la podem trobar a l'apartat 3.2.

Tipus de càrrega	Pic Potència (W)	Éstiu Pot. Mitja (W)	Hivern Pot. Mitja (W)
Actuadors electromecànics de les vàlvules	3200	1000	1000
Ventiladors de refrigeració	800	400	-
Bomba del refrigerant	500	400	80
Direcció elèctrica	1000	100	100
Vidre calefactat (davanter)	2500	-	250
Catalitzador amb escalfadors elèctrics	3000	60	120
Suspensió activa(4 rodes)	12000	360	360
Informació i entreteniment	100	100	100
Total	-	2420	2010

No serà la primera transició. A mitjans dels anys 50 la introducció de millores com la radio, llums de major potència i majors necessitats d'energia en la ignició van donar lloc a un canvi en la tensió del sistema, que fins llavors era de 6V. Aquest canvi, que passaria a un sistema de 14V no té res a veure amb el que es donarà ara, ja que les aplicacions llavors eren molt poques i el canvi va ser relativament fàcil. El canvi que es portarà a terme actualment serà a molta més gran escala i amb una quantitat de indústries involucrades molt gran, per la qual cosa és necessària una gran planificació i organització, en resum, que es necessita una estandardització de la xarxa de 42V amb la participació dels organismes implicats.

3.1.1.- Perquè 42V?

El motiu que el voltatge escollit sigui de 42V és que fins a aquest voltatge no cal incorporar materials de seguretat, la incorporació d'aquests materials faria incrementar molt el cost. L'estàndard alemany VDE0100/410 considera un voltatge pic DC de fins 60V sense protecció com a segur. En la *figura 21* podem observar com en el bus de 42V (voltatge nominal) no es superen aquests 60V.

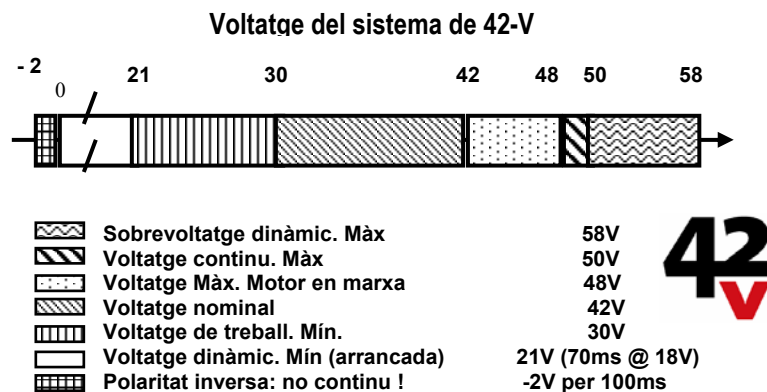


Figura 21

3.1.2.- Motivacions i perspectives

Si busquem un motiu en la saturació dels sistemes de 14V actuals, el podem trobar en el continu increment de les exigències de seguretat, funcionalitat, confort, i luxe per part del comprador, sumades a la gran pressió de la legislació en matèria mediambiental. Hi ha una gran pressió amb l'objectiu de reduir les emissions contaminants i evitar materials que no són respectuosos amb el medi.

Els sistemes de 42V donen lloc a un seguit de possibilitats que impliquen millores tècniques, les millores tècniques es poden traduir en un estalvi energètic, en materials, i en el temps d'instal·lació. En contra hi tenim els recursos que s'han de destinar a la recerca i desenvolupament, que són molts, per això les aplicacions de 42V s'aniran introduint escalonadament. Es preveu que amb els nous sistemes l'estalvi en combustible pugui ser de l'ordre del 15%, gràcies a la major eficiència dels sistemes. Els sistemes electrònics a més, són molt flexibles i es poden millorar o adaptar per a diferents vehicles tant sols reprogramant-los.

3.1.3.- Dificultats

A hores d'ara existeixen milers d'aplicacions elèctriques i electròniques per als automòbils, la transició cap al sistema de 42V no és fàcil ni instantània, s'ha pensat que la millor solució per fer que les empreses implicades es puguin adaptar és la implantació de sistemes duals de 14/42V. Els elements de gran consum s'alimentarien del sistema de 42V mentre que els circuits electrònics, petits motors i llums, podrien utilitzar el tradicional de 14V. La presència de sistemes únics de 42V s'espera com a molt aviat l'any 2007.

Per implementar un sistema de 14/42V hi ha diverses solucions possibles. La *figura 22* esquematitza una alternativa amb 2 alternadors, són dues xarxes separades que només tenen en comú la massa, en la figura hi podem observar dues bateries però se'n pot utilitzar una, tot i que el disseny es complica. Una altra opció, tal com veiem a la *figura 23* és la utilització d'un alternador que pugui subministrar dues sortides, una de 14V i una de 42V.

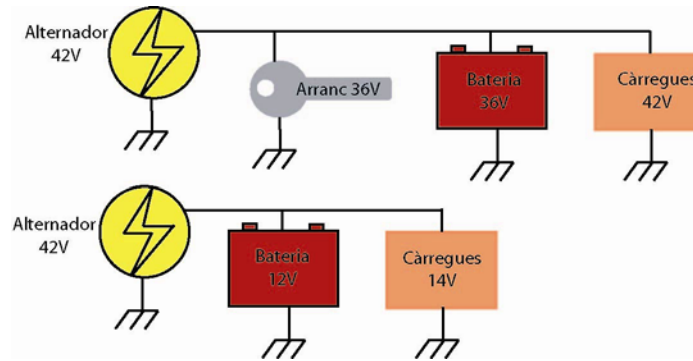


Figura 22

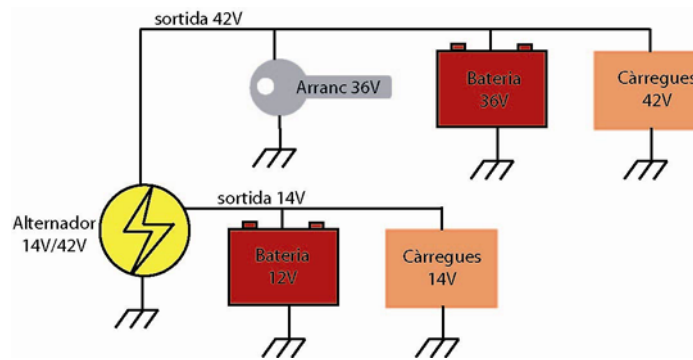


Figura 23

Un altre sistema totalment diferent s'aconseguiria amb la utilització d'un o varis convertors DC/DC (Figura 24) on només caldria un alternador de 42V. De convertors DC/DC es preveu que n'hi pugui haver un de central o varis de distribuïts, la opció que millor s'adeqüi a les necessitats del vehicle.

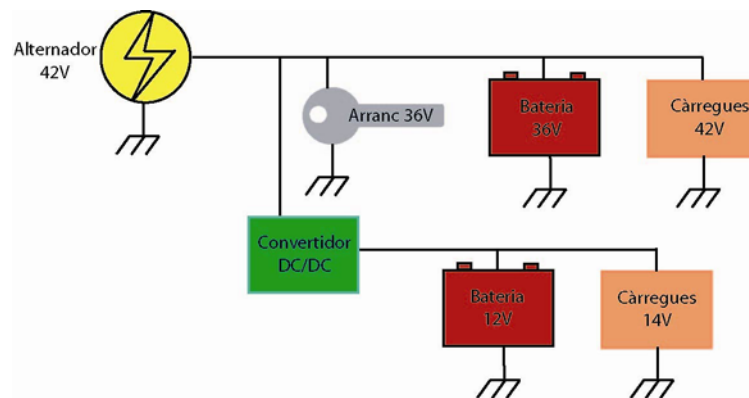


Figura 24



Les bateries convencionals, amb càrrega d'àcid, no tenen les característiques suficients per les aplicacions futures, que exigiran molt a les bateries tant en velocitat de càrrega com en la resposta i vida útil. Actualment els principals candidats a substituir les bateries convencionals són les de polímer Liti o ió Liti, que juntament amb les de NiMH (níquel metall híbrid) són les que amb les adaptacions i millores corresponents es podrien adaptar millor a les noves necessitats. Les alternatives a la bateria d'àcid que hem comentat, el principal factor que tenen en contra és el cost.

3.2.- X-by-Wire

La implantació del bus d'alimentació de 42-V obre moltes línies de recerca, es comencen a desenvolupar projectes d'aplicacions basats en aquesta plataforma. El concepte X-by-Wire no para de prendre importància, s'intenten canviar els sistemes mecànics robustos i imprecisos per sistemes electrònics amb sensors, actuadors, i unitats de control, que de ben segur poden revolucionar un mercat que a hores d'ara ja ho està.

Un sistema X-by-Wire és un sistema de control crític en seguretat amb tolerància de falles i sense "backup" mecànic. El propòsit d'un sistema X-by-Wire és satisfer el conductor en la conducció, millorar la eficiència global i fer la carretera més segura per a tothom. Un cop en producció es preveu que el sistema tingui avantatges econòmics respecte els actuals, així com en el manteniment.

No bé de nou que les empreses vulguin vendre cotxes més segurs, eficients i econòmics. L'ús de l'electrònica en el control del motor ja ha reduït el seu consum, n'ha augmentat el rendiment i a la vegada s'han reduït les emissions. L'ús de l'electrònica en el ESP (control de estabilitat) assisteix al conductor en el control del vehicle i millora la seguretat. Els sistemes electrònics que hi ha actualment tenen un backup mecànic, en cas que falli l'electrònica el sistema pot continuar funcionant. En l'X-by-Wire aquest backup s'ha de substituir per sistemes de control crítics, que proporcionin almenys la mateixa seguretat que els antics sistemes. Per garantir la seguretat s'utilitzen sistemes redundants i deterministes (predictibles).

Als beneficis del X-by-Wire cal afegir també que els elements de control es poden situar en diferents punts del cotxe, també hi ha supressió de connexions mecàniques amb la qual cosa es facilita la producció el vehicle, així com una major flexibilitat, p.ex.: els cotxes amb volant a la dreta o a l'esquerra seran molt més fàcils de produir. La flexibilitat del X-by-Wire també rau en la naturalesa del sistema, el fet que sigui controlat per dispositius electrònics programables possibilita que es puguin realitzar millores i actualitzacions a posteriori de la compra, tant sols s'ha de reprogramar el sistema.

Des de fa anys els sistemes electrònics de control han demostrat ser precisos i fiables, a més a més aquests tenen un desgast molt menor que els sistemes mecanitzats. La eficiència global del sistema també augmenta ja que hi ha menys pèrdues per fricció.

L'X-by-Wire d'entrada pot suscitar desconfiança, la simplicitat de la connexió física dels sistemes mecànics (per ex: la direcció del vehicle) poden donar una falsa

aparença de seguretat. Els antecedents de l'X-by-Wire en altres camps són prou prometedors com perquè donem plena confiança a aquests sistemes.

3.2.1.- Antecedents

Fa unes dècades el món de l'aviació va patir una revolució tecnològica, l'anomenat "Fly-by-Wire", el concepte és el mateix que l'X-by-Wire però aplicat a l'aeronàutica.

L'any 1969 va volar el primer Concorde, que ja incorporava elements amb tecnologia fly-by-wire, des de llavors es va anar produint una incorporació gradual d'aquesta tecnologia en diferents avions, fins que l'any 1988 l' A320 fabricat per Airbus va ser el primer avió de passatgers que incorporava la tecnologia fly-by-wire totalment.

Cal remarcar que com en molts altres casos, malauradament, gran part d'aquesta tecnologia és una herència de la investigació militar. Aquesta procedència si més no, garanteix una alta fiabilitat i seguretat del sistema, en les aplicacions militars no hi ha cabuda per l'error i les condicions de funcionament poden arribar a ser molt extremes.

El Fly-by-Wire demostra que l'X-by-Wire pot ser una tecnologia molt fiable i amb unes molt altes prestacions. Cal remarcar que malgrat la similitud, els sistemes aplicats als automòbils han de ser molt més econòmics.



Figura 25

3.2.2.- Starter-generator

És una de les aplicacions més desenvolupades, combina l'starter i l'alternador. L'starter realitza l'arrencada del motor, en sistemes de 14V ha de generar molta més corrent que l'alternador, que només ha de proporcionar l'energia elèctrica que consumeix el vehicle. Amb els nous sistemes de 42V resulta pràctic integrar aquests dos components, gràcies a la potència disponible.

Amb la integració de les funcions de l'starter i l'alternador en un sol element, l'anomenat starter-generator, possibilitem la parada del motor en baixades i frenades. La companyia Visteon ha desenvolupat un sistema capaç de rearrencar-se en 300ms. Per tant, quan el vehicle frena o esta aturat es pot parar el motor amb el consegüent estalvi de combustible, sobretot en zones urbanes. El temps que triga el motor a reengegar-se és tan petit que el conductor no l'apreciarà.

Quan frenem el vehicle hi ha un desaprofitament de l'energia del motor, mitjançant un sistema de recuperació aquesta energia es podria aprofitar. Posant l'starter-generator en línia amb l'eix del motor es pot fer que en una frenada recuperi l'energia del motor, i la recirculi cap el sistema de frenada, que evidentment es allà on serà útil.

El sistema d'starter-generator desenvolupat per Visteon incrementa l'eficiència del consum en un 6-12% i redueix les emissions en un 10-15%.

3.2.3.- Sistemes de corretges

Molts dels sistemes que hi ha presents en un automòbil es serveixen d'energia transferida del motor per mitjà de corretges. Amb la incorporació de l'starter-generator això ja no podria ser així perquè hem contemplat que el motor s'aturaria en cas que no es necessités, per altre banda moltes aplicacions haurien de seguir funcionant. Tots aquests components anirien alimentats elèctricament, això seria possible gràcies a l'augment de la potencia elèctrica disponible, juntament amb bateries de major capacitat i més avançades.

3.2.4.- Catalitzadors

El catalitzador, l'encarregat de reduir la presència de contaminants que el vehicle expulsa en els gasos d'escapament, necessita arribar a una temperatura relativament alta perquè funcioni a ple rendiment. Aquesta temperatura és important arribar a tenir-la com abans millor, perquè així reduïm les emissions de contaminants.

En sistemes de 14V posar resistències per escalfar-lo ràpidament no hagués comportat una millora substancial, en canvi en sistemes de 42V reduiran el temps d'escalfament.

3.2.5.- Acceleració (Throttle-by-Wire)

El sistema convencional que controla l'acceleració es realitza a partir d'un cable connectat al pedal accelerador, aquest és bastant rudimentari i es desgasta, per la qual cosa pot necessitar manteniment.

Actualment el sistema d'acceleració electrònic ja s'implementa en alguns models, consisteix en un sensor de posició en el pedal del gas, aquest envia dades a la unitat de control que donarà l'ordre a una vàlvula de deixar passar més o menys aire de l'exterior. Aquest sistema és més precís que el convencional, millora la resposta i la eficiència, i pràcticament no necessita manteniment.

3.2.6.- Direcció (Steer-by-Wire)

Alguns vehicles ja incorporen una direcció assistida elèctrica, no hidràulica com ha estat habitual durant els últims anys. Els components hidràulics es substitueixen per sensors i actuadors electrònics, els sensors detecten la direcció en que es gira i els actuadors proporcionen força addicional en aquest sentit. Un dels avantatges que presenta aquest tipus d'assistència respecte la hidràulica és un estalvi energètic, els components hidràulics necessiten sempre energia per mantenir la pressió sigui necessari o no el seu funcionament, en canvi, la direcció elèctrica només consumeix energia quan funciona.

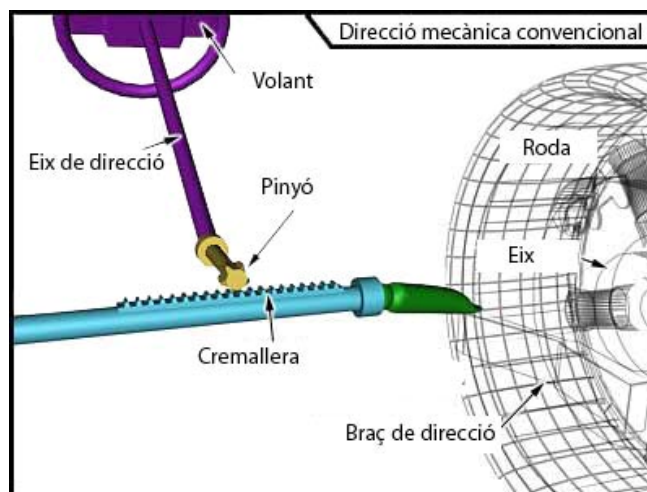


Figura 26

El gran avanç tecnològic és el que ara es coneix com Steer-by-Wire, que comportarà la supressió de moltes connexions mecàniques entre el volant i les rodes, la *figura 26* il·lustra quines són aquestes connexions en una direcció convencional. En aquest sistema principalment hi hauria un sensor que detecta el gir del volant, la unitat de control processaria la informació d'aquests sensors i d'altres que interessin (velocitat, acceleració, etc..) i donaria la senyal de control corresponent sobre dos actuadors, un a cada roda de direcció. El volant estaria connectat a un motor que d'alguna manera simuli les sensacions que transmet un "volant convencional", d'aquesta manera podríem, malgrat que no hi hagin connexions mecàniques, percebre l'estat de l'asfalt, l'adherència del neumàtic, etc... Aquest motor també hauria d'oposar la resistència al gir òptima depenent de les condicions de conducció. En la següent figura podem observar com l'eix del sistema Steer-by-Wire té unes dimensions reduïdes.

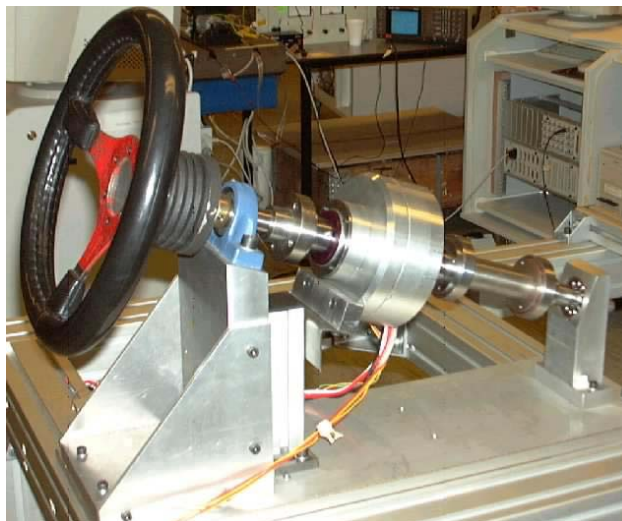
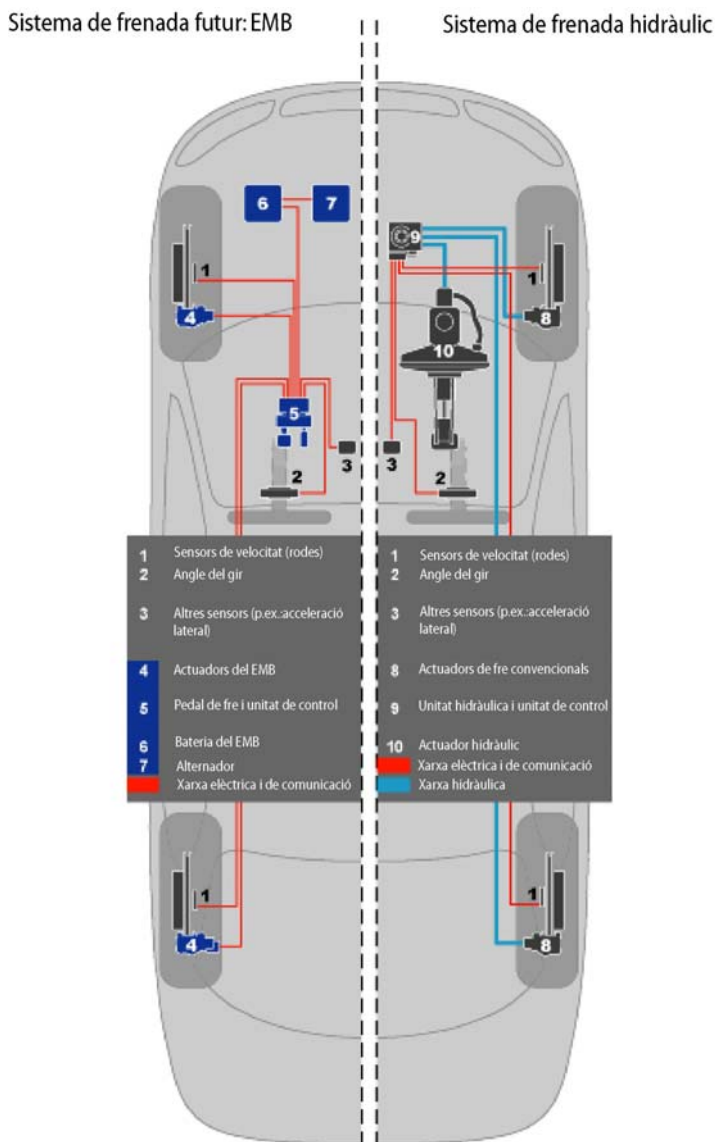


Figura 27

Aquest sistema té moltes possibilitats, estalvia pes i es poden aplicar moltes millores a nivell de control, en funció d'una sèrie de variables es pot tenir un funcionament diferent, p.ex.: A major velocitat es pot endurir la direcció i augmentar el radi de gir. També pot suposar una millora en el sector de la seguretat passiva, al no haver-hi columna de direcció, en cas de col·lisió es poden evitar lesions degudes al gir bruscat del volant. Hi ha moltes més possibilitats per explorar, com la incorporació de quatre rodes de direcció, personalització de la direcció segons l'estil de conducció etc...

3.2.7.- Frenada (Brake-by-Wire)

Aquest sistema també s'anomena EMB (Electro-Mechanical Brake), substitueix el tradicional enllaç mecànic entre el pedal de fre i les rodes, s'utilitzen una sèrie de sensors i actuadors controlats electrònicament. L'EMB ofereix la possibilitat de que hi hagin moltes millores, el sistema de control pot fer que la força de frenada sobre cada roda sigui diferent, aquesta força pot ser aplicada amb rapidesa i precisió. Amb aquestes millores es pot incrementar el nivell de seguretat implementant funcions de control avançades que facin ús de múltiples variables de funcionament (velocitat, gir del volant, acceleracions, etc...) un exemple d'aquestes funcions són els ja coneguts control d'estabilitat (ESP), antibloqueig de frenada (ABS), control de tracció (ASR), que en els sistemes EMB es poden implementar amb una major simplicitat i amb millores.



Comentari: A la figura podem observar esquemàticament els principals components del EMB i com s'interconnecten. Per altre banda també podem observar un sistema hidràulic que podem trobar al mercat actualment, amb les connexions mecàniques i hidràuliques, ja més convencionals.

Figura 28

El sistema de frenada juntament amb el de direcció és un dels més crítics en la seguretat del vehicle, hi ha un gran flux de informació amb els elements que el formen i aquest s'ha de produir de una manera segura utilitzant les noves xarxes basades en protocols com el TTP o el FlexRay.

Els percussors del EMB són els EHB (Electro-Hidraulic Brake), que ja es poden trobar en alguns models del mercat. El pedal del fre té un sensor de posició que informa a la unitat de control de la frenada que demana el conductor, el sistema de control processa aquesta informació juntament amb d'altra que pugui necessitar i aplica una pressió de frenada determinada a cada roda, a través d'un sistema hidràulic. El primer vehicle que és va comercialitzar amb aquest sistema de frenada va ser el Mercedes SL l'any 2002.

3.2.8.- Suspensió Activa

La suspensió activa ha de ser capaç de detectar i compensar els defectes de la carretera abans de que l'impuls es transmeti a l'estructura del vehicle i als passatgers. També ha de ser capaç de millorar balancejos i l'adherència del vehicle.

Actualment existeixen suspensions semi-actives que tenen algun tipus de control sobre la suspensió, però el camí fins a una suspensió totalment activa és llarg. S'ha de tenir en compte que la suspensió és un element molt important en el confort i en el comportament dinàmic del vehicle, per tant el sistema de control ha d'estar molt ben desenvolupat.

La complexitat de desenvolupament rau en varis fets: es necessita una gran quantitat de sensors (estat carretera, direcció, frens, velocitat, acceleracions laterals i longitudinals, etc...), integrar tota la informació en un sistema de control i desenvolupar un software adequat és un gran repte. A més de la dificultat tècnica en el desenvolupament d'una lògica de control, també s'ha de destacar la gran tecnologia a desplegar en el camp dels actuadors. Els actuadors han de ser capaços de produir desplaçaments molt ràpids sota condicions de càrrega elevades.

Encara hi ha molt camí per recórrer però de ben segur algun dia tots els automòbils tindran suspensió activa.

3.2.9.- Actuació de les vàlvules

Les vàlvules del motor han estat, tradicionalment, activades per l'arbre de lleves, que funciona gràcies a l'energia transferida pel motor a partir d'una sèrie d'engrenatges. D'aquesta manera la freqüència d'obertura és proporcional a la

velocitat del motor. Interessa poder variar aquesta temporització de manera que es puguin tenir en compte més paràmetres, o que la variació no sigui lineal amb la velocitat del motor, la qual cosa a través d'una complexa lògica de control permetria millorar la eficiència, rendiment i consum del motor.

A l'actualitat els fabricants ja han realitzat avanços en aquest camp, vegem-ne alguns exemples diferents, tot i que el concepte de funcionament és semblant. El funcionament explicat és molt esquematitzat, aquest sistemes són molt complexes i requereixen coneixements avançats:

VTEC (Variable valve Timing and lift Electronic Control) de Honda: És un sistema electromecànic en que hi ha una configuració variable en l'arbre de lleves, aquesta variabilitat fa que la distància a recórrer per les vàlvules pugui tenir varis valors, en els últims models hi ha 3 posicions possibles en funció de les RPM del motor.

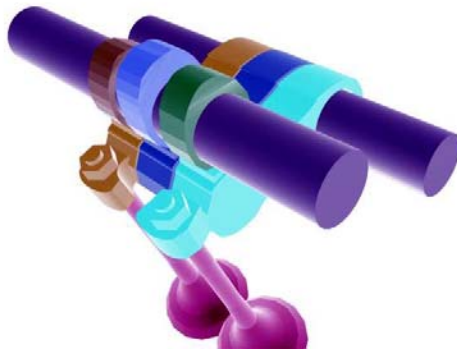


Figura 29

VALVETRONIC de BMW: Un petit motor pot variar la posició de l'eix de l'arbre de lleves de manera que la distància a recórrer per la vàlvula és variable, la qual cosa permet una combustió més òptima.



Figura 30

Ferrari és el qui té el sistema més avançat, aquest, en funció de la velocitat desplaça l'arbre de lleves horitzontalment i ofereix la possibilitat que hi hagi una configuració diferent per a cada velocitat, aquesta variabilitat la confereix la forma de l'arbre de lleves que varia en funció del punt en que es troba.

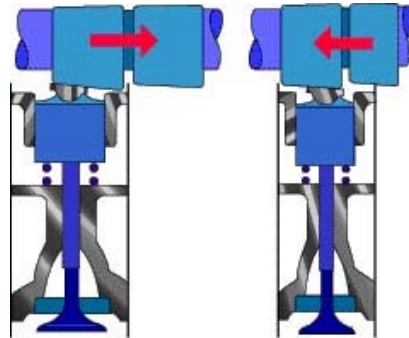


Figura 31

Un altre sistema en procés de desenvolupament consisteix en controlar la rotació de l'eix de l'arbre de lleves mitjançant un motor independent, aquest permetria un control molt superior al dels sistemes actuals.

El sistema més avançat de tots consistiria en un actuator electromecànic que governi cada vàlvula per separat, aquest permetria un control total de la temporització, en què fins i tot, segons les condicions de funcionament, es podrien parar alguns cilindres per reduir el consum. El problema més gran és el de fabricar uns actuadors solenoides, o hidràulics controlats piezoelectricament que siguin capaços de funcionar amb la potència, velocitat i precisió que es requereixen.

L'habilitació dels 42V ha de permetre l'aparició d'aquests sistemes anomenats "camless" (sense lleves), incorporant els actuadors d'alta tecnologia que governin cada vàlvula per separat.

3.3.- Els protocols del futur

3.3.1.- Els time-triggered protocols

Els sistemes futurs necessiten cada cop un control més distribuït. Es necessita que les diferents ECU's que formen part del sistema treballin com si fossin una de sola. Aquestes necessitats incrementen la dependència que tenim de les comunicacions.

Els sistemes X-by-Wire necessiten control a temps real, i són crítics en seguretat. Es necessita que el sistema respongui d'una manera predictable i amb un temps baix (latència baixa). L'anomenat temps de latència, és el temps que pot trigar a enviar-se un missatge, aquest ha de ser baix, i ha de ser predictable també, la latència en el CAN no es pot predir ja que depèn de la càrrega del bus i de la prioritat dels missatges, hi ha masses possibilitats. Si no sabem el temps de latència màxim no podem predir el comportament del sistema, per tant, el grau de seguretat no és el suficient. En els time-triggered protocols això no passa.

En un sistema que utilitza l'arquitectura time-triggered tots els nodes han d'estar sincronitzats en una escala de temps global, tota activitat que portin a terme aquests dependrà del temps. Tot missatge ha de tenir un lloc en el temps, té un lloc reservat. Gràcies a això els sistemes time-triggered són deterministes (predictibles), els missatges tenen un ordre entre ells i un espai per enviar-se, el temps de latència es pot saber, en el pitjor cas serà el que trigui a passar el temps que tinguin assignats tots els altres missatges. Els nodes de comunicació implicats saben, gràcies a l'escala de temps global, quan han d'enviar un missatge concret i quan han d'esperar un missatge concret.

Un altre aspecte important d'aquests protocols és la composabilitat, quan integrem un component en el sistema aquest no afecta als altres, al tenir un espai reservat de temps és com si la línia fos només per ell i no afecta a d'altres sistemes. Això aporta seguretat al sistema ja que en d'altres protocols el fet d'afegir un component pot derivar en un comportament totalment diferent.

Els time-triggered protocols es dissenyen per tolerar falles físiques del sistema, si hi ha una falla en un node aquest error s'ha de contenir i evitar que pertorbi el sistema. Cada node gestiona les seves possibles falles i si se'n detecta una és capaç de desconnectar-se, aquests nodes s'anomenen fail-silent. Perquè el sistema sigui més tolerant davant falles es basa en unitats redundants i amb el sistema de gestió de falles que hem comentat.

Protocols actuals com el CAN, VAN, A-BUS no ofereixen els nivells de seguretat per els futurs sistemes X-by-Wire habilitats pel bus de 42-V, per aquesta raó els fabricant han format consorcis i donen suport a nous protocols com el TTCAN, TTP i FlexRay. El TTCAN, que és una modificació del bus CAN que li dona la qualitat de time-triggered es preveu que sigui un bus de transició entre els actuals i el TTP i FlexRay. Malgrat que tots dos protocols tenen excel·lents qualitats es creu que s'hauria de tendir cap a un sol protocol, tot i que encara no esta gaire clar, molts fabricants de vehicles i subministradors de components avalen el FlexRay, encara en desenvolupament.



Figura 32

3.3.2.- EL TTP

El TTP desenvolupat originalment per la universitat de Viena és recolzat pel Time-Triggered architecture group (TTA), que inclou fabricants com Audi, el grup PSA, Honeywell i Delphi Automotive Systems, entre d'altres.

El protocol TTP/C és una versió del TTP reconeguda per el SAE, està format per un número de nodes connectats entre si per dos canals. Cada node és fail-silent i per tant una fallada no ha d'interferir en el funcionament dels altres elements de la xarxa. A la mateixa vegada els nodes poden estar replicats i utilitzats en redundància, així es garanteix la tolerància de falles, la informació que viatge pels dos canals pot ser la mateixa amb la qual cosa també tindríem un funcionament redundant.

3.3.2.1.- Accés al medi

La tècnica d'accés al medi és la TDMA (Time Division Multiple Acces). Cada node té un espai de temps assignat per enviar els missatges, aquest espais formen una seqüència que es va repetint, la qual anomenem cicle de comunicació. Aquest sistema és determinista i segur, tots els nodes saben quan poden enviar els missatges i quan n'han de rebre un de determinat, així com el temps màxim d'espera (temps de latència) que tindrà un missatge. Cal remarcar que els nodes poden rebre i monitoritzar la informació del bus en tot moment, l'accés només té restriccions a l'hora d'escriure informació al bus.

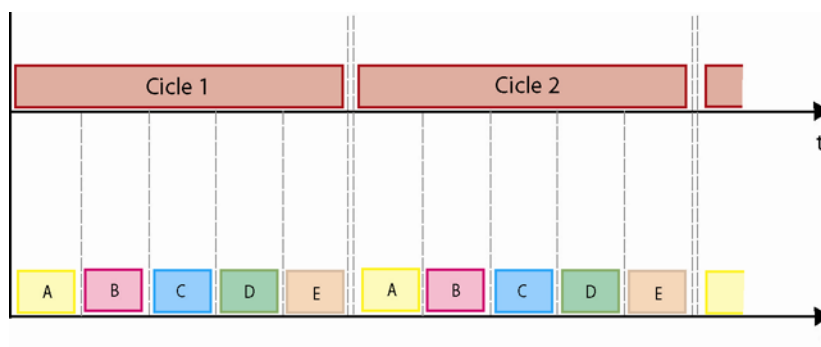


Figura 33

Comentari: Podem observar com en cada cicle de comunicació hi ha un seguit d'espais, en cadascun dels quals només hi pot enviar informació un node determinat, en aquest cas tenim un sistema amb 6 nodes. Observem que, cap node repeteix torn dins el mateix cicle, però això no té perquè ser així. A la *figura 34* podem veure el segment estàtic del FlexRay que funciona igual que el TTP, allà podem observar-hi més possibilitats.

Hi ha un dispositiu que s'encarrega de regular l'accés del processador al bus, aquest és el bus guardian, només deixa accedir al node en l'espai de temps que té assignat. Això afegeix seguretat ja que un node espatllat que enviï informació constantment no pot monopolitzar el bus.

3.3.2.2.- Mitjà físic

El TTP/C utilitza dos cables per a la transmissió dels senyals, es suporten cables elèctrics i fibra òptica. Aquests dos cables, com hem comentat, es poden utilitzar en redundància, d'aquesta manera el receptor sap que ha de rebre exactament el mateix per els dos canals en el mateix instant, això afegeix seguretat, de la mateixa manera encara que un cable no funcioni el sistema continua sent operatiu.

El TTP/C té velocitats de transmissió de fins a 25Mbps però amb nous avanços la xifra pot augmentar.

3.3.2.3.- Sincronització

Al basar-se tota la transmissió en l'evolució del temps, la sincronització és un aspecte molt important, es necessita una escala de temps global i precisa per a tots els nodes. En el TTP/C s'utilitzen sofisticats mètodes de sincronització que garanteixen el bon funcionament així com la detecció de possibles fallades.

3.3.3.- FlexRay

El FlexRay està sent desenvolupat pel FlexRay consorci, es basa en el Byteflight de BMW i el TTP, va ser iniciativa d'alguns fabricants que creuen que el TTP no té la flexibilitat suficient. Cada dia guanya socis i sembla que la majoria de fabricants opten per aquest sistema en comptes del TTP, això fa pensar que pugui ser el protocol del futur. Entre els membres més importants del FlexRay consorci cal

destacar DaimlerChrysler, BMW, Motorola, Volkswagen, Philips Semiconductors, Bosch Automotive Group, General Motors, Toyota, Nissan, Honda, i un llarg etc...

3.3.3.1.- Accés al medi

FlexRay es basa en el TDMA, per tant els nodes tenen un espai de temps on els seus missatges poden ser enviats, com en el TTP això li atorga determinisme. El fet que cada node només pugui enviar missatges en un espai de temps donat té el seu principal desavantatge en el desaprofitament de la capacitat de la xarxa, el FlexRay ha solucionat el problema dividint el cicle de temps en una part estàtica i una dinàmica. En la part estàtica hi ha els espais de temps assignats a cada node, mentre que en la part dinàmica que ve a continuació tots els nodes poden tenir accés al medi. Aquesta variació respecte el TTP és el que li atorga la qualitat de flexible al FlexRay.

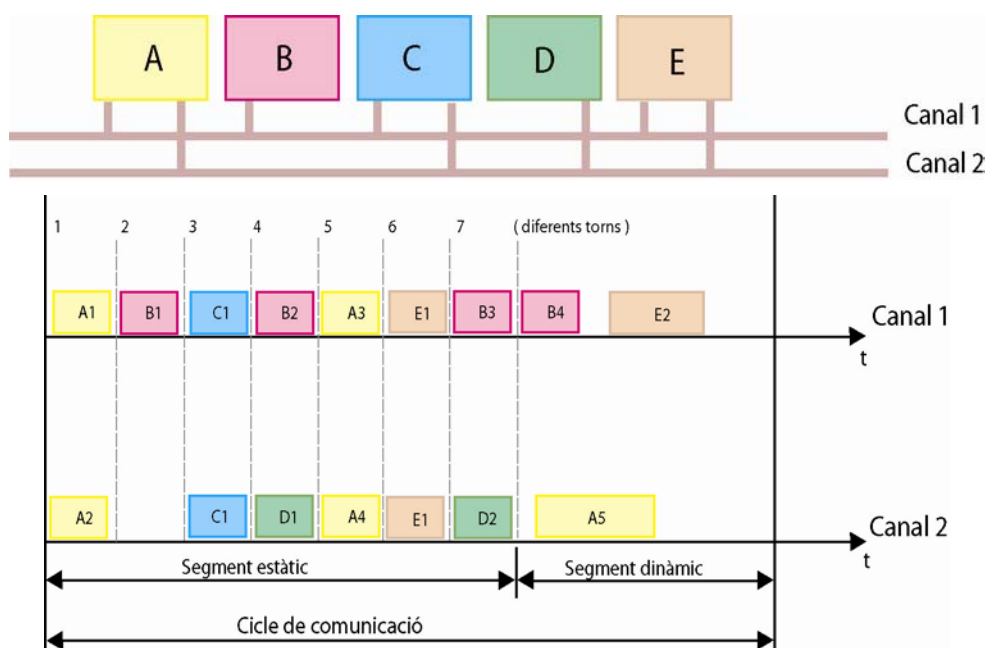


Figura 34

Comentari: En la figura podem observar com podria estar formada una xarxa FlexRay, veiem que tenim una sèrie de nodes alguns tenen connexió amb els dos canals i alguns no, segons la necessitat de seguretat o de flux d'informació. Si observem un exemple de cicle de comunicació podem veure com el node A en el mateix torn pot enviar informació diferent per cada canal, el node B només n'envia per un, el node C i el E envien informació redundat, per tant podem deduir que són més crítics en seguretat. Veiem que en un mateix cicle un node pot tenir varis torns (p.ex.: A), també cal destacar el segment dinàmic on no hi ha cap ordre establert. Veiem per tant que la feina del programador al establir les seqüències i paràmetres d'accés, així com la configuració del bus ha de ser molt reflexionada, per tal d'escollir la millor opció.

Com en el cas de el TTP tenim el bus guardian que s'encarrega de regular l'accés al bus, cada node tindrà accés (per enviar) en l'espai assignat en el seu o seus tornos del segment estàtic i durant el segment dinàmic.

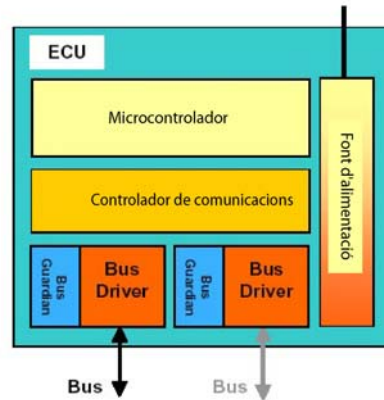


Figura 35

3.3.3.2.- Mitja físic

El Flex-Ray es comunica via dues línies físiques separades, amb una velocitat de 10Mbps que encara pot augmentar més. Les dues línies s'utilitzen principalment com a redundants però també pot transmetre missatges diferents (*figura 34*).

3.3.3.3.- Sincronització

Necessitem una escala de temps global, per la sincronització dels rellotges s'envien missatges de sincronització en el segment estàtic, i mitjançant uns algorismes especials es corregeixen. D'aquesta manera de tots els rellotges funcionen com un de sol, i tenen una escala de temps global precisa.

3.3.4.- Comparació FlexRay i TTP

Les característiques generals que es necessiten es poden resumir en:

- Un major ample de banda. El CAN està limitat a 500Kbit/s, es queda curt per aplicacions futures.
- Determinisme. Per tal que el sistema sigui predictable, i en conseqüència pugui ser més segur.



- Tolerància de Falles: L'arquitectura ha de tolerar les falles per ser com a mínim igual de segura que amb els sistemes mecànics actuals.
- Suportar control distribuït. Es necessita una comunicació sincronitzada
- Unificació dels protocols. És necessari unificar el nombre de diferents busos que hi ha en un vehicle, que siguin dos o tres com a molt.

Aquests que podem anomenar els requisits generals per els futurs protocols els compleixen tant el FlexRay com el TTP. Però presenten diferències que seran determinants a l'hora de marcar la supervivència o el domini d'un d'aquests.

El TTP ha volgut ser un sistema composable. Els diferents components que s'integren per formar una xarxa han de poder treballar junts sense que s'interfereixin, el que facilita modificacions i millora la compatibilitat entre els diferents subministradors de components. No s'han de preocupar on serà instal·lat el seu producte ja que el protocol assegura que no afectarà als altres. FlexRay també ha manifestat que és un dels aspectes importants en els quals es treballa.

Per altre banda cal parlar de la flexibilitat, el problema és que s'ha de buscar un equilibri entre flexibilitat i seguretat. En una sistema que no és flexible els missatges s'han d'enviar en els espais que li han estat assignats, en la situació flexible el node pot enviar els missatges quan vulgui, en el primer cas els nodes saben quan han de rebre el missatge, saben s'hi s'ha retardat, per tant si hi pot haver un problema, és un sistema previsible, per tant segur, a diferència del segon.

El protocol TTP és totalment inflexible, només es permet l'accés a la xarxa durant els temps predefinits, d'aquesta manera garanteixen una gran seguretat. En canvi el FlexRay aconsegueix, gràcies al segment dinàmic, un sistema flexible i a la vegada assegura una seguretat suficient pels sistemes X-by-Wire.

En la transmissió el TTP sembla ser superior, té una eficiència del 70-80%, el que vol dir que un 70-80% dels bits que s'envien són dades, mentre que en el FlexRay el valor ronda el 50%. Això és així perquè el camp de dades en les trames del TTP pot ser més gran que en el FlexRay, aquests valors no són definitius, recordem, el FlexRay encara està en desenvolupament.

El futur com ja venim afirmant al llarg de les últimes pàgines sembla ser del FlexRay, moltes empreses li donen suport i així ho han predit en "Hansen Report", la font sembla ser fiable ja que és premsa especialitzada i té una visió objectiva. El TTP però té al seu favor que és un protocol madur, el FlexRay encara està en desenvolupament però es creu que a finals del 2004 ja hi hauran alguns prototips.

Un altre punt en contra del FlexRay sembla que serà el cost de la implementació, que serà superior. Per altre banda, els fabricants de hardware TTP han



de pagar llicències al TTA Group, i també s'han de pagar els drets per cada producte que es vengui. FlexRay tant sols cobreix una llicència per al fabricant de hardware.

El FlexRay facilita la recerca ja que no hi ha drets associats en l'ús o desenvolupament del producte, si és per al mercat de l'automoció només s'ha de contribuir amb el coneixement.