

# بسم الله الرحمن الرحيم

تکنولوژی x-BY-WIRE

راندگی با سیم

تالیف : احمد تقی بیگی

## خلاصه

- ▶ X-by-Wire یک اصطلاح عمومی است که به جایگزینی سیستم های مکانیکی یا هیدرولیکی مانند ترمز یا فرمان، توسط وسایل الکترونیکی.
- ▶ هدف اصلی پروژه X By Wire رسیدن به ساختاری برای معرفی سیستم های ایمنی Fault Tolerant در خودرو است. به همین علت، نام پروژه X By Wire انتخاب شد که در آن، X معرف تعداد زیادی سیستم های ایمنی خودرو نظیر فرمان خودرو، ترمز، کنترل قوای محرکه و ... است. کنترل توسط این سیستم ها معمولاً صرفاً الکترونیکی بوده و بخش پشتیبانی مکانیکی آنها حذف شده است.



نيسان مورانو

# چرا سیستم های X-by-Wire؟

الکترونیک جاسازی شده، و به طور دقیق تر نرم افزار جاسازی شده، منطقه ای در حال رشد سریع است و سیستم های مبتنی بر نرم افزار به طور فزاینده ای جایگزین سیستم های مکانیکی و/یا هیدرولیک می شوند. دلایل این امر تکامل تکنولوژیکی و همچنین اقتصادی هستند. از یک طرف، هزینه قطعات سخت افزاری کاهش می یابد در حالی که عملکرد و قابلیت اطمینان آنها در حال افزایش است.. این تکامل، قبلاً محدود به عملکردهایی مانند کنترل موتور، برف پاک کن ها، چراغ ها یا کنترل های درب، اکنون بر همه حوزه های خودرو، حتی برای عملکردهای حیاتی مانند کنترل دریچه گاز، ترمز یا فرمان. این روند منجر به معرفی مفهوم X-by-Wire، که در آن سیستم های مکانیکی یا هیدرولیکی در یک خودرو تعبیه شده است.

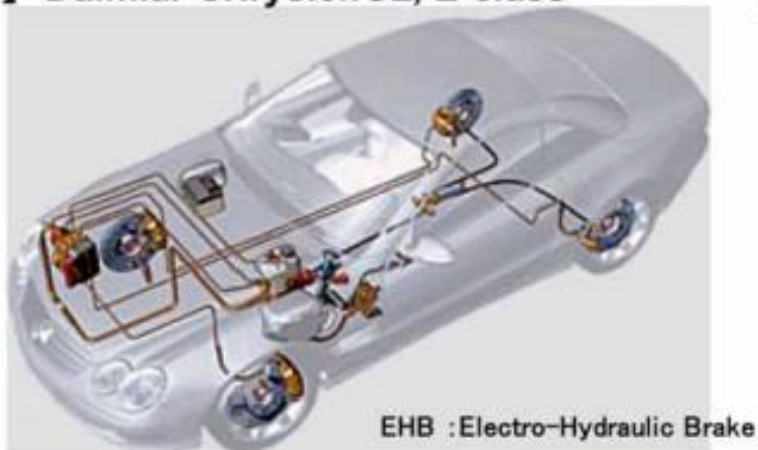
با این حال، سیستم های مکانیکی هنوز برای سیستم های X-by-Wire که در حال حاضر مورد استفاده قرار می گیرند، ضروری هستند. یا برای کار در ارتباط با سیستم الکترونیکی یا به عنوان پشتیبان (مثلاً: الکترونیک سیستم ترمز هیدرولیک، سیستم تعلیق نیمه فعال مانند سیستم رطوبت ساز تطبیقی مرسدس، میل بادامک الکترونیکی در فناوری BMW Valvetronic یا جعبه دنده رباتیک شده)

## Brake-by-Wire

【EHB】 Toyota/Estima-Hybrid



【EHB】 Daimler Chrysler/SL, E-class



**HITACHI**  
Inspire the Next

## Steer-by-Wire

【Variable Gear Ratio】 Honda/S8000



【 Variable Gear Ratio 】 Toyota/Land Cruiser



Hitachi Research Laboratory

## ایمنی و زمان پاسخ

سیستم های Brake-by-Wire یا Throttle-by-Wire ایمنی سرنشینان را به خطر می اندازد. تعدادی از سیستم های X-by-Wire قبلاً در سری های خاصی پیاده سازی شده اند با این حال، وسایل نقلیه، سیستم های Steer-by-Wire و Brake-by-Wire همیشه دارای یک پشتیبان مکانیکی خواهند بود. نگرانی برای ایمنی مطمئناً یک عامل اصلی است

### هدایت با سیم (Steer-by-Wire system)

اولین مزیت در کاهش خطر ورود ستون فرمان به کابین خلبان در صورت وقوع یک تصادف از جلو است علاوه بر این، نسبت فرمان متغیر سیستم Steer-by-Wire راحتی راننده را به طرز چشمگیری افزایش می دهد. این عملکرد نسبت فرمان بین دست را فعال می کند تا چرخ و چرخ ها با توجه به شرایط رانندگی سازگار شوند. در پارکینگ و رانندگی شهری این نسبت باید کوچکتر باشد تا دامنه چرخش چرخ دستی کاهش یابد. یکی دیگر از امکانات برای عملکرد فرمان، ارائه شده توسط فناوری مبتنی بر نرم افزار، ترمز تقسیم است که شامل اعمال گشتاور نامتقارن به چرخ ها در صورت چسبندگی نامتقارن. در نهایت، ستون فرمان یکی از سنگین ترین اجزای وسیله نقلیه است و به طور قابل توجهی آن را حذف می کند باعث کاهش وزن خودرو و در نتیجه کاهش مصرف سوخت می شود

## ترمز با سیم (Brake-by-Wire systems)

یک سیستم Brake-by-Wire که با یک میکروکنترلر و یک محرک در هر قوطی چرخ اجرا می شود به ویژه با کاهش فاصله توقف، کیفیت ترمز را به طور قابل توجهی افزایش می دهد. علاوه بر این، این فناوری با تطبیق با فشاری که راننده وارد می کند، ترمز دقیق تری را فراهم می کند

مانند Steer-by-Wire، کاهش قابل توجهی در وزن خودرو وجود دارد حذف سیستم ترمز هیدرولیک و در نتیجه کاهش قابل توجه هزینه ها. در نهایت، Brake-by Wire به محافظت از محیط زیست کمک می کند زیرا روغن ترمز لازم نیست

## معایب

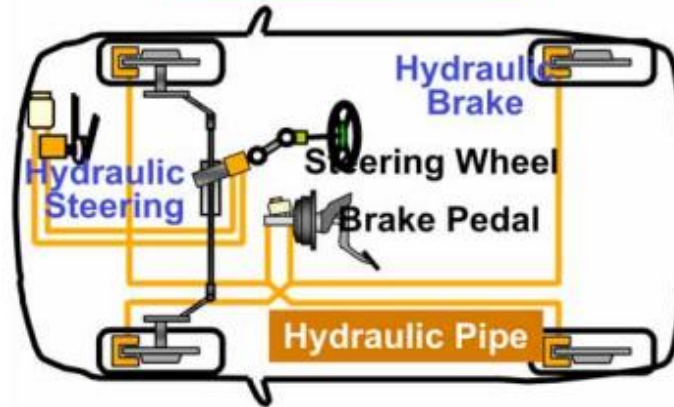
متأسفانه، مانند سیستم Steer-by-Wire، مشکل ۴۲ ولت یک مانع برای گسترش در حال حاضر است. مانع دیگر ذهنیت مشتریان است. در واقع، مشتری در مواجهه با فناوری جدیدی برای یک عملکرد حیاتی که در ابتدا گرانتر خواهد بود و مزایایی که او به وضوح نمی بیند.

# مقایسه سیستم های کنترلی مرسوم با یکپارچه اتوبوس تندرو

8

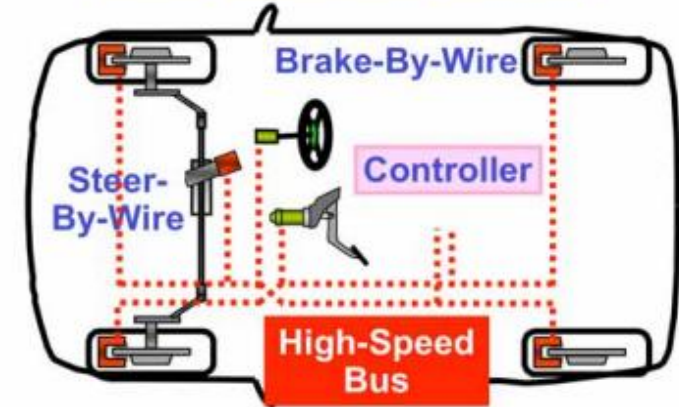
## X-By-Wire System

### Conventional



Mechanically Connected among Actuators and Mechanics

### X-By-Wire System



Integrated Control Connecting Components via High-Speed Bus

## مشکل، زمینه و محدودیت‌های طراحی سیستم‌های X-by-Wire

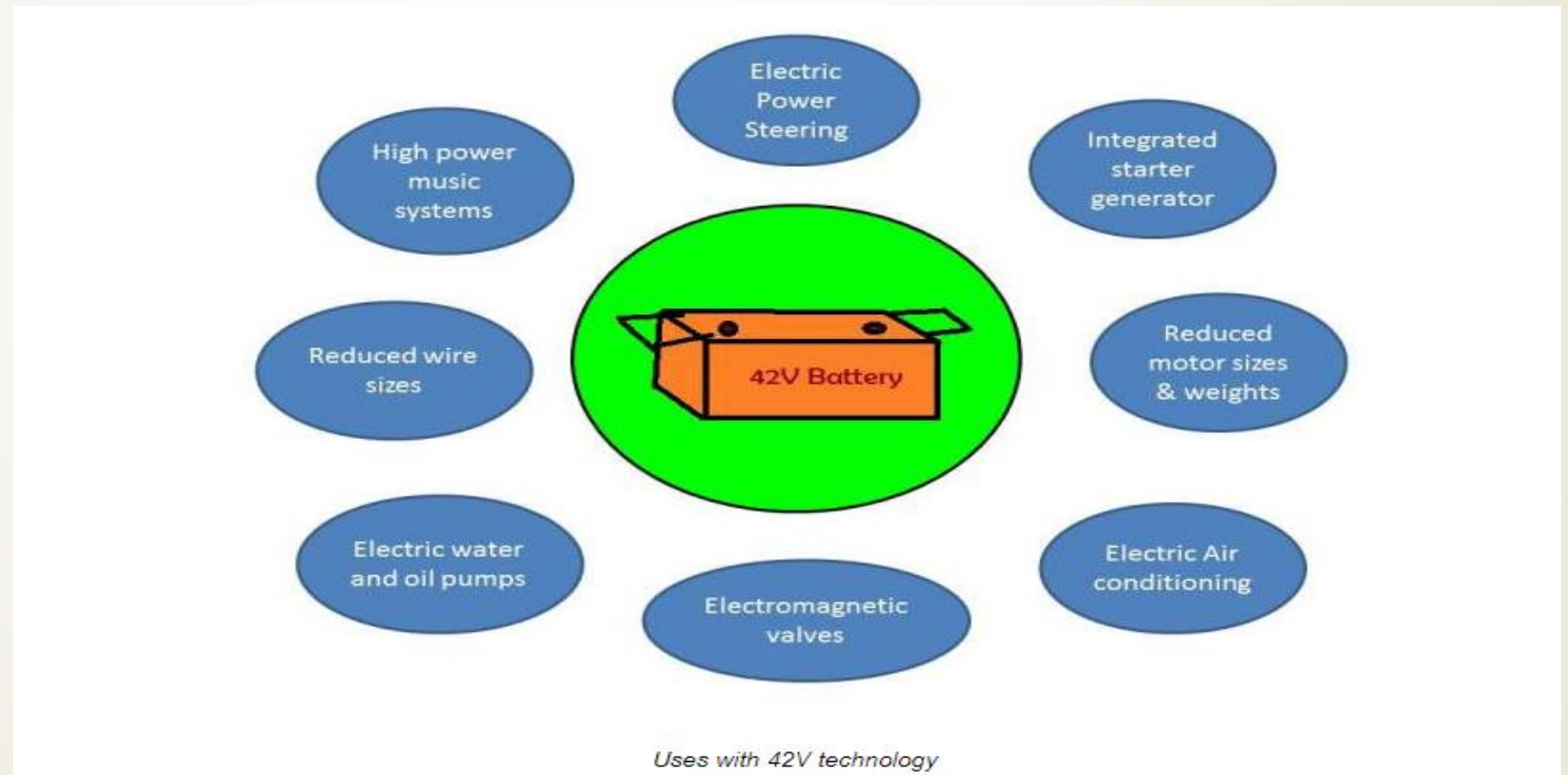
- ▶ همانطور که قبلاً توضیح داده شد، برخی از سیستم‌های X-by-Wire در حال حاضر در سری‌های خاص استاندارد هستند. با این حال، در حالی که اجرای Brake-by-Wire و Steer-by-Wire با باتری ۱۴ ولتی در حالت وسایل نقلیه با وزن کم امکان‌پذیر است، این مورد برای وسایل نقلیه سنگین تر صدق نمی‌کند. به عنوان اولین Brake-by-Wire و Steer-by-Wire در ابتدا پرهزینه خواهند بود، آنها شانس بیشتری برای پیاده‌سازی در خودروهای پیشرفته دارند.
- ▶ در نتیجه، فناوری ۴۲ ولت باید قبل از تولید انبوه سیستم‌های X-by-Wire به بلوغ برسد.
- ▶ علاوه بر این، اندازه سیستم‌های X-by-Wire و هزینه آنها محدودیت‌های اصلی برای خودروسازان است. سیستم‌های مبتنی بر الکترونیک در حال حاضر ۳۰ درصد از کل هزینه خودروهای فعلی را تشکیل می‌دهند



## کاربردهای تکنولوژی ۴۲ ولت

(by Numair Mazgaonkar, Clemson Automotive Engineering Graduate Student)

فن آوری ۴۲ ولت وزن را کاهش می دهد، مصرف سوخت را بهبود می بخشد، امکان جایگزینی بسیاری از قطعات مکانیکی با قطعات الکتریکی را فراهم می کند، انواع سیستم جدید را نیرو می دهد و مهمتر از همه، کارایی را برای همه دستگاه های الکتریکی خودرو بهبود می بخشد.



## مزایای فناوری ۴۲ ولت

- (۱) دینام ها برای عملکرد خود سوخت زیادی مصرف می کنند. با فناوری ۴۲ ولت، نیاز دینام به سوخت به یک سوم کاهش می یابد.
- (۲) وزن دسته سیم به دلیل کاهش قطر سیم به دلیل ولتاژ بالا کاهش می یابد.
- (۳) با افزایش ولتاژ، تقریباً کاهش خطی در وزن سلونوئیدها وجود دارد. بنابراین، برای موتورها کاهش وزن تقریباً ۲۰٪ امکان پذیر است.
- (۴) فن آوری های فعلی مانند شیشه های برقی، کمربندهای ایمنی برقی، بالابرهای برقی دریچه پشتی دارای اندازه و وزن کاهش یافته و کارایی بیشتری خواهند بود.
- (۵) قدرت بیشتری برای دستگاه های چند رسانه ای مانند سیستم های موسیقی، GPS، سیستم های ارتباطی و غیره در دسترس خواهد بود.
- (۶) پمپ ها دارای اندازه کاهش یافته و در نتیجه بسته بندی خوبی خواهند بود.
- (۷) دریچه های الکترومغناطیسی در موتورهای بدون بادامک که از شیر برقی و سیستم های مغناطیسی استفاده می کنند، برای عملکرد خود به نیروی الکتریکی زیادی نیاز دارند، با سیستم ۴۲ ولت کارآمدتر عمل می کنند و راندمان موتور را افزایش می دهند.
- (۸) سیستم های الکتریکی مانند سیستم تعلیق فعال الکتریکی، پمپ های آب و روغن الکتریکی و شرایط هوای الکتریکی می توانند مستقیماً توسط انرژی الکتریکی باتری ۴۲ ولت هدایت شوند و بار را از موتور کاهش می دهند.
- (۹) با فناوری ۴۲ ولت، توان اضافی را می توان به مبدل کاتالیزوری گرم شده الکتریکی که در محیط های سرد مفید است، تامین کرد.

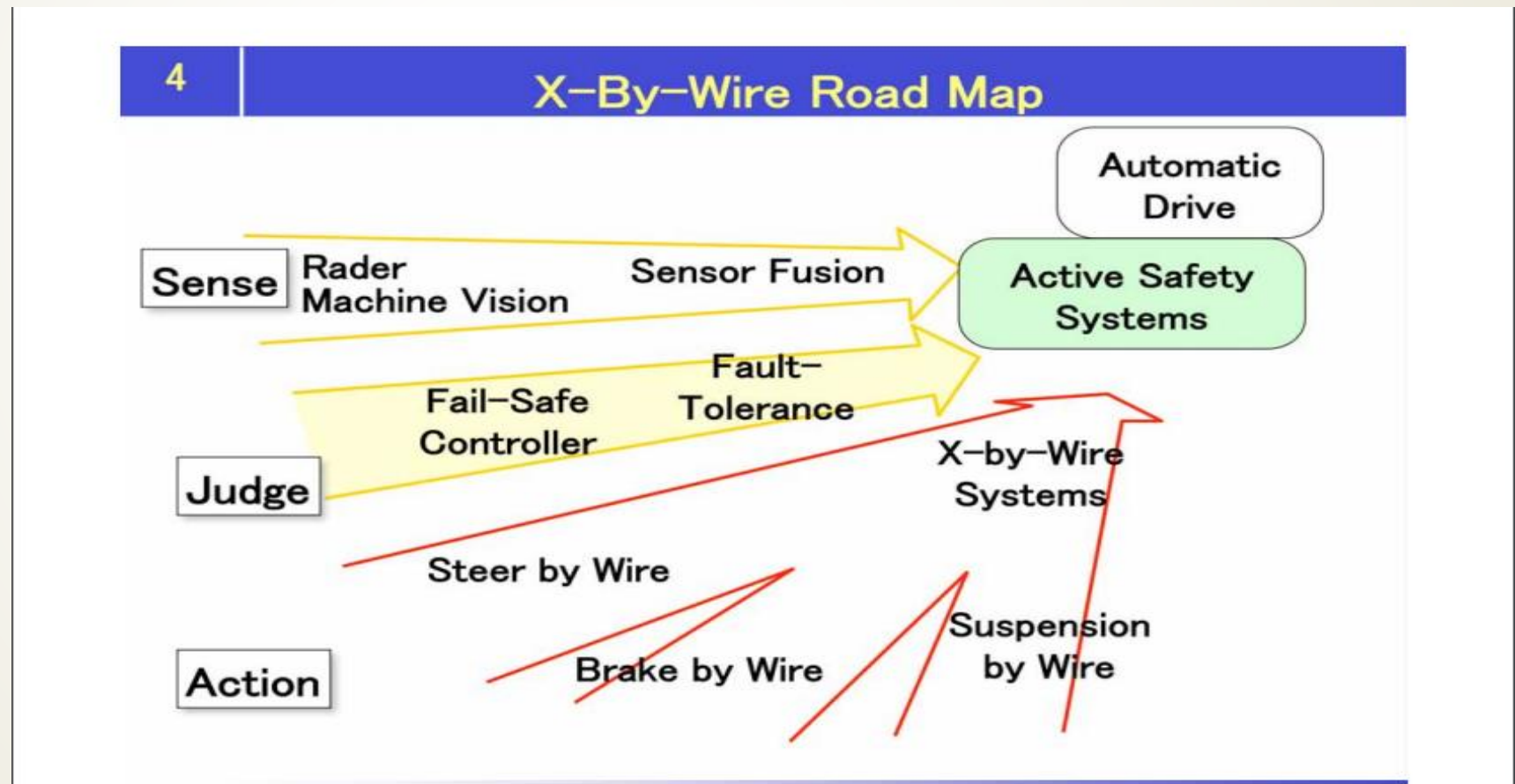
• علیرغم مزایای بالقوه فناوری ۴۲ ولت، صنعت خودروسازی به دلایل زیر از جنبه سود این سیستم مطمئن نیست:

(۱) موانع اقتصادی: تغییر از فناوری ۱۲ ولت به ۴۲ ولت به این معنی است که تمام اجزای الکتریکی نیاز به تغییر و ارتقا دارند، یا یک مدار اضافی برای ترکیب همان قطعات قدیمی لازم است. همچنین تولید و سرویس این باتری ها با توجه به تکنولوژی کاملاً جدید هزینه بر بوده و سرمایه گذاری اولیه بالایی را می طلبد.

(۲) موانع فنی: راه اندازی یک وسیله نقلیه با فناوری ۴۲ ولت توسط یک نسخه ۱۲ ولتی می تواند باعث آسیب دائمی به سیستم ۱۲ ولت شود. در خودروهای امروزی بیشتر از لامپ های رشته ای تنگستن استفاده می شود. فناوری ۴۲ ولت به این معنی است که رشته های تنگستن باید نازک شوند تا درخشندگی یکسانی ایجاد شود. این یک چالش جدی برای OEMها (Original Equipment Manufacture) است. با افزایش سطح ولتاژ، ولتاژ بالاتر می تواند به راحتی از شکاف هوا بین هادی های الکتریکی و قوس عبور کند. انرژی در قوس های سیستم ۴۲ ولتی بسیار بیشتر از سیستم های ۱۲/۱۴ ولتی است. راه حل این امر، طراحی مجدد قطعات ظریف زیادی است که باید برای جلوگیری از ایجاد قوس الکتریکی انجام شود. اما نگرانی های ایمنی ناشی از قوس الکتریکی ممکن است فقط یک افسانه باشد. طبق آزمایشات انجام شده توسط کمیته استاندارد آلمان ولتاژهای زیر ۶۰ ولت مضر نیستند. و از آنجایی که ولتاژ فناوری ۴۲ ولت کمتر از آن سطح است، مشکل ایمنی وجود ندارد. اما به دلیل این مشکلات، بسیاری از شرکت ها و تامین کنندگان خودرو به دنبال جایگزین های دیگری هستند. امروزه، هیبریدی هایی با باتری های ۲۵۰ ولت و اینورتر به راحتی موتور استارت را راه اندازی می کنند که نیاز باتری های ۴۲ ولتی را از بین برده است

❖ به طور کلی، برای یک سیستم X-by-Wire حیاتی، باید اطمینان حاصل شود که

- شکست سیستم منجر به وضعیتی نمی شود که در آن زندگی انسان، اقتصاد یا محیط زیست در معرض خطر هستند،  
- خرابی یک جزء نباید منجر به خرابی کل سیستم X-by Wire شود.



## ❖ محدودیت های زمان واقعی

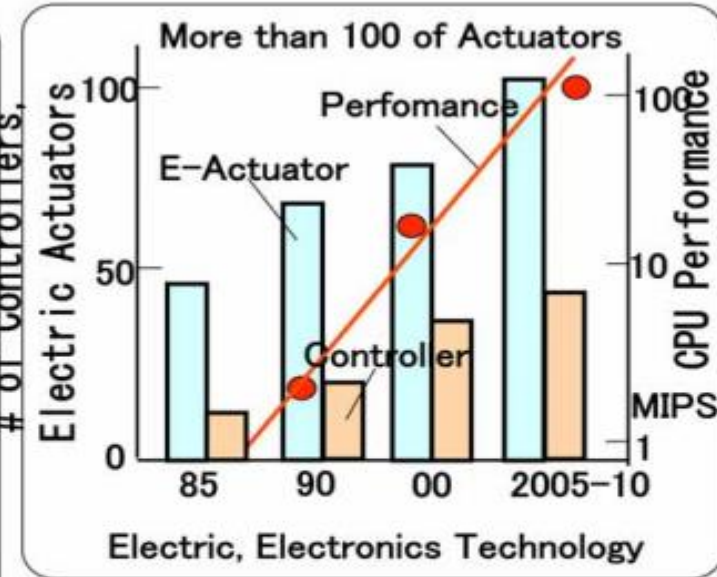
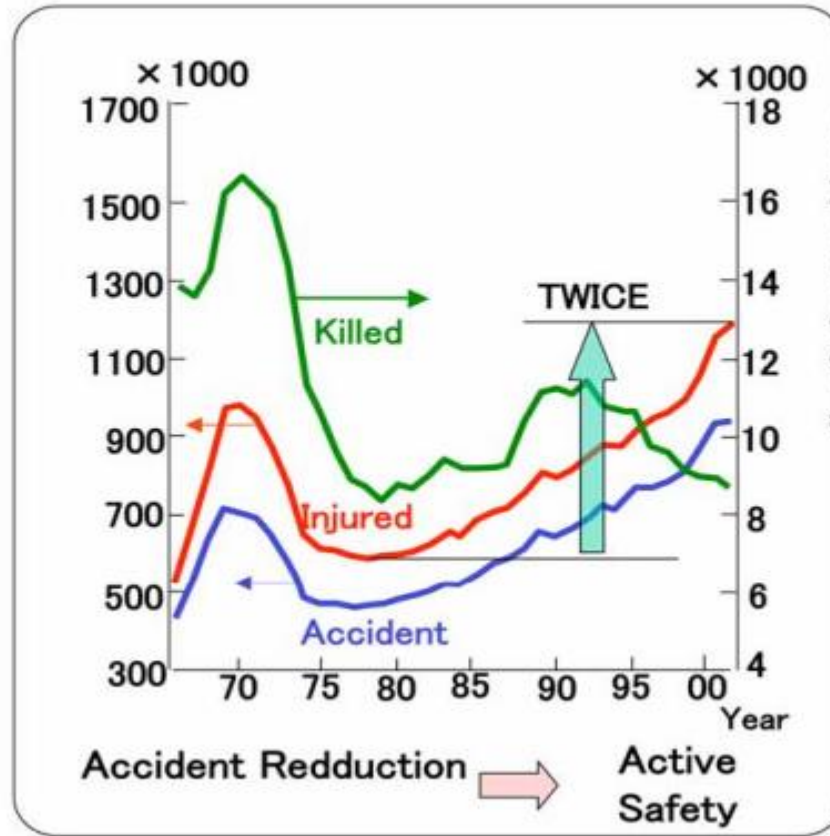
سیستم‌های Steer-by-Wire و Brake-by-Wire که به حوزه شاسی تعلق دارند، ذاتاً بلادرنگ هستند. سیستم های توزیع شده آنها قوانین کنترل چند متغیره پیچیده را اجرا می کنند و در زمان واقعی ارائه می دهند اطلاعات به دستگاه های هوشمندی که از نظر فیزیکی دور هستند (به عنوان مثال، چهار چرخ) انتقال می یابد.

انتها به انتها زمان پاسخ نیز باید محدود شود، برای مثال، زمان بین درخواست راننده و راننده پاسخ سیستم فیزیکی باید کمتر از چند ده میلی ثانیه باشد. زمان پاسخ انتها به انتها بیش از حد یک حلقه کنترل ممکن است نه تنها باعث کاهش عملکرد بلکه باعث بی ثباتی وسیله نقلیه می شود

اگرچه ممکن است این محدودیت ها بر اساس شرایط رانندگی متفاوت باشد، اما همه آنها باید رعایت شوند در هر وضعیتی که باشد

پس به طور کلی بدترین حالت را باید در نظر گرفت و این محدودیت های بلادرنگ باید با احتمال زیاد برآورده شوند، حتی اگر سیستم به صورت تصادفی باشد.

## Necessity for Active Safety



**Active Safety by Electric /Electronic Technology**

## توصیف عملکردی سیستم Steer-by-Wire

### ■ کنترل محور جلو

درخواست های راننده از طریق ترجمه می شود

- زاویه فرمان
- گشتاور فرمان
- سرعت فرمان
- ❖ بازخورد نیروی فرمان
- موقعیت محور جلو
- سرعت وسیله نقلیه
- نیروی سبک فرمان جلو

تدوین این دستورات مستلزم اجرای الگوریتم های فیلترینگ، قوانین کنترل پیچیده است. تحت دوره های نمونه برداری دقیق چند میلی ثانیه ای. ویژگی اصلی که باید اطمینان حاصل کرد این است که زمان پاسخ انتها بین یک فرمان جدید از راننده و تأثیر روی محور جلو محدود است.

# معماری عملیاتی Steer-by-Wire □

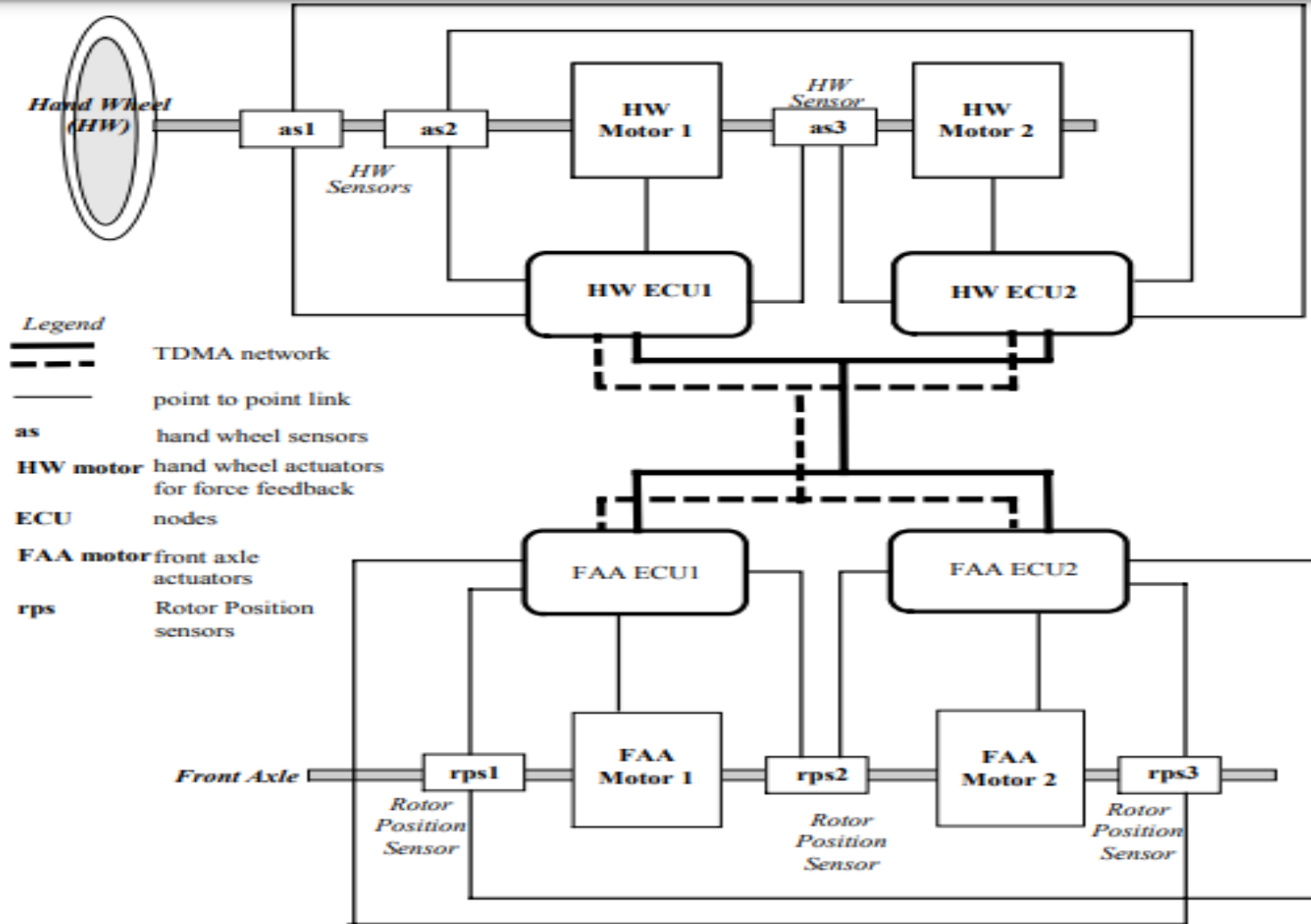


Figure 4 : Steer-by-Wire operational architecture



## نتیجه □

- ▶ X-by-Wire یک روند واضح در توسعه خودرو به دلیل مزایای الکترونیک است اجزایی برای افزایش ایمنی، عملکرد و کاهش هزینه.
- ▶ اگر می توان قابلیت اطمینان X-by-Wire را با این فرض ارزیابی کرد که می توان یک واقعیت واقعی ایجاد کرد. مدل شکست، سازمان صدور گواهینامه هنوز باید متقاعد شود.
- ▶ در زمان نگارش، قوانین در برخی کشورها به خودروهای X-by-Wire به طور کامل اجازه گردش نمی دهد. استفاده از خودروهای تولید انبوه سیستم های X-by Wire در آینده نیز به عوامل دیگری مانند پیشرفت تکنولوژی ۴۲ ولت بستگی دارد

الکترونیک کاربردی خودرو\_امین رجایی

زمستان\_۱۴۰۱