

Zonen-Controller schlagen die Brücke zur Technologie von morgen

Die Automobilindustrie ist an einem Wendepunkt angelangt, an dem die Fahrzeughersteller die Art und Weise, wie sie heute Fahrzeuge entwerfen und bauen, überdenken müssen. Die Anzahl der elektronischen Steuergeräte (ECUs) in einem Fahrzeug nimmt stetig zu und führt dazu, dass die Verkabelung für die Strom- und Datenverteilung immer komplexer wird. Sich immer rascher entwickelnde Sensortechnologien zur Unterstützung aktiver Sicherheitsfunktionen erhöhen die Komplexität der Ein-/Ausgabe (E/A). Steigende Arbeitskosten veranlassen die Hersteller, die Automatisierung der Kabelbaummontage weiter voranzutreiben. Zusätzlich lässt die fortschreitende Elektrifizierung hin zu immer mehr Hybrid- und batteriebetriebenen Fahrzeugen die Anforderungen an E/E-Architekturen stetig steigen.

Ein entscheidender Teil zur Bewältigung all dieser Herausforderungen ist die Zonen-Steuerung. Mit wenigen, strategisch platzierten, Zonen-Controllern können OEMs nicht nur Komplexität und Kosten reduzieren, sondern auch den Übergang zur Fahrzeugarchitektur der Zukunft einläuten.

Die Automobilindustrie steht vor der vielleicht spannendsten Zeit ihrer Geschichte. Technologische Fortschritte versprechen noch nie dagewesene Vorteile für Sicherheit, Produktivität und Umwelt. Jedoch werden umweltschonend und autonom fahrende Fahrzeuge nicht über Nacht alltäglich werden. Vielmehr steckt die dafür notwendige Basisarchitektur bei den meisten Herstellern noch in den Kinderschuhen und muss entwickelt werden.

Zonen-Controller sind ein wesentlicher Bestandteil dieser Basisarchitektur. Sie stellen in einem Fahrzeug die Dreh- und Angelpunkte für die Stromverteilung und die Datenverbindung von Peripheriegeräten in einer bestimmten Zone dar. Ihre Aufgabe mag trivial klingen, aber sie ist notwendig, um die Komplexität der heutigen Fahrzeuge in den Griff zu bekommen und mehrere Schritte nach vorne zu machen.



ELEKTRONISCHE SICHERUNGEN

Zonen-Controller versorgen die angeschlossenen Steuergeräte und sind häufig an nicht zugänglichen Orten verbaut. Daher ist der Einsatz von elektronischen Sicherungen notwendig. Sie ersetzen die herkömmlichen Schmelzsicherungen durch Halbleiter. Dieser Ansatz bietet zahlreiche Vorteile.

Erstens ermöglichen elektronische Sicherungen ein besseres Energiemanagement, da die Energieverteilung in einem Fahrzeug zentral kontrolliert werden kann. Bei zu geringer Versorgungsspannung kann das System elektronische Sicherungen verwenden, um gezielt unkritische Funktionen im Fahrzeug für kurze Zeiträume abzuschalten. Zu solch weniger kritischen Funktionen, die jedoch viel Strom verbrauchen, gehören beispielsweise Sitz- und Scheibenheizungen. Das System kann entscheiden, diese Funktionen für kurze, vom Fahrer nicht wahrnehmbare Intervalle, abzuschalten. Gleichzeitig kann das System Energie für lebenswichtigere Funktionen freigeben, die in kritischen Situationen Spitzenlasten erfordern, wie z. B. die Servolenkung in einer scharfen Kurve.

Zweitens erkennt eine elektronische Sicherung, wenn ein an ihr angeschlossenes Kabel kurz vor dem Ausfall steht, und gibt diese Informationen an ein zentrales System zurück. Diese Art der vorausschauenden Wartung hilft potenzielle Probleme anzugehen, bevor sie den Fahrzeugbetrieb beeinträchtigen.

Drittens sparen elektronische Sicherungen Kosten bei der Verkabelung. In der Vergangenheit mussten Kabel bis zu 30 Prozent größer ausgelegt werden als physikalisch erforderlich, um genügend Toleranz für Spitzenlasten zu gewährleisten ohne dass eine Schmelzsicherung durchbrennt. Im Gegensatz dazu, können Kabel bei elektronischen Sicherungen so ausgelegt werden, dass sie über einen bestimmten Zeitraum mit dem physikalischen Grenzwert belastet werden können. Das bedeutet oftmals die Reduzierung einer Kabelstärke - von z.B. 4 mm² auf 2,5 mm² - und somit eine deutliche Gewichtsreduzierung.

AGGREGATION

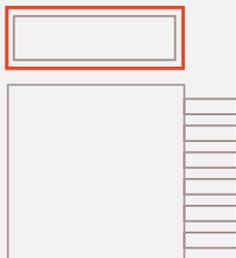
Zonen-Controller sind auch logische Konzentrationspunkte für mehrere Steuergeräte. Im Zuge einer wachsenden Anzahl von Sensoren und anderen elektronischen Komponenten in Fahrzeugen ist das Hinzufügen von einzelnen ECUs schwieriger geworden. Jede ECU benötigt eine eigene Strom- und Datenverbindung, was die Verkabelungsanforderungen sehr komplex werden lässt. Um Platz zu sparen, die Steuerung zu vereinfachen und die physikalische Architektur zu verschlanken, verlagern die Autohersteller ihren Ansatz von einem dezentralen Rechenmodell auf einen stärker zentralisierten Ansatz. Der Zonen-Controller spielt bei dieser Migration eine entscheidende Rolle. Er ist der logisch richtige Ort, um die E/A der verschiedenen Sensoren, Peripheriegeräte und Aktuatoren zu bündeln und eine Aggregation der Funktionen bestimmter ECUs zu erreichen. Bereiche mit enormem Aggregationspotential sind die Fahrzeug-, Sicherheits-, Klima-, und Audiosteuerung sowie die Steuerung von ADAS-unabhängigen Sensoren und Aktuatoren.

Im Rahmen einer Studie für einen OEM stellte Aptiv fest, dass der Einsatz von Zonen-Controllern die Konsolidierung von neun Steuergeräten ermöglicht und hunderte von einzelnen Kabeln eliminiert werden konnten. Dies führte zu einer Reduzierung des Fahrzeuggewichts um 8,5 kg. Jede Gewichtsreduzierung verringert gleichermaßen die CO₂-Emissionen und erhöht die Reichweite der Elektrofahrzeuge.

ELEKTRONISCHE SICHERUNGEN SCHAFFEN PLATZ

Elektronische Sicherungen ermöglichen ein kompakteres Design durch den Wegfall sperriger Sicherungskästen.

Intelligente Sicherungen mithilfe von Halbleitern



Herkömmliche Schmelzsicherungen

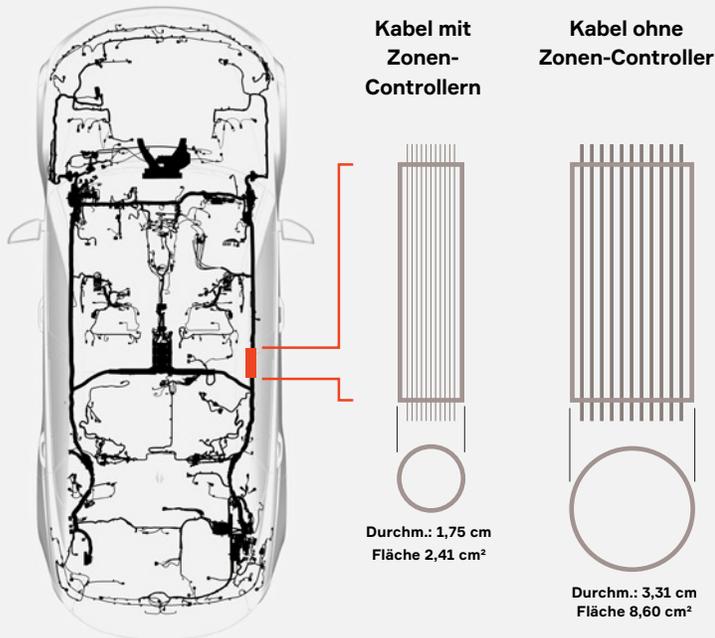


Darüber hinaus lässt sich die Montage der Kabelbäume leichter automatisieren, da die Zonen-Controller die elektrische Infrastruktur eines Fahrzeugs in übersichtlichere Segmente unterteilen. Ungefähr die Hälfte der Kabelbaumkosten sind Arbeitskosten. Aptiv schätzt, dass die Kosten der Arbeitskraft im Laufe der nächsten fünf Jahre zwischen 25–50 % steigen könnten, je nach Land, in dem die Montage stattfindet.

Um diese steigenden Kosten auszugleichen, werden sich die Hersteller noch stärker in Richtung Automatisierung orientieren – diese zusätzliche Automatisierung ist jedoch bei den aktuellen Kabelbaumkonstruktionen kaum möglich.

REDUZIERTER TÜRSCHWELLER

Ein Zonen-Controller-Konzept kann den Verkabelungsaufwand in kritischen Bereichen der Türschweller reduzieren. In einem Beispiel konnte Aptiv den Durchmesser der Verkabelungsbaugruppe fast halbieren und den Platzbedarf fast auf ein Viertel senken.



Die Aggregation durch Zonen-Controller reduziert die physische Komplexität der heutigen Kabelbäume sowie die große Anzahl einzelner Steuergeräte. Sie legt den Schwerpunkt auf die Software, da mehrere Funktionen in die Zonen-Controller und andere zentralisierte Geräte

integriert werden. Dies ist der nächste logische Schritt beim Fortschritt hin zu Software-definierten Fahrzeugen. Um diesen Prozess zu vereinfachen und sicherzustellen, dass OEMs bestehende Software wiederverwenden können, arbeitet Aptiv an nachhaltigen Software-Architekturen, die die Integration einfacher und effizienter machen.

TRENNUNG VON EIN-/AUSGABE UND DATENVERARBEITUNG

Heutzutage sind alle Sensoren, Peripheriegeräte und Aktuatoren direkt mit einem Domain-Controller verbunden. Radargeräte, Kameras, Lidars und Ultraschallsensoren sind allesamt über Datenleitungen von ihren verschiedenen Positionen im Fahrzeug mit einem Domain-Controller für aktive Sicherheit verbunden. Ähnlich verhält es sich mit Sensoren für die Sitzposition und für die Temperatur der Sitzheizung sowie der Motorsteuerung zur Einstellung der Sitzposition. Sie sind allesamt mit dem Sitzsteuergerät verbunden. Gleiches gilt für die Lüfter-Drehzahlsteuerung, für die Heizungs- und Klimaanlage, sowie für die Temperatursensoren der Zonen-Klimasteuerung. Sie sind alle mit der ECU der Klimaanlage verbunden. Die Liste ließe sich beliebig fortführen.

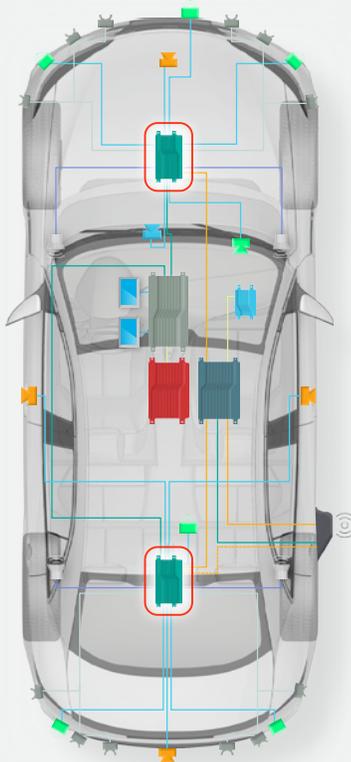
In einer zonalen Architektur ist jeder Sensor und jeder Aktuator stattdessen mit einem lokalen Zonen-Controller auf Basis seiner Position im Fahrzeug verbunden. Der Zonen-Controller führt dann eine lokale Datentransformation durch, aggregiert die Daten und leitet sie auf ein einziges Hochgeschwindigkeitskabel, das mit der Recheneinheit verbunden ist.

Auf diese Weise wird die E/A vom Rechner abstrahiert, der die eigentliche Verarbeitung der Informationen vornimmt. Der Zonen-Controller wickelt die Kommunikation mit den Endgeräten über ein Controller Area Network (CAN)- oder Local Interconnect Network (LIN)-Bus ab. Zu den Endgeräten zählen u.a. Steuergeräte oder Sensoren und Aktuatoren im Zusammenhang mit der Karosseriekontrolle. Über Ethernet- oder LVDS-Schnittstellen (Low Voltage Differential Signaling) kommuniziert der Zonen-Controller zu Kameras oder anderen ADAS-Sensoren. Er verwendet das vom jeweiligen Gerät bevorzugte Format. Anschließend werden diese Signale über Ethernet für ADAS-Sensoren mit hoher Bandbreite oder über CAN-FD (CAN-flexible data rate) für Karosseriesteuerungsfunktionen mit geringerer Bandbreite aggregiert und an den entsprechenden Domain Controller gesendet.

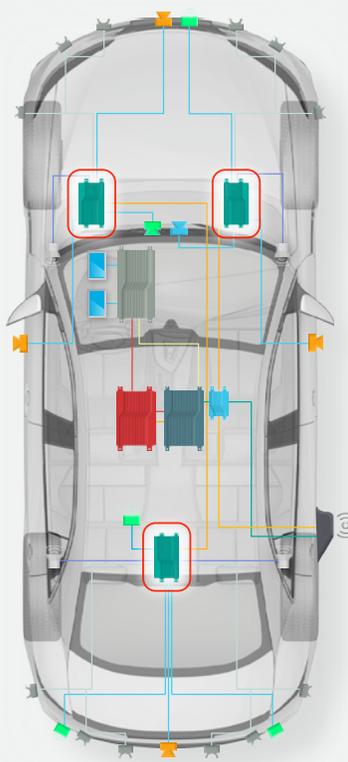
ZONEN-CONTROLLER – DER SCHLÜSSEL ZU ARCHITEKTUREN DER NÄCHSTEN GENERATION

Zonen-Controller sind eine Schlüsselkomponente der modernen Fahrzeugarchitektur für die Leistungs- und Datenverteilung. Die Anzahl der Zonen-Controller kann je nach Anforderungen und Komplexität des Fahrzeugs variieren. Hier sind drei Beispielkonfigurationen.

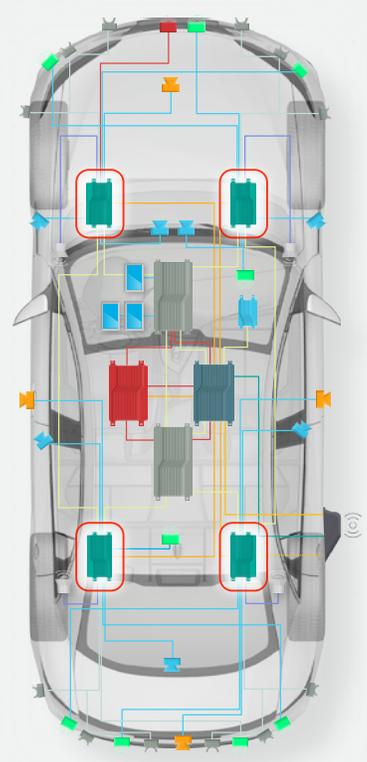
Zwei Zonen-Controller



Drei Zonen-Controller



Vier Zonen-Controller



- | | | | |
|--|---|--|--|
|  Audio |  360°-Kamera |  LiDAR |  Zentraler Fahrzeug-Controller |
|  Displays |  ADAS-Kamera |  Offene Serverplattform |  Zonen-Controller (Strom-/Datenzentrum) |
|  Externes Radar |  Ultraschall |  Antriebs- und Fahrwerkssteuerung |  An Fahrzeugserver angeschlossen |
|  Kamera Fahrerzustandserkennung | | | |

Im Rahmen der Smart Vehicle Architecture™ von Aptiv umfassen die Zonen-Controllern anpassbare Modelle, die einem immer höheren Automatisierungsgrad entsprechen. Die Verarbeitung wird auf mehrere zentrale Recheneinheiten verteilt. Die Open Server Plattform (OSP) ist für rechenintensive Anwendungen wie ADAS und User Experience zuständig. Der Antriebs- und Fahrwerks-Controller ist für die Fahrzeugdynamik zuständig, dies beinhaltet Motor/Getriebe, Bremsen, Lenkung und Aufhängung. Und der Central Vehicle Controller (CVC) ist für die Karosseriesteuerung und das gesamte Netzwerkmanagement zuständig. OEMs wählen durchaus unterschiedliche Ansätze, wo und wie sie diese softwaredefinierten Funktionen hinzufügen. Die grundlegenden Prinzipien und die zur Realisierung erforderlichen Technologiebausteine sind jedoch die gleichen.

Der CVC ist auch für die Kommunikation mit der Außenwelt zuständig. Die dafür notwendigen drahtlosen Module (4G/5G, WLAN, Bluetooth etc.) sind in einer Baugruppe (RTU) konzentriert, die in der Nähe der Antennen platziert wird. Er empfängt Over-the-Air-Updates (OTA) und verteilt sie je nach Bedarf an die Systeme im Fahrzeug. Der CVC sendet die Updates über seine eigenen direkten Verbindungen an die Zonen-Controller. Diese wiederum schicken die Updates an die mit ihnen verbundenen Einheiten.

Letzendlich wird sich diese Kommunikation immer weiter entwickeln. Die Steuerung der Karosserie und die ADAS-Sensorkommunikation wird über ein Netzwerk abgewickelt, das auf dem Ethernet TimeSensitive Networking-Standard basiert und über ein sternförmiges Netzwerk mit dem CVC verbunden ist. Bei erforderlicher Redundanz (ab Automatisierungsstufe 3 und höher) wird das CVC-Netzwerk ringförmig erweitert. Dabei liegen die wichtigsten Knoten auf den Ringen, einschließlich des zentralen Rechenknotens, des CVCs und der Zonensteuerungen. Auch wenn eine ringförmige Topologie geringfügig teurer ist als eine sternförmige, bietet sie jedoch eine zuverlässige Ausfallsicherheit, ohne dass eine Duplizierung erforderlich ist. Im Ergebnis ist sie weitaus kosteneffizienter als alternative Ansätze zur Unterstützung der Automatisierungsstufe 3 und höher.

ÜBERGANG ZU 48 V

Eine weiterer Vorteil von Zonen-Controllern ist, dass sie die Migration auf 48-Volt-Elektronikarchitekturen vereinfachen. Diese Architekturen unterstützen sogenannte "Mild-Hybrid"-Fahrzeuge, die 70 Prozent der Vorteile eines vollhybriden Systems bei 30 Prozent der Kosten erreichen. Zusätzlich verringern sie den Kraftstoffverbrauch um 15 bis 20 Prozent. Da sie immer noch deutlich unterhalb von 60 V arbeiten, benötigen sie nicht die aufwendigeren Komponenten und Verkabelungen, die bei Hochspannungssystemen und vollelektrischen Fahrzeugen eingesetzt werden.

48-Volt-Systeme werden unter Fahrzeugkonstruktoren immer beliebter, da sie ihnen zahlreiche Vorteile bieten. So kann beispielsweise ein 48-Volt-System den sanfteren Ablauf der Auto-Start-/Stoppfunktion eines Mild-Hybrid-Fahrzeugs optimieren. Hierbei schaltet das Fahrzeug den Motor automatisch ab, wenn es zum Stillstand kommt, und startet ihn wieder, wenn der Fahrer den Fuß vom Bremspedal nimmt. In ähnlicher Weise wird es Autoherstellern ermöglicht, eine Leistungssteigerung über integrierte e-Turbos zu erreichen.

Mit einem 48-Volt-System können Fahrzeuge wichtige elektrische Komponenten effizienter mit Strom versorgen als mit einem Verbrennungsmotor, z. B. den Klimaanlage-Kompressor, den Kühlerlüfter oder die Servolenkung. Es verringert den Energieverlust, da es die gleiche elektrische Leistung mit deutlich weniger Strom liefert. Und je geringer der Strom, desto weniger Leistung geht aufgrund des Widerstands in den Leitern verloren.

Der Übergang zu 48 V löst auch das Problem der Spannungsabfälle beim Anlassen eines kalten Motors. Wenn ein Fahrzeug bei zu niedriger Umgebungstemperatur gestartet wird, kann eine 12-V-Quelle bis auf 3 oder 4 V abfallen. Wenn ein elektronisches Bauteil 5 V benötigt, kann diese Schwankung dazu führen, dass das Bauteil einen Reset durchführt. In der Vergangenheit mussten Steuergeräte komplexe Netzteile einsetzen, um die Spannung unter solchen Bedingungen aufrechtzuerhalten. Im Gegensatz dazu schwankt ein System mit 48 V nicht auf ein Niveau, das tief genug sind, dass diese Komponenten zurückgesetzt werden. Somit ist eine Netzteil-Topologie deutlich einfacher.

STUFENWEISE MIGRATION

Die Herausforderung besteht darin, dass die meisten elektrischen Komponenten für Fahrzeuge immer noch für den traditionellen 12-V-Standard ausgelegt sind. Einige Fahrzeugkonstrukteure sind dazu übergegangen, zwei getrennte Systeme mit eigenen Batterien im Fahrzeug zu installieren - eines, das mit 12 V für die klassischen Komponenten arbeitet, und ein anderes, das mit 48 V für die neueren Anschlüsse arbeitet.

Ein Zonen-Controller vereinfacht und verschlankt die Architektur. Mit einer Zonen-Controller-Architektur verfügt ein Fahrzeug nur über eine Batteriequelle, die 48 V bereitstellt und diese Leistung an die Zonen-Controller verteilt. Die Zonen-Controller sind so konzipiert, dass sie native 48 V Komponenten direkt versorgen. Gleichzeitig können sie die Versorgung derjenigen Komponenten, die nicht dafür ausgelegt sind, auf 12 V herabsetzen.

Am Beispiel einer Türsteuerung wäre der OEM nicht gezwungen, alle elektrischen Komponenten auf einmal und kostenintensiv von 12 V auf 48 V umzustellen. Stattdessen könnte er sich entscheiden, nur den Fensterheber auf 48 V umzustellen, da dieser die meiste Leistung benötigt, jedoch alle anderen Komponenten bei 12 V oder weniger zu belassen. Der Zonen-Controller übernimmt die Umstellung je nach Bedarf.

Dieser stufenweise Ansatz einer Migration zu den Fahrzeugtechnologien von morgen macht den Gedanken der Zonen-Controller so attraktiv. Automobilhersteller können unmittelbare Kosteneinsparungen und Gewichtsreduzierungen realisieren. Gleichzeitig wissen Sie, dass sie die notwendige Grundlage für die Smart Vehicle Architecture™ schaffen - für eine Zukunft mit Fahrzeugen mit hohem Funktions- und Automatisierungsgrad.

ÜBER DEN AUTOR



Martin Bornemann

Vice-President Advanced Technology & Architecture

Martin Bornemann ist im Chief Technology Office für die Hardware- und Systemaspekte der Smart Vehicle Architecture™ (SVA) von Aptiv verantwortlich. Er ist seit mehr als 20 Jahren in Positionen im Innovationsmanagement, Projektmanagement und in der Hardwareentwicklung bei Aptiv. Bevor er zu Aptiv kam, entwickelte er Telekommunikationsgeräte für Ericsson und führte WLAN-Forschung für Bosch durch.

WEITERE INFORMATIONEN FINDEN SIE UNTER [APTIV.COM/SVA](https://www.aptiv.com/sva) →