



© Daimler

## VALIDIERUNGSSYSTEME FÜR AUTOMATISIERTE FAHRFUNKTIONEN

# Präzises **Abbild der Fahrzeugumgebung** sicherstellen

Die ersten automatisch fahrenden Autos nach SAE Level 3 erobern die Straßen. SAE Level 3 bedeutet, dass der Fahrer in bestimmten Fahrsituationen die Fahrzeugkontrolle für eine gewisse Zeit vollständig an das System übergibt. Die zugrunde liegenden automatisierten Fahrfunktionen sind durchweg sicherheitsrelevant, ein Fehlverhalten würde zur unmittelbaren Gefährdung von Verkehrsteilnehmern führen. Die damit verbundene Absicherung dieser Fahrfunktionen stellt die Validierungssysteme vor enorme Herausforderungen.

Zentraler Bestandteil eines Systems zum automatisierten Fahren (Automated Driving, AD) ist das Umfeldmodell – ein jederzeit aktuelles und präzises Abbild der Fahrzeugumgebung, das von den Algorithmen zur Berechnung der auszuführenden Fahrmanöver verwendet wird. Gewonnen wird dieses Umfeldmodell durch die Fusion von Daten, die einem Hochleistungsrechner von verschiedenen Sensoren im Fahrzeug zugeführt werden. Neben Radar- und Ultraschallsensoren liefern Kameras hier einen wichtigen Beitrag. Daimler's Drive-Pilot, zu finden in der

neuen S-Klasse, realisiert gemäß Herstellerankündigung SAE Level 3 (hochautomatisiertes Fahren) und verwendet für die Beobachtung der Fahrzeugumgebung sechs Kameras. Die in Hamburg laufenden Feldversuche zum automatisierten Fahren gemäß SAE Level 4 (vollautomatisiertes Fahren) setzen auf einen E-Golf, der zur Gewinnung des Umfeldmodells 14 Kameras konsultiert. Elon Musk will nach eigenen Ankündigungen aus Teslas „Full Self Driving“ gar alle Radarsensoren verbannen und zukünftig ausschließlich auf Kamerasysteme setzen. Die Bedeutung von Video-

daten in automatisch bewegten Fahrzeugen wächst also beständig, gleichzeitig steigt mit Einführung der SAE Level 3 und 4 aber auch der Anspruch der AD-Fahrfunktionen an das Umfeldmodell hinsichtlich Aktualität und Detaillierungsgrad. Hier kommen heute bereits hochauflösende Kameras zum Einsatz, die mit hohen Bildraten eine immense Datenflut produzieren, welche vom AD-Steuergerät (Autonomous Driving Electronic Control Unit, AD-ECU) im Fahrzeug, aber auch von den Validierungssystemen zur Funktionsabsicherung in Echtzeit verarbeitet werden muss.

### AD-Systeme validieren

Validiert werden AD-Systeme u. a. in Hardware-in-the-Loop-Systemen (HiL), in denen die zu testende AD-ECU mit vorher aufgezeichneten Sensordaten stimuliert wird und die korrekte Reaktion der zu testenden Fahrfunktion vom Testsystem verifiziert wird. Die Aufzeichnung der hier verwendeten Sensordatenströme erfolgt im Rahmen von Testfahrten, bei denen entsprechende Datenlogger in den Testfahrzeugen verbaut und an die Sensoren angeschlossen werden. Bei kamerabasierten AD-Systemen kommen für die Aufzeichnung der Videorohdatenströme leistungsfähige Videograbber-Systeme zum Einsatz, die in den Datenlogger installiert werden. Diese Systeme müssen die Rohdaten aller Kameras zeitsynchron und verlustfrei erfassen, die eingehenden Bilder präzise zeitstempeln und zur weiteren Bearbeitung und Speicherung unverzüglich – d. h. latenzarm –

lectrix aus Fürth ist seit Jahren darauf spezialisiert, leistungsfähige Video-Grabber/Replay-Systeme u. a. für den Automotive-Bereich zu entwickeln und zu produzieren. Bei SX proFRAME handelt es sich eine modulare PCIe-Einsteckkarte (bzw. CPCI-S.0), die sowohl zur Aufzeichnung multipler Videodatenströme in Datenloggern als auch als hochpräzises Video-Wiedergabesystem in komplexen HiL-Anlagen zur Validierung von AD-Steuergeräten verwendet wird.

Bei der Aufzeichnung der Videoströme während der Testfahrt wird das Videograbbersystem als Bestandteil des Datenloggers zwischen den im Fahrzeug verbauten Kameras und dem AD-Steuergerät als sogenannter „Man in the Middle“ zwischengeschaltet (Bild 1). Die Kameravideoströme werden dabei zusammen mit den Steuersignalen vom Videograbbersystem an dessen Dateneingängen entgegengenommen, auf dem internen FPGA hochpräzise zeitgestempelt und dem Logger anschlie-

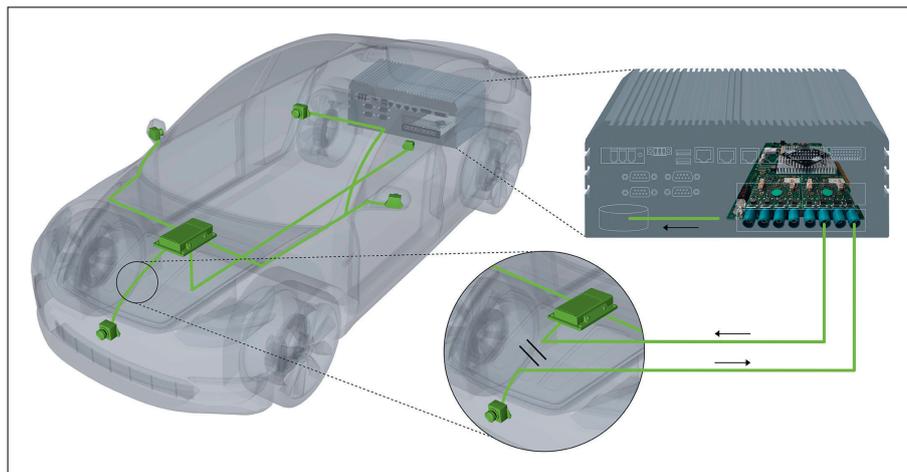


Bild 1: Videograbber in einem Datenlogger als „Man in the Middle“ zwischen Kamera und AD-ECU.

© Solectrix

an das Host-System weitergeben. In Anbetracht der oben erwähnten Datenflut eine Herkulesaufgabe. Zum zweiten müssen die aufgezeichneten Videodatenströme später beim eigentlichen HiL-Test auch wieder zeitsynchron abgespielt werden – bei gleichen Datenraten versteht sich.

Um solchen extremen Anforderungen bei der Erfassung der Videodaten während der Testfahrt sowie bei der Wiedergabe im HiL gewachsen zu sein, kommen Video-Grabber/Replay-Systeme wie SX proFRAME des Herstellers Solectrix zum Einsatz. Das Team von So-

lectrix mittels Direct Memory Access (DMA) nahezu latenzfrei zur weiteren Verarbeitung und Speicherung zur Verfügung gestellt. Gleichzeitig werden die empfangenen Daten vom Videograbber-System transparent an die am Datenausgang angeschlossene AD-ECU wieder ausgeleitet („Tap mode“ oder „pass through mode“).

### Videodaten und Steuersignale übertragen

Bei der Übertragung der Videodaten und Steuersignale kommen Technologien

## ADMA-PP

Post-Processing Software

Signaloptimierung

Offline RTK2 Berechnung mit RINEX Daten



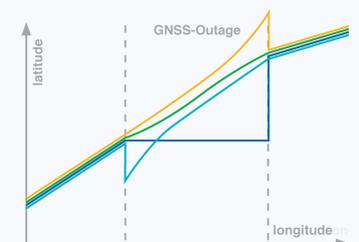
Nachträgliche Anpassungen der ADMA Konfiguration

Initialisierung wird teilweise obsolet

Funktionserweiterungen: Moving BASE & DELTA Multi

Gewährleistet Datenintegrität und erhöht die Genauigkeit erheblich

Kombinierte Vor- und Rückwärtsberechnung minimiert Drifteffekte bei GNSS Ausfall



- INS Position Forward
- INS Position Backward
- INS Position Combined
- GNSS Position

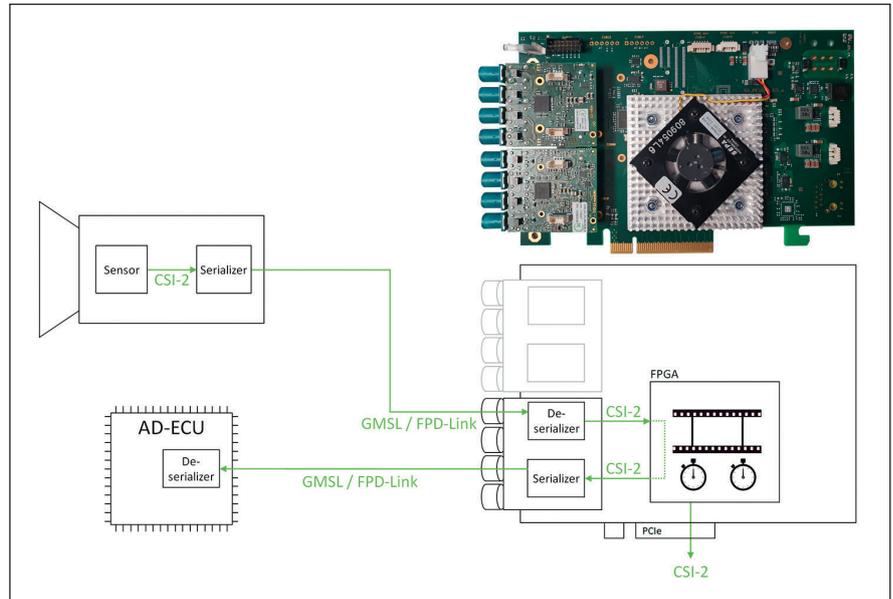
Erreichen Sie Ihre geforderte Genauigkeit



**GeneSys Elektronik GmbH**  
Tel. +49 781 969279-0  
adma@genesys-offenburg.de

wie Gigabit Multimedia Serial Link (GMSL) oder Flat Panel Display Link (FPD-Link) in verschiedenen Generationen zum Einsatz. Beide Technologien erlauben eine Videoübertragung über kostengünstige Koaxialleitungen (bzw. Shielded Twisted Pair, STP) bei Leitungslängen bis zu 10m mit hohen Bandbreiten (bis zu 12Gbit/s bei GMSL 3). Die Codierung der Kameradaten erfolgt auf Basis des Standards MIPI Camera Serial Interface (CSI-2) oder Open LVDS Display Interface (openLDI) bei Displays. Sowohl bei GMSL als auch bei FPD-Link handelt es sich um serielle Protokolle, für die die vom Kamerasensor ausgehenden Videodaten vor der Übertragung durch sogenannte Serializer in einen seriellen Datenstrom umgewandelt werden müssen. Empfangsseitig hat der Videograbber entsprechend die Aufgabe, den eingehenden GMSL- oder FPD-Link-Datenstrom zu deserialisieren, die CSI-2-Daten zu rekonstruieren und die einzelnen Videobilder zeitstempeln. Als „Man in the Middle“ werden die Daten durch das Videograbbersystem anschließend erneut serialisiert und an die AD-ECU weitergeleitet (Bild 2). Je nach Übertragungsprotokoll (GMSL oder FPD-Link) und der jeweiligen Protokollgeneration kommen unterschiedliche Serializer/Deserializer-Chips verschiedener Hersteller zum Einsatz.

Ein vielseitig einsetzbares Video-Grabber/Replay-System hat grundsätzlich den Anspruch, möglichst viele der für den Einsatzzweck relevanten Übertragungsprotokolle in den jeweils aktuellen Generationen (hier GMSL 2, 3 bzw. FPD-Link III, IV) zu unterstützen. Skalierbarkeit, Wiederverwendbarkeit, Flexibilität und letztendlich Kostenoptimierung spielen eine bedeutende Rolle beim Aufbau der Validierungssysteme. Hier kommt die Modularität und Vielseitigkeit eines Systems wie SX proFRAME zum Zuge. Die protokollspezifischen Chips für die Serialisierung und Deserialisierung befinden sich auf steckbaren Adaptermodulen, die der Anwender selbst tauschen kann. Für den Umstieg auf eine andere Technologie (beispielsweise von GMSL 2 auf GMSL 3) ist somit lediglich der Erwerb des passenden Adaptermoduls mit einer entsprechenden Firmware-Lizenz erforderlich. Das zugrundeliegende Basisboard, sowie Treiber und Software-Bibliotheken werden übernommen.



**Bild 2: Datenfluss von der Kamera über den Videograbber in das Host-System.**

© Solectrix

Bei der neuen Generation SX proFRAME 3.0 bietet das Basisboard Platz für zwei Adaptermodule, wobei jedes Adaptermodul über vier FAKRA-Stecker für die Anbindung der Kameras oder ECUs verfügt. Somit können mit einem solchen System bis zu acht Videoströme jeweils bis zu 10Gbit/s aufgezeichnet oder wiedergegeben werden, was etwa der Datenrate eines 10-Megapixelsensors bei einer Dynamik von 16 bit und einer Bildrate von 60 fps entspricht. Als „Man in the Middle“ installiert, können dementsprechend vier Kameraströme im „Tap Mode“ aufgezeichnet und an eine ECU weitergegeben werden. Auch die gleichzeitige Verwendung unterschiedlicher Adaptertypen auf einem Basisboard wird unterstützt. So ist beispielsweise die gleichzeitige Aufzeichnung sowie Wiedergabe von Videodaten über GMSL und FPD-Link mit einem System möglich. Adaptermodule für SX proFRAME 3.0 sind sowohl für GMSL 2, 3 als auch für FPD-Link III, IV mit den in der Automobilindustrie jeweils gängigen Serializern (Datenwiedergabe) bzw. Deserializern (Datenaufzeichnung) verfügbar.

Ein Videograbber-System muss neben der Erfassung von Video- und Steuerdaten den angeschlossenen Kameras auch die für deren Betrieb notwendige Spannung bereitstellen, was typischerweise direkt über die Koaxialleitung vom Videograbber-System zur Kamera erfolgt („Power over Coax“). Im Fall des Videograbbers von Solectrix ist die

Spannung in einem Bereich von 8 bis 24V individuell einstellbar. Die Weiterleitung der Versorgungsspannung an die Kameras beispielsweise von einer ECU ist ebenfalls möglich.

Auch die Synchronisierbarkeit des Videograbber-Systems mit anderen im Datenlogger installierten Aufzeichnungsgeräten wie für die Buskommunikation (OABR, CAN, FlexRay) ist zu beachten. Diese stellt sicher, dass alle Aufzeichnungsgeräte für die Zeitstempelung der eingehenden Datenpakete die gleiche Zeitbasis verwenden. Andernfalls ist die für die Validierung der AD-ECU im späteren HiL-Betrieb erforderliche synchrone Wiedergabe der aufgezeichneten Videodaten in Verbindung mit der Buskommunikation nicht möglich. Im Fall SX proFRAME ist dies mittels einer spezifischen API-Funktion zur Festlegung der internen Zeit des für die Zeitstempelung zuständigen FPGAs gelöst. So ist auch die Synchronisierung mit GPS-Zeit oder anderen Zeitbasen möglich.

Ein wichtiger Aspekt ist weiterhin die Hardware- und Software-Umgebung, in der ein Video-Grabber/Replay-System verwendet werden soll. Die Integration beispielsweise in eine existierende HiL-Plattform, aber auch in einen Datenlogger ist eine komplexe und oft unterschätzte Angelegenheit. Das System muss Hand in Hand sowohl mit dem Host selbst als auch mit den eingebundenen weiteren Aufzeichnungs- und Wiedergabegeräten arbeiten. Die im

Gesamtsystem erforderliche Performance in Hinsicht auf Echtzeitfähigkeit sowie Verarbeitungsgeschwindigkeit ist bezüglich Videodaten insbesondere abhängig von der Anzahl und den Datenraten der beteiligten Videoströme, die mit steigendem Automatisierungsgrad erheblich wachsen.

### Voraussetzungen für erfolgreiche Integration

Dem gegenüber steht die erzielbare Systemleistung, die in Bezug auf Videodaten wiederum maßgeblich abhängt von der grundsätzlichen Performance des Video-Grabber-/Replay-Systems, der schnellen Datenweiterleitung an das Host-System sowie der Effizienz der Software-Bibliotheken sowie Algorithmen in der weiteren Verarbeitungskette. Eine effiziente Firmware auf dem Video-Grabber-/Replay-System sowie eine stabile, gut getestete und nicht zuletzt auch ausreichend dokumentierte Software-Bibliothek mit einer griffigen API sind grundlegende Voraussetzungen für eine schnelle und erfolgreiche Integration. Gerade bei der Software-seitigen Integration muss das Rad jedoch nicht jedes Mal neu erfunden werden. Vorkonfigurierte Integrationstemplates, wie sie Solectrix für die Verwendung von SX proFRAME in den in der Automotive-Welt gängigen Software-Plattformen ADTF und ROS zur Verfügung stellt, unterstützen den Anwender bei der Integration und sparen am Ende Zeit und Geld bei gleichzeitig reduziertem Risiko.

Schließlich ist zu beachten, dass ein Video-Grabber-/Replay-System als Teil einer HiL-Anlage über mehrere Tage oder Wochen ununterbrochen im Einsatz ist und entsprechend ausgelegt sein sollte. In einem Datenlogger, der durchaus auch unter anspruchsvollen äußeren Bedingungen zuverlässig seinen Dienst verrichten muss, kommen zudem Anforderungen hinsichtlich Vibrationsfestigkeit und Hitzebeständigkeit (Umgebungstemperatur bis 85 °C) hinzu.

### Fazit

Video-Grabber-/Replay-Systeme sind als Aufzeichnungs-/Wiedergabegeräte für Kameradatenströme zentraler Bestandteil der Validierungskette zur Absicherung von Fahrfunktionen für das automatisierte Fahren. Mit steigendem Grad der Automatisierung wachsen die Anforderungen an die im Fahrzeug verbauten Kameras hinsichtlich Anzahl, Präzision und Datenaktualität enorm. Wegen der daraus resultierenden hohen Datenraten sowie der Varianz der am Markt gebräuchlichen Kameras mit ihren verschiedenen Schnittstellen ist ein leistungsfähiges, aber auch flexibles, skalierbares sowie robustes Video-Grabber-/Replay-System, wie das im Beitrag referenzierte modulare SX-proFRAME System von Solectrix, unverzichtbar. ■ (eck)

[www.solectrix.de](http://www.solectrix.de)



**Peter Kirsch** ist Business Development Manager bei der Solectrix GmbH in Fürth.  
© Solectrix

[www.hanser-automotive.de](http://www.hanser-automotive.de)

# sps

smart production solutions

31. Internationale Fachmesse der industriellen Automation

Nürnberg, 23. – 25.11.2021  
[sps-messe.de](http://sps-messe.de)

Erweitertes Vortragsprogramm auf der digitalen Eventplattform  
**SPS on air**

## Bringing Automation to Life

Praxisnah.  
Zukunftsweisend.  
Persönlich.

Finden Sie maßgeschneiderte Lösungen für Ihren spezifischen Anwendungsbereich und entdecken Sie die Innovationen von morgen. Unser umfassendes Hygienekonzept ermöglicht Ihnen einen persönlichen fachlichen Austausch sowie ein hautnahes Erleben der Produkte bei höchsten Sicherheitsstandards.

Registrieren Sie sich jetzt!

[sps-messe.de/eintrittskarten](http://sps-messe.de/eintrittskarten)

Nutzen Sie den Code **SPS21AZCH7** für 50 % Rabatt auf alle Ticketarten!

**mesago**  
Messe Frankfurt Group