

## Aceinna Sensortechnik für autonomes fahren

Deutsche Übersetzung von Ulrich Weber.

02.10.2020

### Genauere Positionierung für autonome Fahrzeuge

Jede autonome Technologie benötigt hohe Zuverlässigkeit und Sicherheit. Die Technologie in jedem autonomen Fahrzeug (AV) hilft ihm, durch die Welt zu navigieren. Es sicher und präzise zu machen ist von größter Wichtigkeit. Die immer ausgefeilteren Funktionen von autonomen Fahrzeugen erfordern, dass jedes Fahrzeug zuverlässig über seine genaue Position informiert ist.

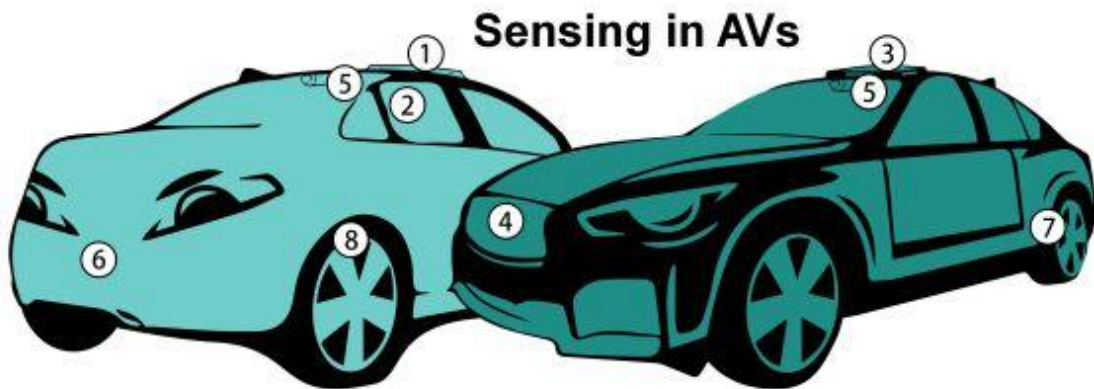
Wahrnehmungssensoren sehen die Welt rund um das Fahrzeug und sind häufig die Hauptinformationsquelle für aktive Entscheidungen. Diese Sensortechnologie umfasst Radar-, Lidar-, Infrarot-, Ultraschall- und Kamerasicht - alles unterstützt mit intensiver Rechenleistung. Leit- und Navigationssysteme teilen autonomen Fahrzeugen mit, wo sie sich befinden und wohin sie fahren müssen. Diese Systeme bestehen aus GNSS / GPS-Empfängern und einem INS

(Trägheitsnavigationssystem), das Trägheitsbewegungssensoren und Eingaben von Wegmessungs- und Lenkungssensoren enthält.

MEMS-basierte Trägheitssensoren wie Gyroskope und Beschleunigungsmesser werden in Fahrzeugen seit langem als diskrete Komponenten eingesetzt. Zur Kollisionserkennung, zum Auslösen von Airbags und zur elektronischen Stabilitätskontrolle. High-End-IMUs (Inertial Measurement Units) mit MEMS- oder Glasfasertechnologie werden üblicherweise in Flugzeugen und taktischen Leitsystemen eingesetzt und bieten eine um das 10- bis 1000-fache höhere Leistung als herkömmliche MEMS-Sensoren.

Mit fortschreitender autonomer Fahrzeugtechnologie und Sicherheitsstandards wird deutlich, dass die von IMUs und INS geforderte Positionierungsgenauigkeit und -präzision jetzt denen für Geräte in der Luft- und Raumfahrt sehr nahekommen. Zuverlässige und konsistente Genauigkeit auf Zentimeter- statt auf Meter-Ebene.

Bis vor kurzem war dieses Maß an Leistung und Sicherheitsintegrität für IMUs für großvolumige Märkte wie die Automobilindustrie zu teuer. Wir sehen jedoch jetzt Innovationen in Design und Herstellung, die die Hochleistungs-IMU-Technologie für eine breite Palette autonomer Anwendungen und breitere industrielle Anwendungen zugänglich und wirtschaftlich machen.



**1**  
**GPS (Global Positioning System)**  
 Uses satellite geolocation data to localize vehicle with a few meters accuracy



**2**  
**INS (Inertial Navigation System)**  
 Calculates vehicle position, orientation and velocity using IMU and GPS data



**3**  
**LIDAR (Light detection and ranging)**  
 Measures distances and detects objects using lasers and reflections



**4**  
**RADAR (radio detection and ranging)**  
 Calculates range, velocity and angles of long range objects using RF waves



**5**  
**Cameras**  
 Multiple cameras capture create a visual representation of the surroundings



**6**  
**Infrared Sensors**  
 Detects objects (such as pedestrians) using infrared spectrum



**7**  
**Ultrasonic Sensors**  
 Measures short range distances using ultrasonic waves



**8**  
**Odometry sensors**  
 Wheel tick sensors and steering angle sensors

## Warum eine IMU?

Eine IMU ist ein elektronisches Modul, das mehrere Trägheitssensoren integriert, um Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeitsmessungen entlang mehrerer Achsen oder Freiheitsgrade zu generieren. Eine IMU mit sechs Freiheitsgraden (DOF) besteht aus einem dreiachsigen Gyroskop und einem dreiachsigen Beschleunigungsmesser. Die Messungen dieser Sensoren über die Zeit werden mit einem Extended Kalman-Filter (EKF) kombiniert, um hochgenaue Berechnungen von Position, Geschwindigkeit und Lage oder Ausrichtung durchzuführen. Fluglagen- und Referenzsysteme (AHRS) kombinieren Magnetometerwerte mit IMU-Daten, um Kurs, Roll und Pitch zu berechnen. Ein INS fügt GPS hinzu, um die Position, Ausrichtung und Geschwindigkeit eines Objekts zu verfolgen.

In einer typischen AV-Anwendung arbeitet das INS in Verbindung mit Verkehrs- und HD-Karten sowie mit Wahrnehmungssensorsystemen, um die Fahrzeugroute und deren Navigation zu bestimmen. Wenn alle Systeme bei nominalen Umgebungsbedingungen und guter Satellitenabdeckung normal arbeiten, bietet ein INS mit einer herkömmlichen IMU in Automobilqualität normalerweise eine ausreichende Positionierungsgenauigkeit und Zuverlässigkeit für einen sicheren Betrieb.

In den meisten Fällen sind die Umgebungsbedingungen oder andere äußere Bedingungen jedoch nicht optimal. In der Regel geht das GPS-Signal aufgrund von städtischen Gegebenheiten, Schluchten, Tunneln, Überführungen, Mehrwegefehlern oder einer schlechten Satellitenabdeckung verloren oder verschlechtert sich.

Alternativ oder zusätzlich zum GPS-Verlust kann ein Fahrzeug schwierigen Bedingungen wie Niederschlag oder reflektierenden Oberflächen ausgesetzt sein, die die Leistung oder Integrität der Daten von Kamera-, Lidar- und / oder Radarsystemen beeinträchtigen können. In allen Fällen ist es unbedingt erforderlich, dass sich das autonome Fahrzeug zuverlässig weiter entlang der Route bewegt, sicher zum Stillstand kommt und / oder einen Eingriff anfordert.

Die Aufgabe des Navigierens, wenn Sensoreingaben unvollständig sind, beinhaltet häufig einen Prozess, der als Dead Reckoning bezeichnet wird. Hier stützt sich das AV-System auf andere Sensoren, hauptsächlich die IMU, Raddrehungssensoren und, falls verfügbar, die Sicht.

Glücklicherweise ist der einzige externe Faktor, auf den wir uns verlassen können, um konstant zu bleiben, die Schwerkraft der Erde. Unabhängig von den Umgebungsbedingungen erfasst die IMU weiterhin Positionsinformationen und liefert diese.

Die Verwendung der entsprechenden IMU-Leistung kann den Unterschied zwischen dem Aufprall auf die Wand eines Tunnels oder der Durchfahrt zur anderen Seite ausmachen.

Vorspannungs- und Driftfehler, die bei MEMS-Geräten vorhanden sind, belasten das System. Diese Fehler führen im Laufe der Zeit direkt zu Positionsfehlern. High-End-IMUs, die über Temperatur und Zeit genau kalibriert werden, können diese Fehlerquellen drastisch reduzieren.

IMUs mit integrierter Redundanz ermöglichen noch präzisere Positionserfassung mit weiteren Vorteilen in Bezug auf Sicherheit, Integrität und Zuverlässigkeit für das gesamte AV-System und das Sensorfusionsnetzwerk.

## Echtzeitkinematik

Ein weiterer aufregender Trend bei der präzisen INS-Positionierung ist die Entstehung und Erweiterung von RTK oder Real-Time Kinematics. RTK verbessert die GPS-Positionierungsgenauigkeit um den Faktor 100, von der Genauigkeit auf Meter- bis zur Zentimetergenauigkeit, wenn sie mit IMU-Daten kombiniert wird. Die RTK-Technologie verfeinert die von GPS-Signalen empfangenen Positionsdaten, indem ionosphärische und troposphärische Verzögerungen, Mehrweg-, Satellitenuhr- und Ephemeriden Fehler (verursacht durch den GPS-Empfänger, der den Standort des Satelliten bei Positionsberechnungen verwendet) beseitigt werden. RTK-Systeme verwenden exakt vermessene Basisstationen, die Korrekturen über ein zelluläres Signal an die Rover (sich bewegende Objekte oder Fahrzeuge) senden. Die Korrekturen werden durch komplexe Algorithmen und Kalman-Filter mit GPS- und IMU-Daten verrechnet, um eine

für einen Rover spezifische Endposition zu ermitteln.

## RTK-Positionierung

RTK-Ortungs- und Ortungstechnologien sind für eine breite Palette autonomer Anwendungen wertvoll, einschließlich in der Landwirtschaft, im Bauwesen, bei der Roboterzulieferung, bei Drohnen sowie für autonome Verbraucherfahrzeuge.

Bis vor kurzem waren RTK und ähnliche Dienstleistungen mit einem hohen Preis und langen Akquisitionsaufwand verbunden. Sie wurden daher hauptsächlich in der professionellen Landwirtschaft, bei Landvermessungen und bei Baufahrzeugen oder für Geländefahrzeuge in geografisch schwierigen Gebieten eingesetzt. Die Verbreitung autonomer Fahrzeuge und ihre Notwendigkeit einer präzisen Positionierung führen zu einer neuen RTK-Software, die geografisch skalierbar ist, wirtschaftlich, einfach zu integrieren und für die Fusion von AV-Sensoren optimiert ist.

Für jedes autonome Fahrzeug ist es wichtig, seinen Standort und seine Umgebung, sein Ziel und den Weg dorthin genau zu kennen. Obwohl unklar ist, wann autonome Fahrzeuge alltäglich sein werden, ist die Technologie in einigen Industriesegmenten bereits weit verbreitet. Die kombinierten Funktionen fortschrittlicher IMUs und RTKs versprechen die Etablierung und Verbreitung von Trägheitsnavigationssystemen, die die hohe Leistung, Sicherheit und verbesserte Integrität bieten, die für einen skalierbaren und sicheren autonomen Betrieb von entscheidender Bedeutung sind.

## ÜBER ACEINNA

ACEINNA Inc. ist ein führender Anbieter von Sensorlösungen für die Märkte Automobil, Industrie, Telekommunikation, Rechenzentrum, Landwirtschaft und Bau.

Die präzisen Positionierungslösungen von ACEINNA sind Open-Source-Trägheitserfassungssysteme auf MEMS-Basis, die branchenführend sind, indem sie benutzerfreundliche, zentimetergenaue

Navigationssysteme für die autonome Revolution ermöglichen. Die aktuelle Sensorproduktfamilie von ACEINNA basiert auf der AMR-Technologie, die branchenführende Genauigkeit, Bandbreite und Sprungantwort in einem kostengünstigen Single-Chip-Formfaktor ermöglicht. ACEINNA verfügt über Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen in San Jose, CA; Andover, MA; und Chicago, IL; sowie Produktionsstätten in Wuxi, China.

inertial motion sensors and inputs from odometry and steering sensors.

MEMS-based inertial sensors such as gyroscopes and accelerometers have long been used in vehicles as discrete components – for collision detection, airbag deployment, and electronic stability control. High-end IMUs (inertial measurement units) using MEMS or fiber-optic technology are commonly utilized in aircraft and tactical guidance systems and offer performance on the order of 10x to 1,000x higher than traditional MEMS sensors.

As autonomous vehicle technology and safety standards progress, it is becoming apparent that the positioning accuracy and precision required from IMUs and INS now approaches those for aerospace and tactical grade devices – consistent and reliable centimeter-level accuracy rather than meter-level accuracy.

Until recently, this level of performance and safety integrity for IMUs has been too expensive for high volume markets such as automotive. However, we are now seeing innovations in design and manufacturing that make high-performance IMU technology accessible and economical for a wide range of autonomous applications and broader industrial uses.

Why an IMU?

Originalfassung: July 28, 2020

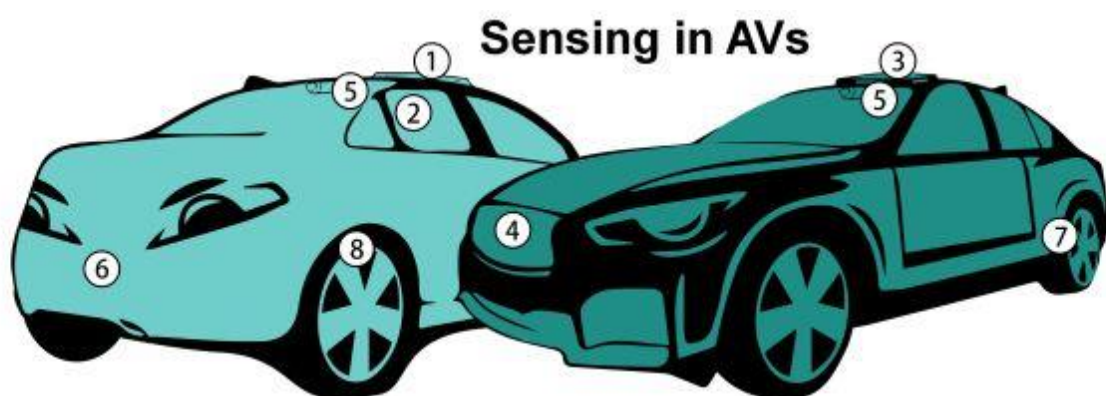
<https://www.aceinna.com/newsDetail?id=5f3a86c3723b3716e24f89a5>

## More accurate positioning for autonomous vehicles

Underlying any autonomous technology is the promise and necessity of superior safety. The technology in any autonomous vehicle helps it navigate the world around it; to do it safely and precisely is of utmost importance. The increasingly sophisticated functions of AVs necessitate that each vehicle have reliable knowledge of its precise position.

Perception sensors see the world around the vehicle and are often the primary source of information for active decision making. Such sensing technology includes radar, lidar, infrared, ultrasonic and camera vision – all backed up with intensive compute power.

Guidance and navigation systems tell autonomous vehicles where they are and where they need to go. These systems consist of GNSS/GPS receivers and an INS (inertial navigation system) which includes



### 1 GPS (Global Positioning System)

Uses satellite geolocation data to localize vehicle with a few meters accuracy



### 2 INS (Inertial Navigation System)

Calculates vehicle position, orientation and velocity using IMU and GPS data



### 3 LIDAR (Light detection and ranging)

Measures distances and detects objects using lasers and reflections



### 4 RADAR (radio detection and ranging)

Calculates range, velocity and angles of long range objects using RF waves



### 5 Cameras

Multiple cameras capture create a visual representation of the surroundings



### 6 Infrared Sensors

Detects objects (such as pedestrians) using infrared spectrum



### 7 Ultrasonic Sensors

Measures short range distances using ultrasonic waves



### 8 Odometry sensors

Wheel tick sensors and steering angle sensors

An IMU is an electronic module that integrates multiple inertial sensors to generate acceleration and angular rate measurements along multiple axes or degrees of freedom. A six-degree-of-freedom (DOF) IMU consists of a three-axis gyroscope and a three-axis accelerometer. Measurements from these sensors taken over time are combined using an Extended Kalman filter (EKF) to make highly accurate calculations of position, velocity and attitude or orientation. Attitude heading and reference systems (AHRS) combine magnetometer readings with IMU data to calculate heading, roll and pitch. An INS adds GPS to track the position, orientation and velocity of an objects.

In a typical AV application, the INS works in conjunction with the traffic and HD maps as well as with perception sensor systems to determine the vehicle route and how to navigate it. When all systems are operating normally, with nominal environmental conditions and good satellite coverage, an INS with a traditional automotive-grade IMU usually provides sufficient positioning accuracy and reliability for safe operations.

However, more often than not, environmental or other external conditions are less than ideal. Commonly, the GPS signal is lost or degrades because of urban canyons, tunnels, overpasses, multipath errors, or poor satellite coverage.

Alternatively, or in addition to GPS loss, a vehicle may encounter tricky conditions such as precipitation or reflective surfaces which can compromise the performance or integrity of data from the camera, lidar, and/or radar systems. In all cases, it is imperative that the autonomous vehicle reliably continue to navigate itself along the route, safely maneuver to a stop, and/or request intervention.

The task of navigating when sensor inputs are garbled often involves a process called dead reckoning. Here the AV system relies on other sensors, primarily the IMU, wheel rotation sensors and, if available, vision.

Fortunately, the one external factor we can rely on to remain constant (mostly) is Earth's gravity. Regardless of environmental conditions, the IMU will keep sensing and provide position information.

Using the appropriate level of IMU performance can be the difference between crashing into the wall of a tunnel or making it through to the other side.

Bias and drift errors inherent in all MEMS devices place a burden on the system to remove those errors. Errors unaccounted for directly integrate over time into position error. High-end IMUs that are rigorously calibrated over temperature and time can drastically reduce these error sources.

IMUs with built-in redundancy provide enable even higher precision position estimates, with further benefits of safety, integrity and reliability for the entire AV system and sensor fusion network.

### Real-time kinematics

Another exciting trend in precise INS positioning is the emergence and expansion of RTK or Real-Time Kinematics. RTK improves GPS positioning accuracy by a factor of 100x, from meter-level accuracy down to centimeter-level accuracy when appropriately fused with IMU data. RTK technology refines the position data received from GPS signals by removing ionospheric and tropospheric delays, multipath, satellite clock and ephemeris errors (caused by the GPS receiver using the satellite's location in position calculations). RTK systems use survey grade base stations which broadcast corrections to rovers (moving objects or vehicles) via a cellular signal. The corrections are fused with GPS and IMU data through complex algorithms and Kalman Filters to provide a final position specific to a rover.

### RTK positioning

RTK positioning and location technologies are valuable for a wide range of autonomous applications including those in agriculture, construction, robotic delivery, drones, as well as for consumer autonomous vehicles.

Until recently, RTK and similar services have come with a hefty price tag and long acquisition times. So they have been used primarily in agriculture, land survey, construction applications for off-road vehicles in geo-fenced areas. The proliferation of autonomous vehicles and their need for precision positioning is giving rise to new RTK software scalable across geographies which is economical,

easy to integrate, and optimized for AV sensor fusion.

It is essential for any autonomous vehicle to precisely know its location and surroundings, its destination and how to get there. Though it is unclear when autonomous vehicles will be consumer items, the technology is already wide spread in some industry segments. The combined capabilities of advanced IMUs and RTK promise to democratize inertial navigation systems that provide the high performance, safety and enhanced integrity that is vital for scalable and secure autonomous operation.

#### **ABOUT ACEINNA**

ACEINNA Inc., is a leading provider of sensing solutions for automotive, industrial, telecom, datacenter, agricultural and construction markets.

ACEINNA's precise positioning solutions are MEMS based, open-source, inertial sensing systems that are leading the industry by enabling easy-to-use, centimeter-accurate navigation systems for the autonomous revolution. ACEINNA's current sensor product family is based on AMR technology that enables industry leading accuracy, bandwidth and step response in a cost effective single-chip form factor. ACEINNA has R&D facilities in San Jose, CA; Andover, MA; and Chicago, IL; as well as manufacturing facilities in Wuxi, China.

#### **FOR MORE INFORMATION**

ACEINNA Inc., One Tech Drive, Suite 325, Andover, MA 01810  
Tel: 978-965-3200 Fax: 978-965-3201  
Email: [info@aceinna.com](mailto:info@aceinna.com)

Web: <https://www.aceinna.com>

Für weitere Fragen wenden sie sich an:

**Ulrich Weber** Application Aceinna / Allegro / Memsic  
Fon: +49 7071 9444-21 - [uweber@matronic.de](mailto:uweber@matronic.de)

Die deutsche Übersetzung ist geistiges Eigentum des Autors. Unerlaubte Vervielfältigung oder Verbreitung ist nicht zulässig.