

車載組込みシステム開発の課題と動向

2016年9月16日

高田 広章

名古屋大学 未来社会創造機構 教授
名古屋大学 大学院情報科学研究科 教授
附属組込みシステム研究センター長
APTJ株式会社 代表取締役会長・CTO

Email: hiro@ertl.jp URL: <http://www.ertl.jp/~hiro/>

自己紹介

本務

- ▶ 名古屋大学 未来社会創造機構 教授
- ▶ 名古屋大学 大学院情報科学研究科 情報システム学専攻 教授 / 附属組込みシステム研究センター長

その他の役職(主なもの)

- ▶ APTJ株式会社 代表取締役会長・CTO
- ▶ TOPPERSプロジェクト 会長
- ▶ 車載組込みシステムフォーラム(ASIF) 会長
- ▶ 情報処理学会 組込みシステム研究会 元(初代) 主査

研究分野

- ▶ (組込みシステム向け)リアルタイムOS
- ▶ リアルタイム性解析とスケジューリング理論
- ▶ 車載組込みシステムと車載ネットワーク, ダイナミックマップ
- ▶ 機能安全技術, 組込みシステムのサイバーセキュリティ

TOPPERSプロジェクトとは?



- ▶ ITRON仕様の技術開発成果を出発点として、組み込みシステム構築の基盤となる各種の高品質なオープンソースソフトウェアを開発するとともに、その利用技術を提供

組み込みシステム分野において、Linuxのように広く使われるオープンソースOSの構築を目指す!

プロジェクトの狙い

- ▶ 決定版のITRON仕様OSの開発 **完了**
- ▶ 次世代のリアルタイムOS技術の開発
- ▶ 組み込みシステム開発技術と開発支援ツールの開発
- ▶ 組み込みシステム技術者の育成への貢献



プロジェクトの推進主体

- ▶ 産学官の団体と個人が参加する産学官民連携プロジェクト
- ▶ 2003年9月にNPO法人として組織化

開発成果物の主な利用事例



エスクード (スズキ)



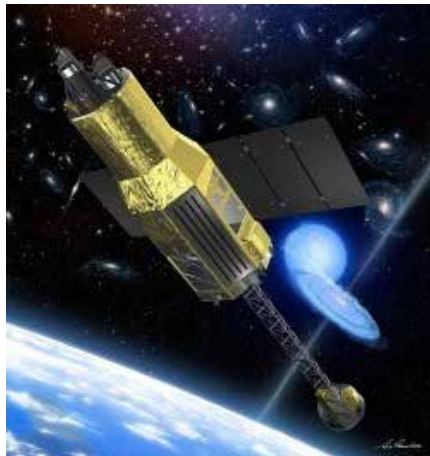
スカイラインハイブリッド (日産)



IPSiO GX e3300 (リコー)



H-IIIB (JAXA)



提供: JAXA, イラスト: 池下章裕
ひとみ (ASTRO-H)
(JAXA)



OSP-P300
(オークマ)



SoftBank
945SH
(シャープ)



UA-101 (Roland)



PM-A970 (エプソン)

名古屋大学 組込みシステム研究センター (NCES)

設立目的

☞ <http://www.nces.is.nagoya-u.ac.jp/>

- ▶ 組込みシステム分野の技術と人材に対する産業界からの要求にこたえるために、**組込みシステム技術に関する研究・教育の拠点**を、名古屋大学に形成

活動領域(スコープ)

- ▶ 大学の技術シーズを実現/実用化することを指向した研究
- ▶ プロトタイプとなるソフトウェアの開発
- ▶ 組込みシステム技術者の教育/人材育成

研究プロジェクトの例

- ▶ 車載制御システム向けSPF(AUTOSAR仕様ベース)
- ▶ 車載データ統合アーキテクチャとLDMへの適用
- ▶ 宇宙機向けソフトウェアプラットフォーム(スペースワイヤOS)
- ▶ 車載組込みシステムのセキュリティ強化技術

目次

車載組込みシステム開発の現状と課題

- ▶ 車載組込みシステム開発の課題
- ▶ 課題に対するアプローチ

ソフトウェアプラットフォームの共通化・標準化とAUTOSAR

- ▶ ソフトウェアプラットフォーム (SPF) 導入の意義
- ▶ AUTOSAR (AUTomotive Open System Architecture)

自動運転に向けての車載組込みシステムの変化

- ▶ 情報通信技術と組込み技術による自動車の進化
- ▶ 組込みシステム技術に対する要求の変化
- ▶ ダイナミックマップ
- ▶ 自動運転システムのための車載SPF
- ▶ AUTOSAR Adaptive Platform

車載組込みシステム開発の現状と課題

車載組込みシステムの現状

車載制御システムの高度化

- ▶ 自動車に対する新しい付加価値の多くが、電子制御/コンピュータ/ソフトウェアで実現
 - ▶ 省エネルギー，低排気ガス(エンジン制御，...)
 - ▶ 安全性の向上(ABS，エアバッグ，...)
 - ▶ 利便性の向上，娯楽性の向上(カーナビ，...)
- ▶ コンピュータを活用することで，軽量化やコストダウンが可能になる場合も
 - 例) 車載ネットワークによるワイヤハーネス(自動車内の配線)の軽量化
- ▶ 統合制御システム/サービス(複数のECUの協調/連携により提供するサービス)が増加
 - è **車載組込みシステム/ソフトウェアが著しく複雑化**

車載組込みシステム開発の課題

ディペンダビリティの確保/向上

- ▶ システムの大規模化により、設計品質、特にディペンダビリティ(信頼性、安全性、セキュリティ、...)の確保が困難に
- ▶ ディペンダビリティに対する説明/証明力の向上が重要に
- ▶ 機能安全規格(ISO 26262)への対応
- ▶ サイバーセキュリティの確保/強化が大きな課題に

設計生産性の向上(開発の効率化)

- ▶ システムの複雑化や品質要求により、設計生産性が低下
- ### ECUの数の増加, ネットワーク構成の複雑化
- ▶ コストの増大や設置スペースの不足
 - ▶ 分散システム/ネットワークの最適設計が困難

その背景にある深刻な問題

組込みシステム技術者(人財)不足

課題に対するアプローチ

ディペンダビリティの確保/向上, 説明/証明力の向上

- ▶ 機能安全規格 (ISO 26262) への対応は, 安全性に対する説明力/証明力の向上に有効
- ▶ トップダウンな設計コンセプト (安全コンセプト) を持つこと

設計生産性の向上 (開発の効率化)

- ▶ ソフトウェア開発プロセスの地道な改善
- ▶ 設計抽象度を向上させるためのモデルベース開発
- ▶ 設計資産の“良い”再利用を可能にするためのプロダクトライン開発とコンポーネントベース開発
- ▶ アプリケーション開発底上げのためのプラットフォームと, その共通化・標準化 (プラットフォームベース開発)
 - ▶ AUTOSARによるプラットフォームの標準化
- ▶ 仮想環境 (シミュレータ) による検証の効率化

ECUの数の増加への対応

- ▶ ECU統合 ... 徐々に進行中
 - ▶ プラットフォームの共通化・標準化が前提に
 - ▶ パーティショニング技術が重要に

ネットワーク構成の複雑化への対応

- ▶ CANでは転送レートが不足しており、ネットワーク構造が複雑化する結果に
- ▶ 新しい車載ネットワーク技術の導入を検討すべき時期に
 - ▶ 短期的なソリューションとしてはCAN-FDが有力
 - ▶ 車載Ethernetの導入検討が進行中

サイバーセキュリティの強化

- ▶ 2つの課題
 - ▶ (現在の)車載組込みシステムのセキュリティ確保/強化
 - ▶ V2Xやクラウド連携を考えたセキュリティ

ソフトウェアプラットフォームの 共通化・標準化とAUTOSAR

ソフトウェアプラットフォーム (SPF) 導入の意義

プラットフォームとは？

- ▶ アプリケーションシステム開発の基盤となる部分
 - ▶ プラットフォーム = ハードウェアPF + ソフトウェアPF
 - ▶ ソフトウェアPF (SPF) = OS + ミドルウェア
- ! 自動車分野では、車台の意味と区別するために、電子プラットフォームと呼ぶ場合も多い

プラットフォーム導入の意義

- ▶ アプリケーションソフトウェアの再利用性の向上
- ▶ 複数のアプリケーションに共通する機能のプラットフォーム化による重複開発の回避 (SPFの再利用)
- ▶ システム構成の最適化やアプリケーション統合 (ECU統合) を容易に
- ! プラットフォームの共通化・標準化が前提に

車載組込みシステムにおけるプラットフォームベース開発

- ▶ 「部品ベースの開発」から「プラットフォームベースの開発」へという開発パラダイムの変革と捉えることもできる
- ▶ 部品ベースの開発
 - ▶ まず各部品 (ECU) を開発し, それを組み合わせることでシステム (車両) を開発
 - ▶ サプライヤ (部品メーカー) が, 各ECUのハードウェアとソフトウェアの両方を独立に開発
- ▶ 部品ベース開発の問題点
 - ▶ システム構成の変更・最適化が困難
 - ▶ ECUの数の増加に歯止めがかからない
 - ▶ 部品メーカー間の設計思想・仕様の不整合

è **統合システム/サービスの効率的な実現の障害に**
- ▶ 共通化・標準化されたプラットフォームを用いた開発は, これらの問題点を解決

AUTOSAR (AUTomotive Open System ARchitecture)

- ▶ 自動車, 自動車部品, エレクトロニクス, 半導体, ソフトウェア企業によるグローバルパートナーシップ(2003年に設立)
 - ▶ ソフトウェアの複雑性を軽減するために, ソフトウェア基盤 (infrastructure) の業界標準を作成
- ▶ コアパートナー (2016年時点)

BMW	Daimler	PSA Peugeot Citroen
Bosch	Ford	トヨタ自動車
Continental	GM	Volkswagen
- ▶ 最新の仕様書(群)はRelease 4.2 Revision 2
 - ▶ 約100のソフトウェア仕様書と約110の関連ドキュメント, その他多くのファイルが含まれており, 全体で19600ページ(と言われている)
- ▶ “Cooperate on standards, compete on implementation”(標準化で協調し, 実装で競争する)をポリシーに

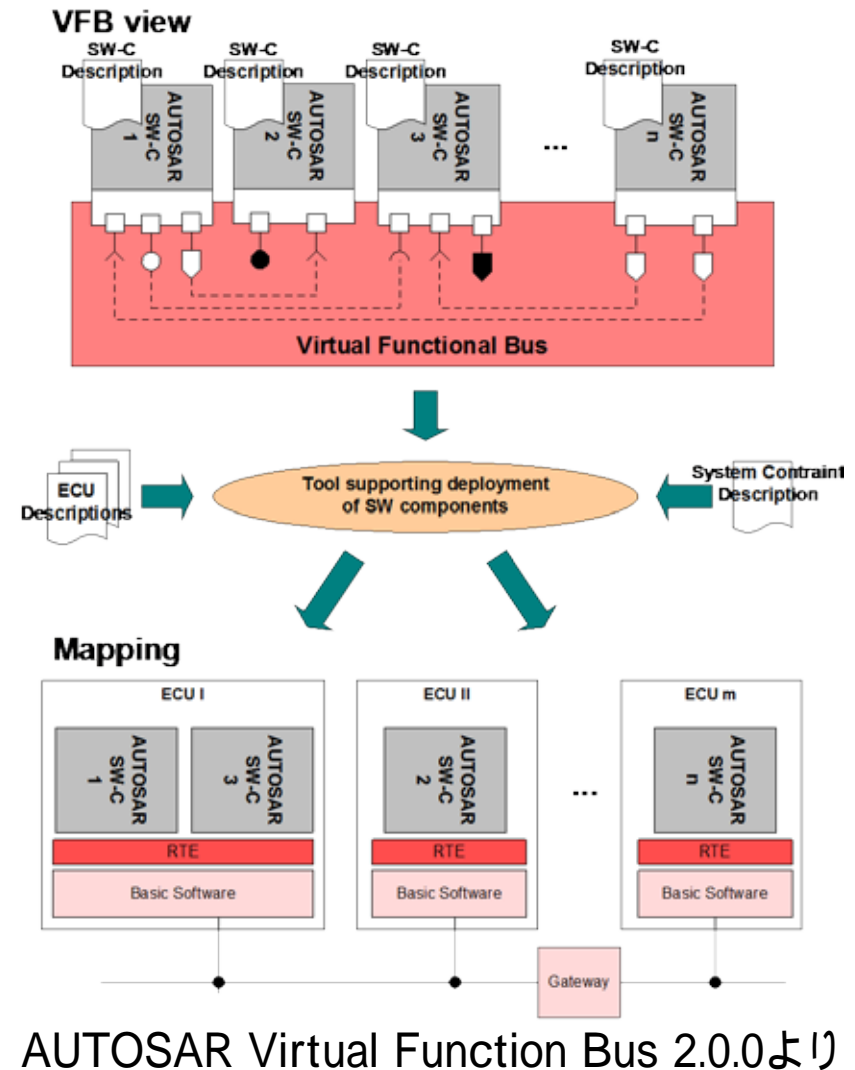
AUTOSARの標準化と仕様

3つの領域で標準化

- ▶ ソフトウェアアーキテクチャ
 - ▶ ソフトウェアプラットフォーム (SPF) の構成
 - ▶ RTE仕様
 - ▶ BSWモジュール (OS, デバイスドライバ群, ミドルウェア群) 毎のインタフェース (API) 仕様
- ▶ 方法論とテンプレート (Methodology and Templates)
 - ▶ アプリケーションシステムの構築手順
- ▶ アプリケーションインタフェース
 - ▶ SW-C (アプリケーション毎のソフトウェア部品) 間で受け渡すデータのカタログ
 - ▶ 初期は, SW-Cのインタフェースそのものの標準化を目指したが, 断念 (競争領域で標準化になじまない)

AUTOSARアプローチ

- ▶ アプリケーションシステムを，Virtual Functional Busで接続されたソフトウェア部品 (SW-C) 群の形で論理的に記述
- ▶ 各SW-Cを，ECUにマッピングする (現時点では手動) と，ECUの構成ファイルをツールにより生成
- ▶ その際に，ECU記述とシステム制約記述 (処理の時間制約など) を与える
- ▶ ソフトウェアプラットフォーム (SPF) は，RTEとBSWで構成



ソフトウェアプラットフォームの構成

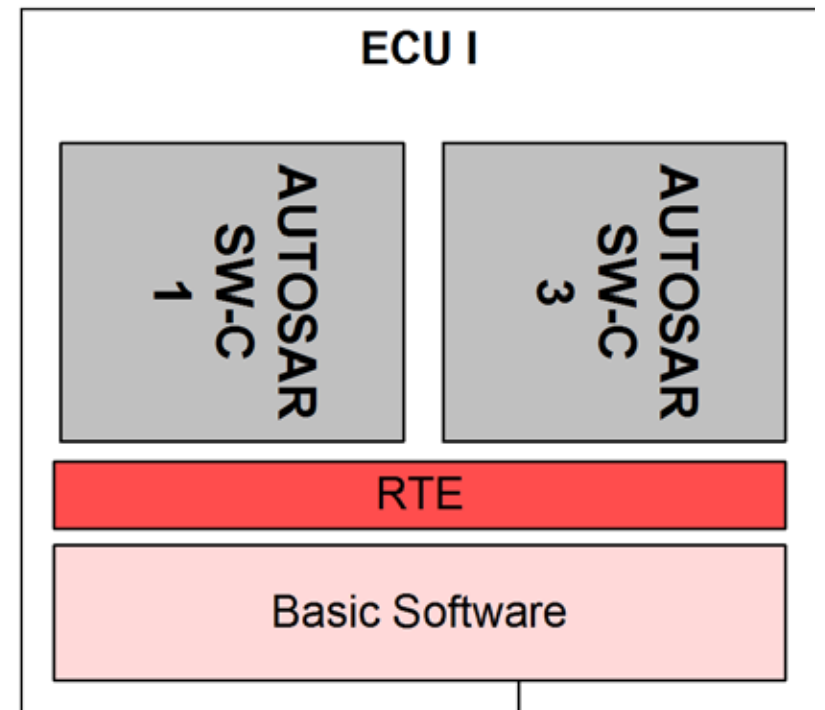
Runtime Environment (RTE)

- ▶ SW-C間, SW-CとBSW間の通信インタフェースを提供
- ▶ SW-Cに対してBSWのサービスを提供 (API抽象化層)
- ▶ SW-C間, SW-CとBSW間の通信記述から, RTEのソースコードをツールにより生成

**AUTOSAR プラット
フォームの最大の特徴**

Basic Software (BSW)

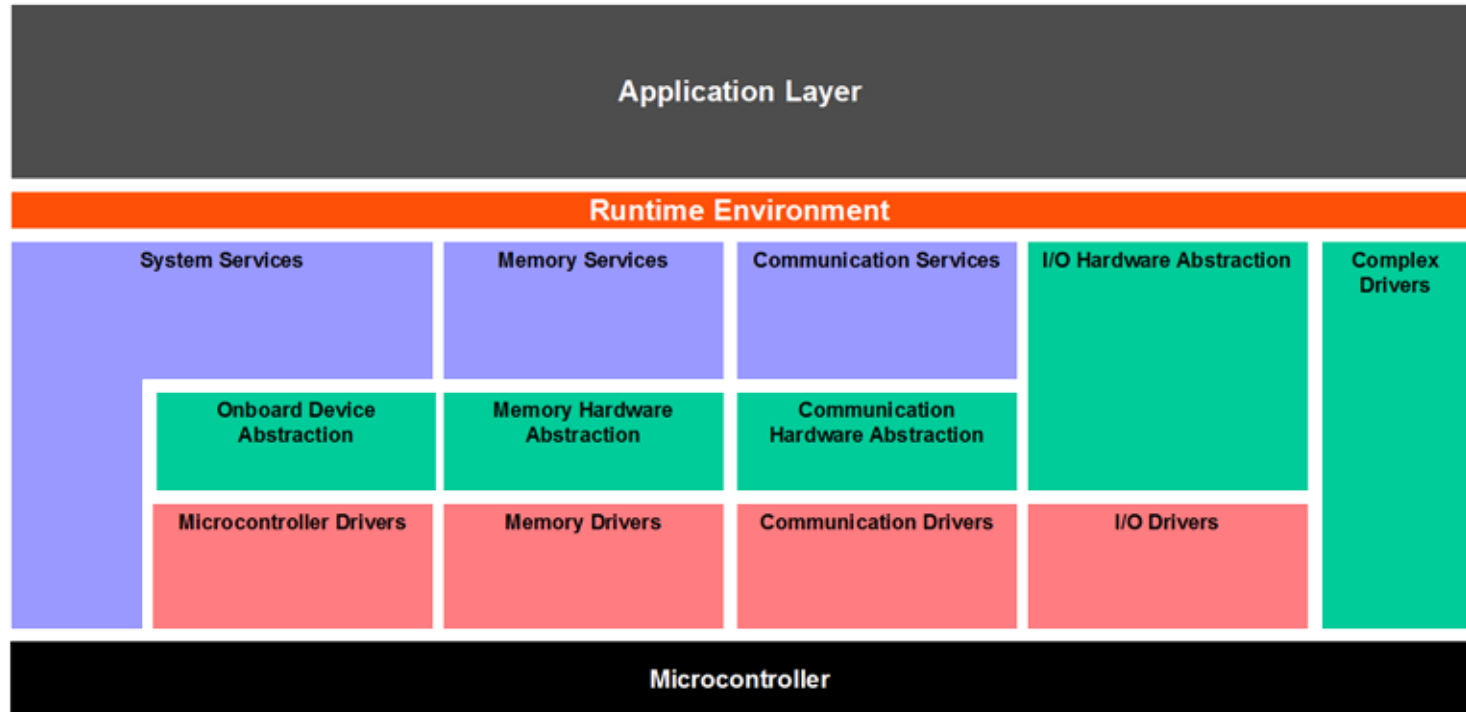
- ▶ OS+デバイスドライバ+ミドルウェア群



AUTOSAR Virtual Function Bus 2.0.0より

Basic Software (BSW) の構成

- ▶ 4つの機能グループ(システム, メモリ, 通信, I/O)のサービスが, それぞれ3つの階層(サービス層, ECU抽象化層, マイクロコントローラ抽象化層(MCAL))で構成
- ▶ Complex Drivers: 標準化の抜け道, 階層をスキップ



AUTOSAR Layered Software Architecture 3.0.0より

各レイヤの役割

- ! ハードウェアの違いを吸収するソフトウェアを局所化することで、ソフトウェアの再利用性を上げることが可能
- ▶ マイクロコントローラ抽象化層 (MCAL) : マイコンの違いを吸収するソフトウェア、デバイスドライバ
- ▶ ECU抽象化層 : ECU違いを吸収するソフトウェア
- ▶ サービス層 : ハードウェアに依存しない高レベルサービス
- ▶ SW-C : アプリケーションソフトウェア、ECUの外側 (例 : センサ) の違いを吸収するモジュールはSW-Cとして実現する

ソフトウェアプラットフォーム (SPF) の範囲

- ▶ AUTOSARのアーキテクチャ上は、RTE+BSW (OS+デバイスドライバ+ミドルウェア群) がSPWということになるが、SW-Cの一部もSPWと捉えて良い
例) 複数のアプリケーションで共用するセンサを扱うSW-C

自動運転に向けての 車載組込みシステムの変化

情報通信技術と組み込み技術による自動車の進化

先進運転支援(ADAS)

- ▶ コンピュータにより高度な運転支援を行う
 - ▶ 自動ブレーキ, 前車追従 ... 急速に普及期へ

つながるクルマ (connected vehicle)

- ▶ ネットワーク等により(情動的に)外部とつながる自動車
 - ▶ インフラ(道路, クラウド)とつながる
 - ▶ 他車とつながる, 人(ドライバ, 歩行者)とつながる

自動走行 (automated driving)・自律運転 (autonomous driving)

- ▶ コンピュータにより運転を行う ... 急速に注目を集める
- ▶ 技術的には, ADASの延長線上にある(完全な自律運転になると少し違う要素があると思われる)
- ▶ つながるクルマの延長線上にあるという考え方が主流
- ▶ 技術の進歩は著しいが, 完全な自律運転には法的な課題

組み込みシステム技術に対する要求の変化

- ! 組み込みシステム技術に対する要求は、自動運転システムの構成や実現方式によって大きく異なってくる。よって、今後、要求が大きく変わってくる可能性もある

機能の急速な高度化

- ▶ 手足の電子化 / コンピュータ化から、頭脳のコンピュータ化へ
- ▶ ソフトウェアのますますの大規模化・複雑化

新しい技術の導入

- ▶ AI, 機械学習, Deep Learning

外部接続の拡大

- ▶ クラウドとの連携
- ▶ 車車間通信, 路車間通信
ダイナミックマップ

急拡大する性能要件

- ▶ 新しいプロセッサ技術 (GPUやGPGPU, FPGA, メニーコアプロセッサ) の採用

扱うデータ(種類, 量)の増加

- ▶ 新しい車載ネットワーク技術の必要性 (車載Ethernetが有力)
- ▶ ソフトウェアプラットフォームの高度化 (現状のAUTOSAR仕様では力不足. AUTOSARはAdaptive Platformへ)

安全性の考え方の変化

- ▶ フェールセーフからフェールオペラブルへ

セキュリティ上の課題が広がる

- ▶ セキュリティを原因とするはじめてのリコール事例として, クライスラーが, 車の遠隔操作問題で140万台のリコールを発表 (2015年7月)

ダイナミックマップ

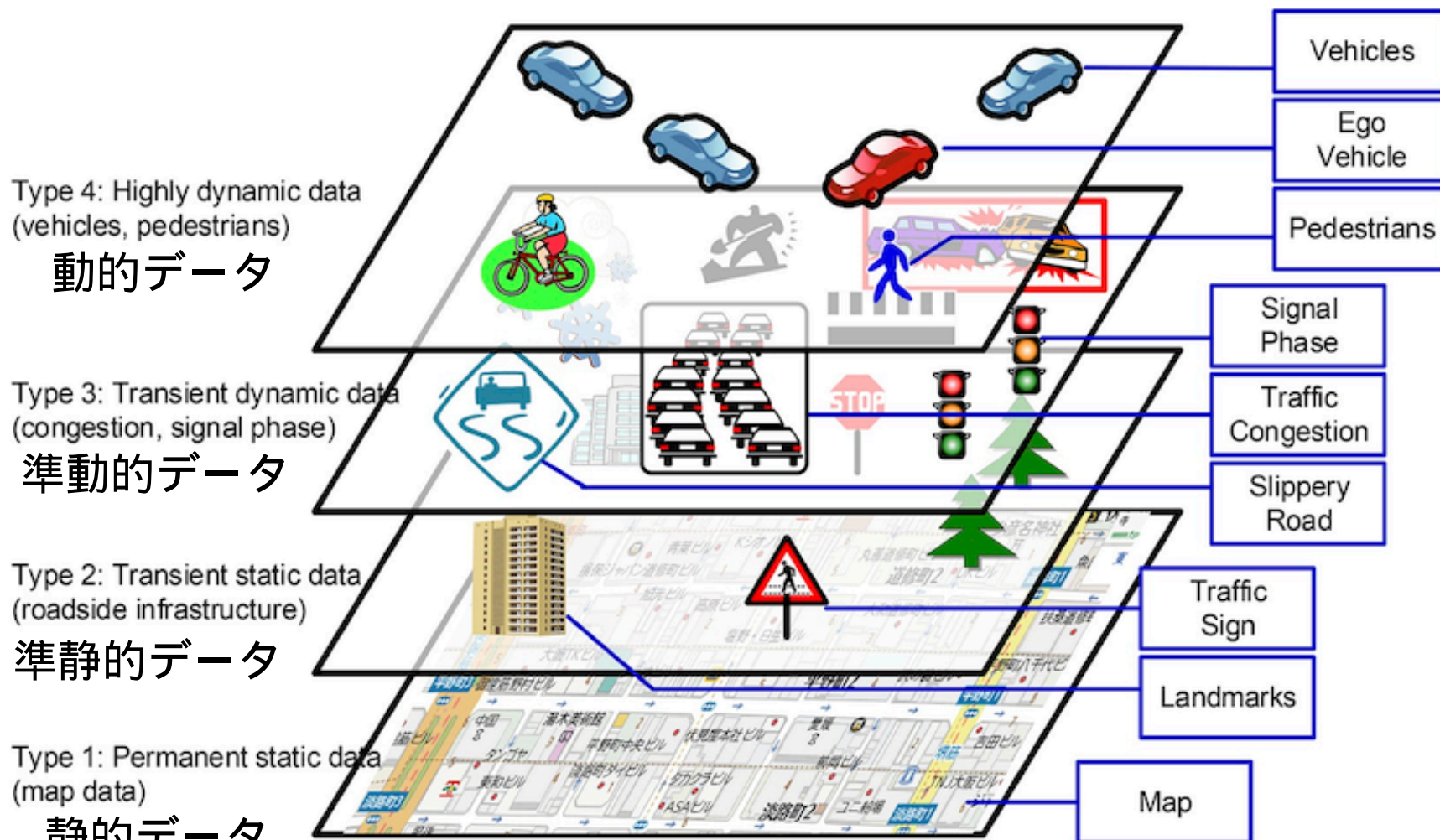
ダイナミックマップとは？

- ▶ いわゆる地図の上に、動的な情報を重畳させた論理的なデータの集合体(仮想的なデータベース)
- ▶ ここでは、道路交通の範囲に限定して議論する
- ▶ 以下のような情報をリアルタイムに管理する
 - ▶ 車両や歩行者の現在位置と移動状況
 - ▶ 交通状況(信号の現示, 渋滞, 事故など)
 - ▶ 道路情報(道路地図, リスクマップ)

自動運転におけるダイナミックマップの必要性

- ▶ 自己位置推定
- ▶ 周辺認識(ダイナミックマップによる周辺情報の統合)
- ▶ 走行計画, 協調走行計画(他車両との調停など)

ローカルダイナミックマップ (LDM) の概念図

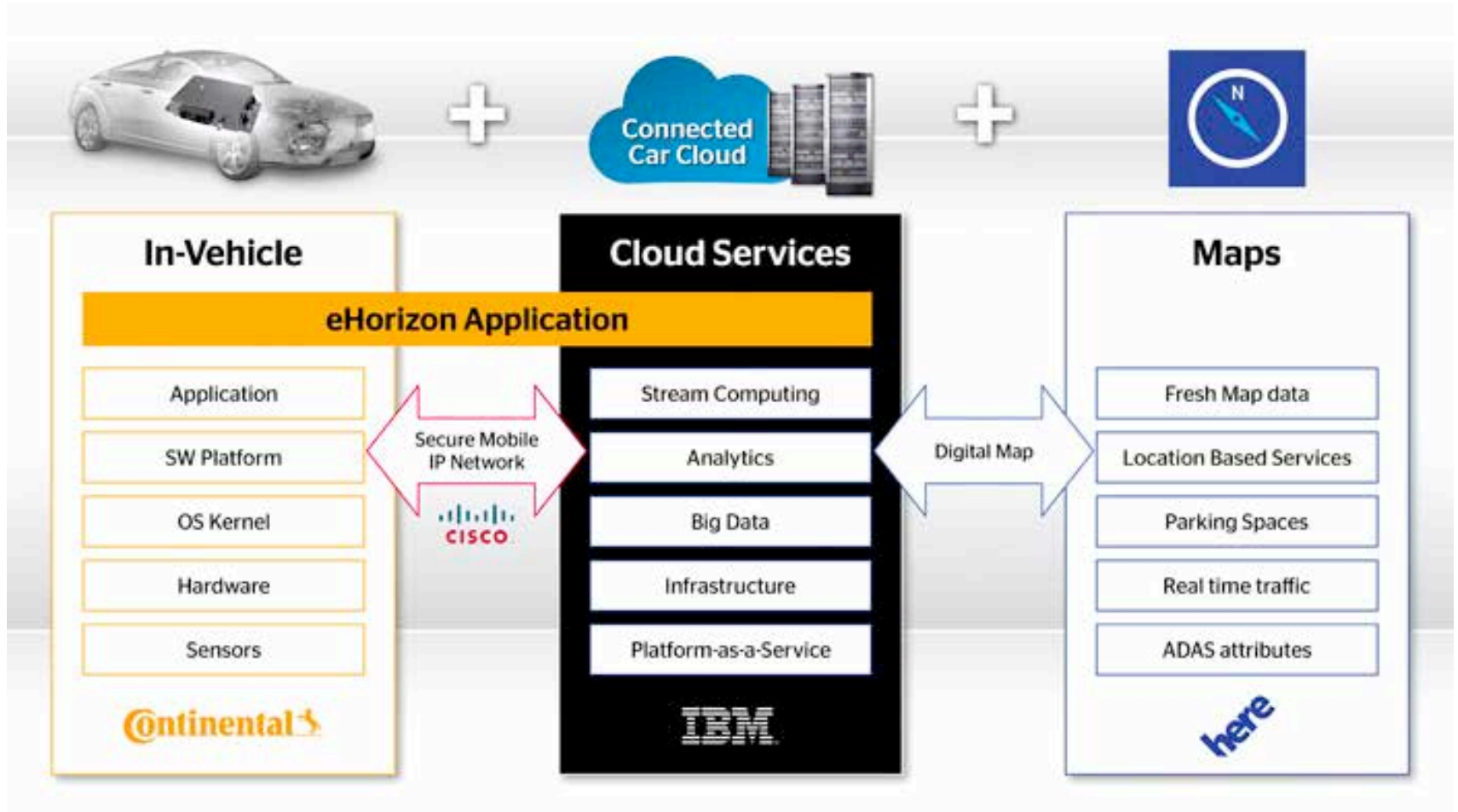


ダイナミックマップの研究開発状況

- ▶ 国際的状況
 - ▶ ETSI・ISOにおけるLDM (Local Dynamic Map) の標準化
 - ▶ HEREによるHD Live Map
 - ▶ Continental (等) による (dynamic) eHorizon
 - ▶ 何をやっているかわからないGoogle
- ▶ 国内における状況
 - ▶ SIP-adus (戦略的イノベーション創造プログラム 自動走行システム) による取り組み
 - ▶ ダイナミックマップ基盤企画 (株) の設立
 - ▶ ITS Japan 自動運転研究会 ダイナミックマッププラットフォーム検討SWGの発足
 - ▶ 名古屋大学を中心とした取り組み (Cloudiaコンソ, 名古屋COI, ダイナミックマップ2.0コンソ)

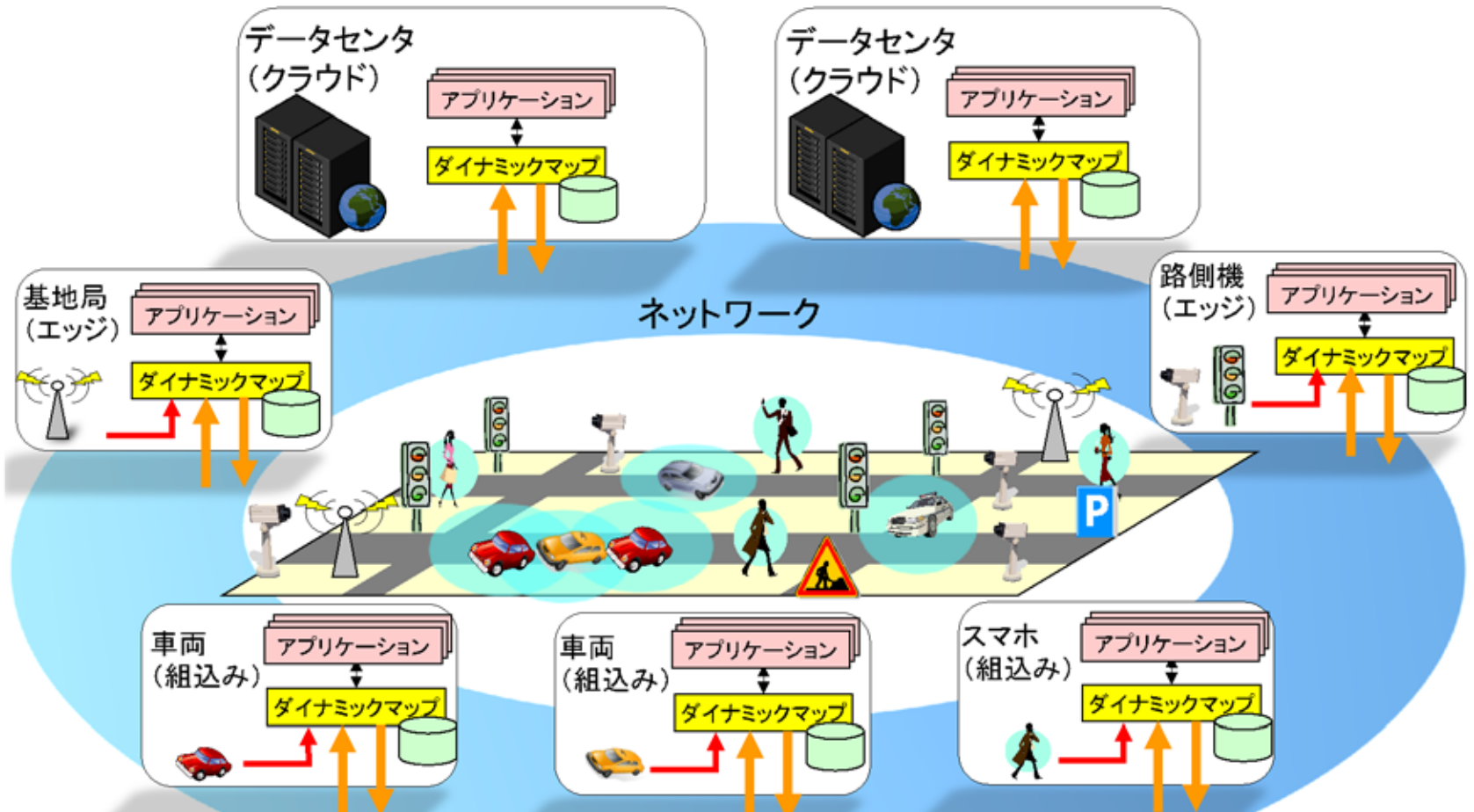
コンチネンタル等によるeHorizon

- ▶ 車載とクラウドの連携によるアプリケーションの実現



<http://autoprove.net/2015/07/61888.html> より

ダイナミックマップ2.0の全体像



ダイナミックマップは、地図上に動的な情報を重畳させた論理的なデータの集合

- 動的な情報はローカルなセンサからだけでなく、ネットワーク経由で送受信される
- ダイナミックマップを必要とするアプリケーションは、組み込み、エッジ、クラウドに存在

自動運転システムのための車載SPF

当面は戦国時代？

- ▶ まだ要求が明確とは言えない
 - ▶ 自動運転のシステムアーキテクチャやアルゴリズムがまだまだ競争領域で、変化する余地が大きい
- ▶ これからの競争で標準が決まっていく
 - ▶ 第1世代の製品は、標準を気にしている余裕がない？

現時点の有力候補

- ▶ ROS (Robot Operating System)
 - ▶ 研究開発用としては最有力・製品への適用は？
 - ▶ ROS2.0 (リアルタイム性を確保) の開発も開始
- ▶ AUTOSAR Adaptive Platform ... 次に紹介
- ▶ Googleは？ (Android Automotive ?)
- ▶ その他にも選択肢が出てくるだろう

AUTOSAR Adaptive Platform

従来のAUTOSAR仕様

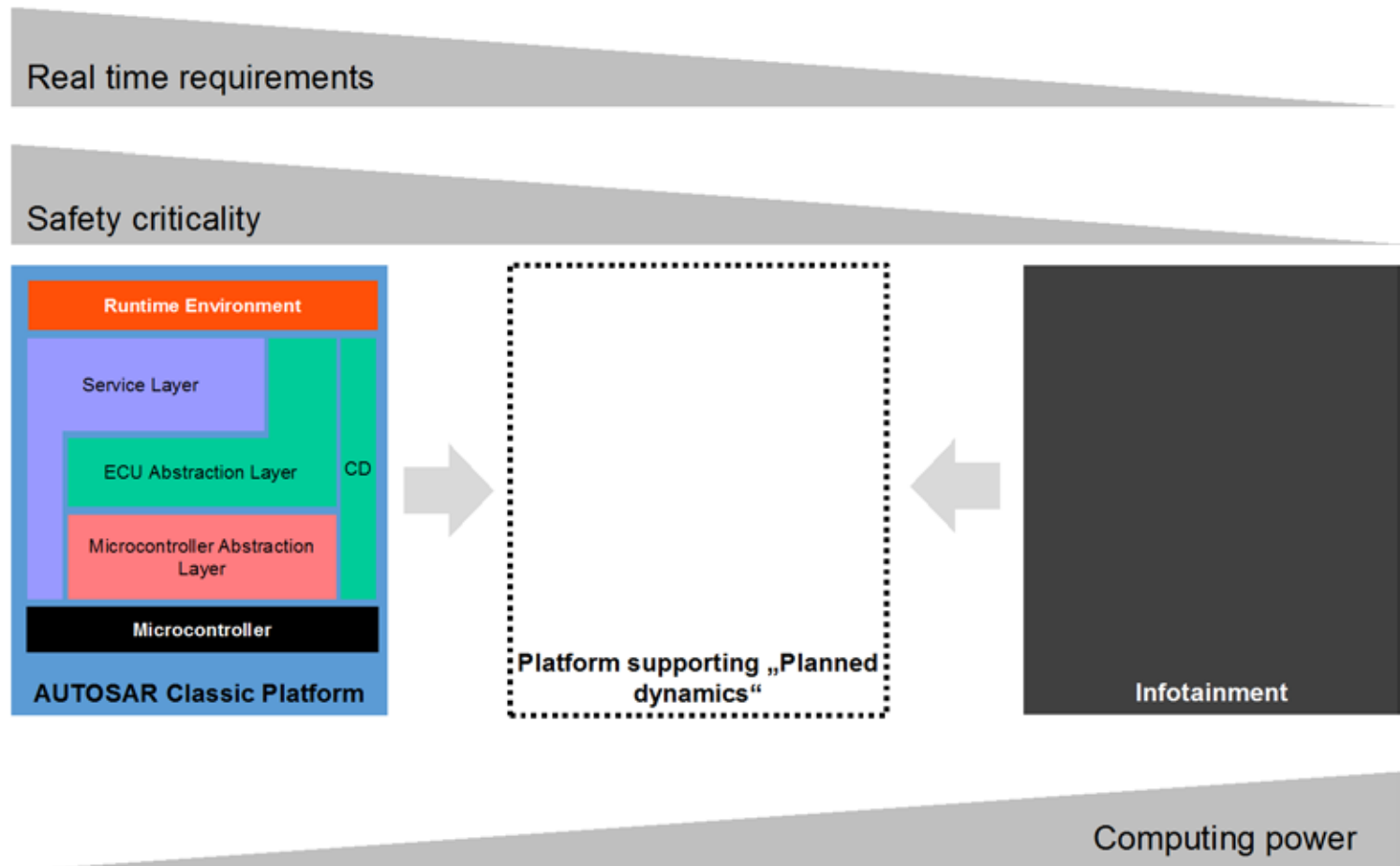
- ▶ システム構成はすべて設計時に決まる(静的である)ことを想定
 - ▶ 静的な実行モデル(周期実行が基本)
 - ▶ 静的な通信関係
- ▶ 従来の仕様は, AUTOSAR Classic Platformと改名
 - ▶ Classicと言っても「古い」という意味ではなく, 今後も引き続き使い続けられる

自動運転 / ADASにおける要求 / 背景の変化

- ▶ 多くのものと「つながる」ように
 - ▶ 静的な「つながり」だけで良いのか?
- ▶ 一方, 計算能力や通信容量は急拡大
AUTOSAR Adaptive Platformの策定

AUTOSAR Adaptive Platformの位置付け

- ▶ Planned dynamics : 静的と動的の中間



M. Bechter: “AUTOSAR Adaptive Platform”, 8th AUTOSAR Open Conference 2015より

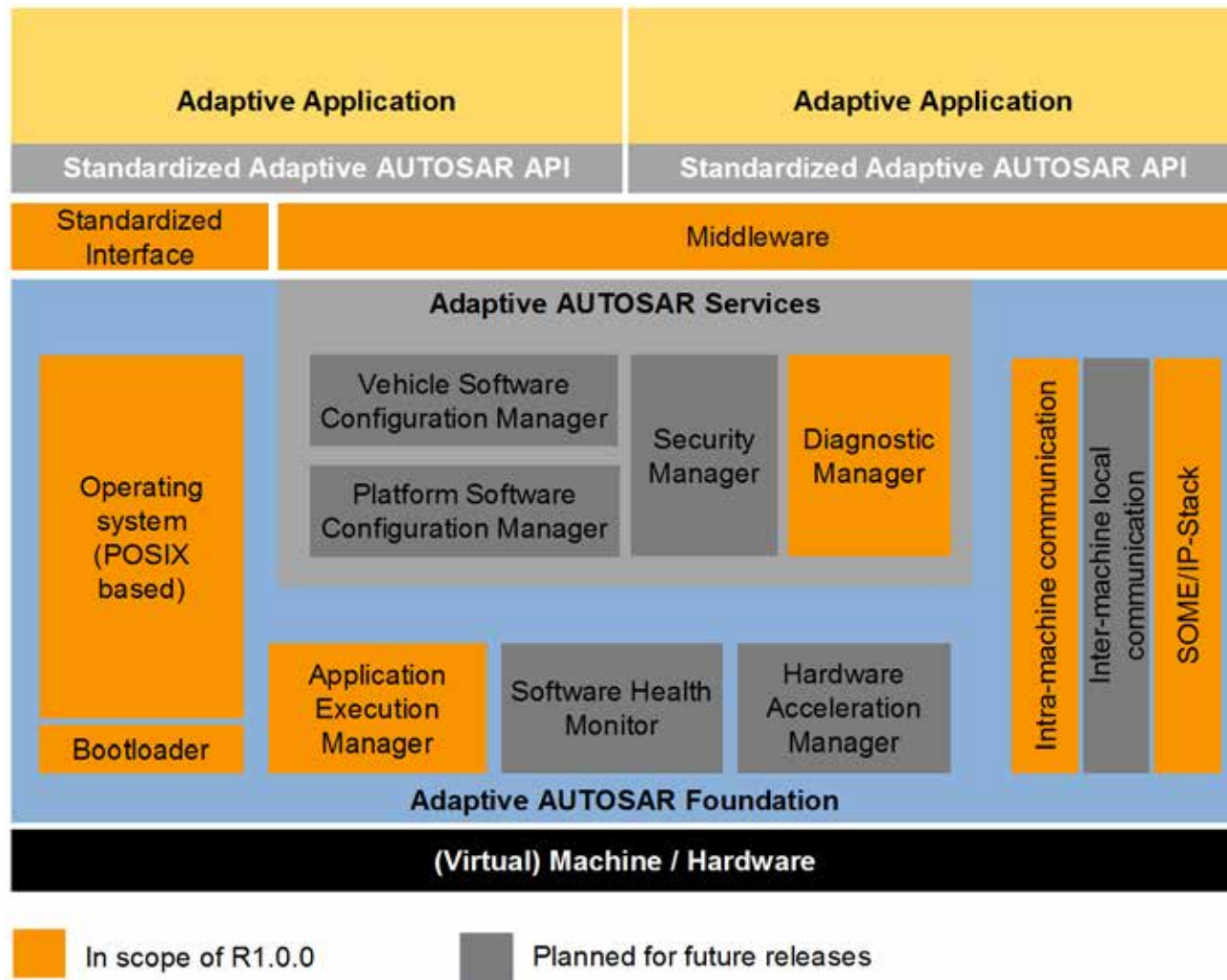
AUTOSAR Adaptive Platformの性質

- ▶ 実行時のコンフィギュレーションをサポート
- ▶ サービス指向通信
- ▶ 部分的なアップデート
- ? ニーズがどの程度具体的にになっているか疑問

AUTOSAR Adaptive Platformの策定アプローチ

- ▶ 既存の(車載分野以外の)規格を活用
 - ▶ 車載でのユースケースやプロトコルをサポート
- ▶ 標準化を加速するため,仕様策定とリファレンス実装の開発を並行に進める(AUTOSARのビジネスモデルの変更?)
- ▶ Classic PlatformとAdaptive Platformの共通事項は, AUTOSAR Foundation(AF)として切り出す

AUTOSAR Adaptive Platformのアーキテクチャ



M. Bechter: “AUTOSAR Adaptive Platform”, 8th AUTOSAR Open Conference 2015より

Release 1.0.0の内容(計画中)

- ▶ OSとミドルウェアの標準API(RTEは無い)
- ▶ OS(POSIXベース, PSE51?)
 - ▶ リファレンス実装はLinux(+リアルタイム拡張?)
- ▶ ブートローダ
- ▶ アプリケーション実行マネージャ
- ▶ ダイアグノスティックマネージャ
- ▶ マシン内通信
- ▶ SOME/IPスタック
- ▶ 構成はまだまだ流動的(最新資料では少し変わっている)

リリース予定

- ▶ 2017年第1~2クオータ

午後の部では

車載制御システム向けSPFの動向とAUTOSAR

- ▶ 車載制御システム向けSPFのこれまでと動向
- ▶ AUTOSARの技術的課題
- ▶ AUTOSAR SPFの利用状況・市場動向
- ▶ 今後の予測と我々の問題意識

NCESにおけるコンソーシアム活動

APTJの取り組み

- ▶ APTJの設立経緯，目指す姿，強み
- ▶ APTJの性格と位置付け，エコシステム
- ▶ APTJの活動計画（第1フェーズ）

おわりに

- ▶ オープンイノベーションとプラットフォーム