

ITS通信システムアーキテクチャの策定^{*1}

Development of the ITS Communication System Architecture

鈴木 尋善^{*2}

Hiroyoshi SUZUKI

1. はじめに

日本においてはVICSやETCの普及、DSRC応用サービスの開始や、IT新改革戦略対応としての協調型安全運転支援システム実用化への実証実験等の総合的な取り組みの開始など、ITSの状況では世界的にトップレベルにある。また、欧米においても、路車間・車車間通信を用いた安全システムを主体に、効率、快適、環境等にも資するシステムの開発が精力的に進められつつある。

今後のITSでは、統合的な車載器で安全、効率、快適、環境等の様々なサービスをメディアフリーに利用できるITS通信システムの提供が求められているが、通信とアプリケーションの密接な連携をはかる上で、システム全体の機能構成を見渡せるITS通信システムアーキテクチャ（ITS通信SA）はシステム開発の基盤として重要な役割を示すものである。

ITS通信SAは、人・車・道路間の全ての通信路を含むことが理想ではあるが、今年度は当面最大の課題である路車間・車車間の統合に焦点を絞りアーキテクチャの策定を行った。

なお、本研究は2006年度のITSの規格化事業として経済産業省より受託し、東京大学森川教授を委員長とする分科会を組織し実施したものである。

2. 路車・車車間通信利用アプリの調査と整理

ITS通信SAの構成要素を抽出、分析するためのユースケースを安全、効率、快適、利便などの様々なアプリケーションに対応させるべく、まず、現在日本および欧米において検討、開発中の各種の路車間・車車間通信利用のプロジェクトの動向

を調査し、アプリケーションを抽出した。図1、図2に各々、日本および欧州における路車間・車車間通信を用いた協調プロジェクトを示す。

抽出アプリは以下のように分類、整理し、各アプリケーションの、概要、通信経路（路車・車車）、通信時の車両の一般状態を規定した。

*安全系サービス：

5種別（進行経路前方、交差点、分合流、隊列、緊急時）、16アプリ

*効率・快適・利便系サービス：

5種別（運転支援、予約・決済、管理、情報提供、WEB・メール閲覧）、19アプリ



図1 日本における路車・車車協調プロジェクト



図2 欧州における路車・車車協調プロジェクト

3. ITS通信SA策定用ユースケースの設定

2章で分類・整理したアプリケーションやその組合せを基に、ITS通信SAの構成要素を抽出するためのユースケースを設定した。

* 1 原稿受理 2007年 8月28日

* 2 (財)日本自動車研究所 ITSセンター

ユースケースはSAの構成要素の抽出のための、安全応用を主体とした主に単独のアプリケーションからなる具体要素分析用ユースケースと、複数のアプリケーションの組合せからなり、安全と利便など緊急度の異なるアプリや緊急度が同程度の複数の安全アプリの切替え等をおこなう制御・管理機能分析用ユースケースの以下の異なる2種類のユースケースを設定した。具体要素分析用ユースケースは類型化した安全運転支援系、効率・快適・利便系サービスの内、様々なプロジェクトで取り上げられている代表的なアプリケーションを選定した。

- * 具体要素分析用ユースケース：9ユースケース
(安全運転支援サービス；6ユースケース、及び効率・快適・利便サービス；3ユースケース)
- * 制御・管理機能分析用ユースケース：4ユースケース「路車間（車車間）での安全運転支援サービス中の、車車間（路車間）での別の安全運転支援サービスの割り込み」等

各ユースケースにおいては、様々な情報の検出、提供、経路を設定すると共に、通信機もメディアの同時受信が可能/不可能な場合等、複数のシナリオを設定した。

図3に具体要素分析用ユースケースの内「進行経路前方：渋滞末尾・停止車・低速車情報提供支援」ユースケースの構成図を、また図4に制御・管理機能分析用ユースケースの内「広域の路車間通信中での狭域の路車間or車車間通信の割り込み」ユースケースの構成図を示す。図中、A～Eの記号は、車から車（A）、路から車（C）等通信の経路を示している。

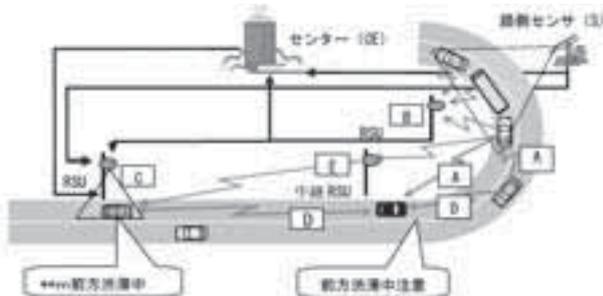


図3 機能要素抽出・分析用ユースケース例

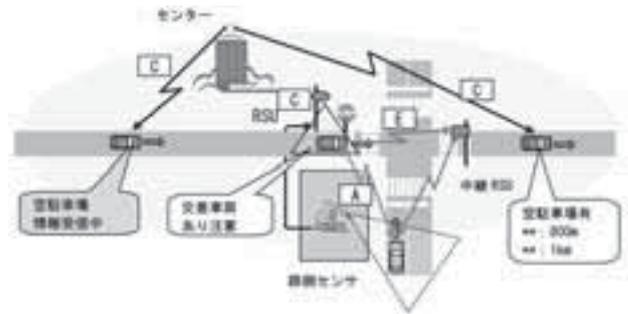


図4 制御・管理機能抽出・検証用ユースケース例

4. アーキテクチャ要素の分析と整理

設定した計13のユースケースに基づき、各ユースケースにおける通信の実現のためにどのような事項が関連するかを検討し、各関連事項を分析し構成要素の抽出を行って、「ITS通信システムの機能要件を構成し、または機能要件に影響を与える基本的にそれ以上抽象化できない技術的、物理的な具体要素」として約100の“小分類項目”を抽出した。

これら“小分類項目”は「サービスを実現するにあたって必要とされるITS通信システムの主要な機能要件項目」とした24の“中分類項目”に整理するとともに、「ITS通信サービスを行うITS通信システムの特徴を整理・記述する基本項目」として表1に示す5つの“大分類項目”に再整理した。

表1 ITS通信SAを構成する基本的要件（大分類項目）

大分類項目	定義
情報	伝達する情報の量・取り扱いに関する機能要件項目。
空間	情報を伝達する空間に関する機能要件項目。
品質	伝達する情報の品質保持に関する機能要件項目。
対象	情報を伝達する対象に関する機能要件項目。
他との関係	伝達する情報の相互運用・相互接続に関する機能要件項目。

5. ITS通信SAの策定

5.1 ITS通信SA構成要素の機能定義

ITS通信SAの構成要素である中分類項目、小分類項目につき、その意味を明確にするために、各項目の定義文を作成した。

表2に中分類項目までの名称と各中分類項目に属する小分類項目数を記したSA構成要素の一覧表を示すと同時に、表3にSA構成要素の定義文一覧表の一部を示す。

表2 ITS通信SA構成要素一覧表

大分類	中分類	小分類項目数
情報	無線通信方式	6
	通信回線	4
	通信周期	1
	通信情報蓄積制御管理	4
	通信リソース管理	5
	複数同時通信制御	2
	情報の鮮度管理	2
空間	送信エリア	4
	受信エリア	3
	通信エリア拡大	2
品質	リンク確立	2
	セキュリティ管理	5
	遅延	4
	干渉	4
	伝送状態監視	2
	誤り制御	4
	再接続処理	2
対象	通信元管理 (通信の対象)	6
	通信先管理 (通信の対象)	6
	通信経路管理	8
	通信切替制御	5
	通信形態	5
他との関係	相互接続性	6
	優先制御管理	6

5.2 ITS通信SA構成要素相互間の関係

中分類項目間、小分類項目間相互の関連表を作成するとともに、制御・管理機能を含む中分類項目について関連項目とその入出力関係を示した。

表4にSA構成要素関連一覧表の一部を示す。表中、塗りつぶし部は中分類項目間の関連を、 は同じ中分類項目間の小分類項目間の関連を、 は異なる中分類間の小分類項目間の関連を示している。

5.3 構成要素のOSI参照モデルへの展開

整理した構成要素を通信のOSI参照モデルと対比して整理するため、各具体要素(小分類項目)がOSIレイヤの何れのレイヤに相当する機能であるかを検討し、下位層としてL1(物理層)~L2(データリンク層)、中位層としてL3(ネットワーク層)~L6(プレゼンテーション層)、及び上位層としてL7(アプリケーション層)の3層に分けて割り付け、OSI参照モデル上でのITS通信SAの構造を明らかにした。

表3 構成要素の機能定義一覧表(抜粋)

項目名	定義(案)
情報	伝達する情報の量・取り扱いに関する機能要件項目。
無線通信方式	無線通信の基本的な方式:情報を伝達する空間、情報の伝達量、伝達の品質を基本的に左右する無線通信の物理パラメータ。
変調方式	情報信号による搬送波の変調の方式:伝送しようとする情報を表す信号により、搬送波に変化を与え情報を伝送路に適した形に変える処理の方式。変調の形式により、振幅変調、周波数変調、位相変調、振幅位相変調、PCM変調等がある。
周波数	通信に使用する搬送波の周波数。
周波数帯域	通信に使用する信号周波数の幅:「バンド幅」「帯域幅」とも言う。データ通信は周波数の範囲が広ければ広いほど転送速度が向上することから、「通信速度」とほぼ同義として用いられることもある。
通信速度	アプリケーションが実効的に利用できる単位時間当たりの通信可能なデータ量(L7レベルのコネクションにおける実効速度)。
伝送速度	通信メディアが伝送可能な単位時間当たりのデータ量(L1orL2レベルのコネクションにおける実効速度)。1秒間に伝送されるビット数を表す信号速度(Bit rate)、1秒間に伝送される符号単位の数(Baud rate)、単位時間に転送されるパケット、ブロック、キャラクタ等の個数を表す転送速度(ex Packet rate)などがある。
同期	送受信にずれが生じないよう、送信側・受信側双方において同一の時刻、周波数に合わせてタイミングを取って通信を行う方法、及びそのための制御。
通信回線	通信チャンネルの設定、利用方法:情報を伝達する通信路での情報伝送容量を左右するデータ伝送の方式。
多重化方式	TDMA、FDMA、CDMA等の多重アクセス方式:一つの伝送路で複数の情報を送る方式で、多重通信方式、多重伝送方式とも言う。間欠送信多重化(PAM)、時分割多重化(TDM)、周波数分割多重化(FDM)、符号分割多重化(CDM)などの方式がある。また、複数の送信・受信アンテナを用いて空間多重伝送を行なうMIMOも多重化方式に位置づける。
データ通信方式(伝送モード)	伝送の方向性や回線の伝送モード(単方向、半二重、全二重):一定方向にしか送信されない単方向(Simplex)モード、一つの通信路で送信側と受信側がデータの伝送を交替で行う半二重(Half-Duplex)、同時に両方向の伝送が可能な全二重(Full-Duplex)モードがある。
チャンネル数	1つの無線通信システムにおいて同時に利用できるチャンネル数。
接続数	1つの無線通信システムにおいて同時に接続が可能なコネクション数。

表4 構成要素間関連一覧表(抜粋)

		情報																								
		無線通信方式			通信回線				通信周期		通信情報蓄積管理		通信リソース管理			複数同時通信制御		情報の鮮度管理								
		変調方式	周波数	周波数帯域	通信速度	伝送速度	同期	多重化方式	データ通信方式(伝送モード)	チャンネル数	接続数	通信周期	蓄積情報管理	蓄積情報制御	通信情報蓄積	情報重複管理	通信メディア管理	通信チャンネル管理	通信キャッシュリソース管理	アプリリソース管理	利用制限	複数メディア同時通信	複数チャンネル同時通信	情報有効期限管理	通信情報棄却	
情報	無線通信方式	変調方式		○	○	○			●	●																
		周波数		○	○	○				●	●															
		周波数帯域	○	○	○	○		●	●	●																
		通信速度	○	○	○	○					●										●					
		伝送速度	○	○	○	○					●										●					
		同期	○		○			●		●																
	通信回線	多重化方式			●		●	○	○	○													●			
		データ通信方式(伝送モード)						○	○	○													●			
		チャンネル数	●	●	●			○	○	○													●			
		接続数	●	●	●	●	●	○	○	○													●			
	通信周期	通信周期																								
	通信情報蓄積制御管理	蓄積情報管理											○	○	○				●					●	●	
		蓄積情報制御										○	○	○					●					●	●	
		通信情報蓄積										○	○						●					●	●	
		情報重複管理										○	○						●					●	●	
	通信リソース管理	通信メディア管理																○	○	○			●			
		通信チャンネル管理																○	○	○			●			
		通信キャッシュリソース管理											●	●	●	●	○	○	○	○						
		アプリリソース管理																	○							
	利用制限				●	●												○	○	○			●	●		
複数同時通信制御	複数チャンネル同時通信						●	●	●	●								●				●				
	複数メディア同時通信																	●				●				
情報の鮮度管理	情報有効期限管理											●	●	●	●									○		
	通信情報棄却											●	●	●	●									○		

図5に構成要素のOSIレイヤ上への割付一覧表の一部を示す。図中、縦長囲いが中分類項目を、中の小囲いが小分類項目を示している。小分類項目はその機能上OSIレイヤの複数の層にまたがって存在する場合がある。

ITS通信SAは上記、構成要素の定義一覧表、要素間関連一覧表、OSIレイヤ上割付一覧表の3点

で構成される。かかる一覧表は実際にITS通信システムを構築する上で活用できるものであるが、一見してITS通信SAの構成を理解するうえでは複雑に過ぎるため、ITS通信SAの構成図を様々な説明目的に合致するよう数例用意した。この一例を図6に示す。

大分類	他の層係	対象				情報			
L7	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	
L3~L6	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	
L1~L2	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	<ul style="list-style-type: none"> 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 通信制御機能 	

図5 構成要素のOSIレイヤ上割付一覧表(抜粋)

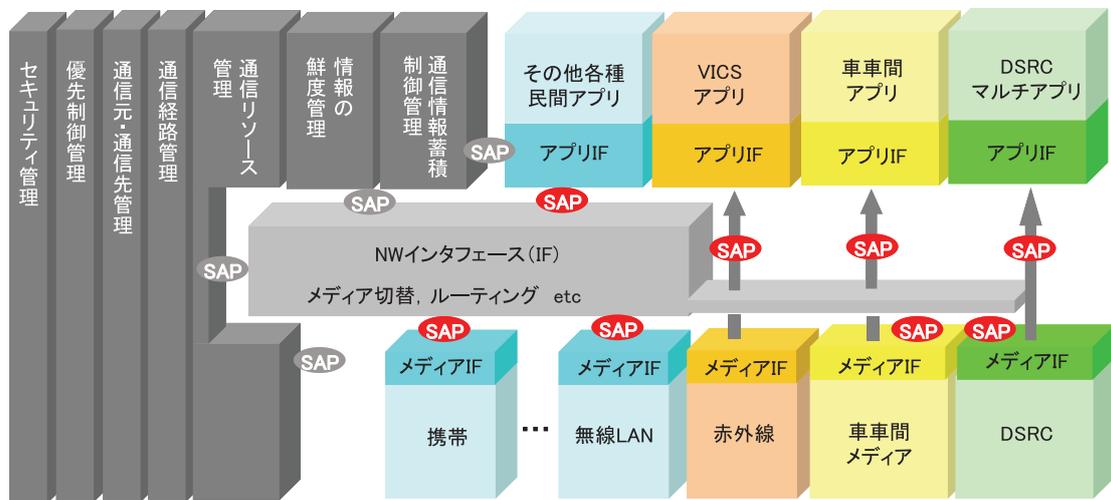


図6 ITS通信システムにおける制御・管理機能

図6はITS通信システムにおける通信SAの制御・管理機能の関連を示しており、ITS通信SAは通信元・通信先管理機能、通信経路管理機能、優先制御管理機能、情報蓄積制御管理機能、情報の鮮度管理機能、セキュリティ管理機能の各管理機能が連携して、通信やアプリの実行を制御している点に特徴があることが示されている。

6. 今後の課題

ITS通信SAの策定により、ITS通信システムに関係するユーザ、サービス事業者、インフラ提供者、自動車メーカー、車載器メーカー等さまざまなエンティティ間で“統一した言葉”が使えるようになり、その必要機能や技術的課題の整理が容易になると

共に、議論の容易化や問題意識の共有化をはかることが可能となった。

今後、ITS通信SAをこれら各エンティティや関連機関等に紹介、宣伝し、その活用を図ると共に、これら関係者の意見も入れ、現在開発や実験が進む実際のITS通信システムを用いて本SAを評価し、ブラシアップしてより実用的なSAにしていくことが重要である。

さらに、ITS通信SAの特徴であり、路車間・車車間通信の統合化にとって重要な課題である、優先制御管理、情報の鮮度管理、通信情報蓄積制御管理等の管理機能につき機能の具体化を進める必要がある。