

第2章 ITS 安全運転支援無線システムの在り方

2.1 車車間通信と路車間通信の共用

ITS安全運転支援無線システムは、見通しの悪い交差点などで、車両同士が情報をやり取りする無線通信によって安全運転を支援する車車間通信システム、インフラからの情報(信号機情報、規制情報、歩行者情報など)を路側機から車両に対し、電波による無線通信を介して安全運転を支援する路車間通信がある。

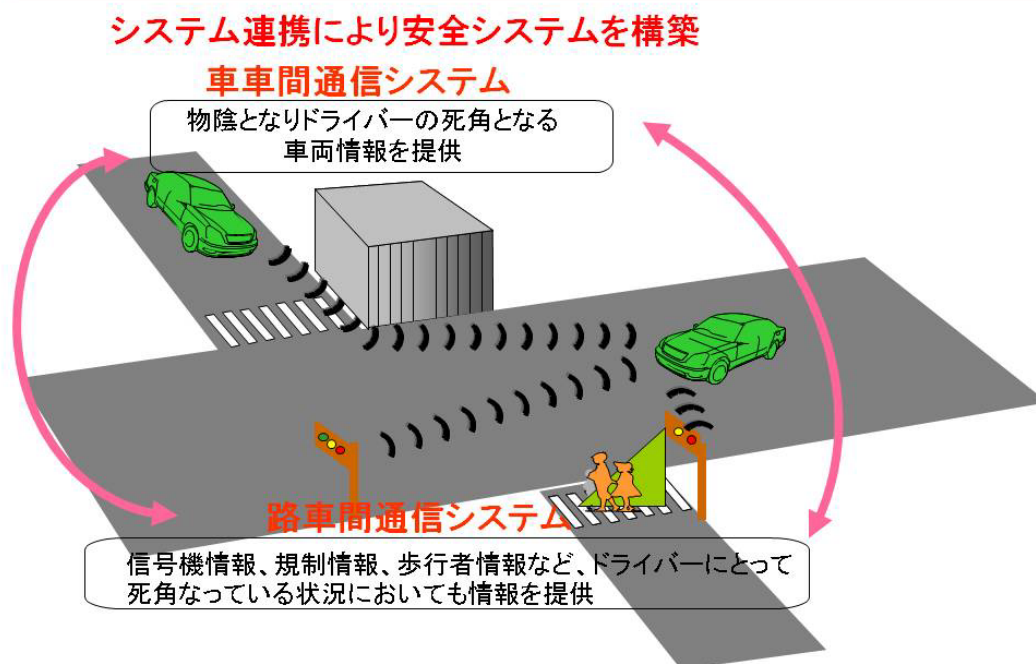


図 2.1-1 ITS 安全運転支援無線システムのイメージ

(1) 車車間通信システム

ア システムの概要

車車間通信とは、車両同士の無線通信により周囲の車両の情報(位置、速度、車両制御情報等)を入手し、必要に応じて運転者に安全運転支援を行うシステムである。

イ システムの特徴

車車間通信は、ITS 安全運転支援無線システムの車載器が搭載されている車両同士の情報交換によりサービスが受けられるもので、インフラ設備(路側機等)の整備されていない不特定の場所でサービスの享受が可能である。したがって、インフラ設備の設置が難しい場所でもサービスが受けられる利点がある。

ウ 実現に向けた課題

車車間通信システムは、車両同士の無線通信によりサービスが受けられるもので

あり、自車に車載器が搭載されていても、近くにいる他の車両が車載器を搭載していなければ、サービスを受けることができない。したがって、車両への車載器の普及が進まないとサービスの機会が限定的となる。

(2) 路車間通信システム

ア システムの概要

路車間通信とは、車両とインフラ設備(路側機等)との無線通信により、車両がインフラからの情報(信号情報、規制情報、道路情報等)を入手し、必要に応じて運転者に安全運転支援を行うシステムである。

イ システムの特徴

路車間通信は、インフラ設備(路側機等)のある場所では、インフラからの情報を受けることにより、運転者がサービスを受けることが可能である。

ウ 実現に向けた課題

路車間通信は、インフラ設備(路側機等)と車両との通信であるため、インフラ設備の整備が必要であるが、一気にインフラ設備の整備が進むのは困難であることから、初めは、特定の場所でのサービスに限定される可能性がある。

(3) システムの共用について

車車間通信と路車間通信のシステム概要をまとめたものを表 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 システム概要

	車車間通信	路車間通信
概要	車両同士の無線通信により周囲の車の情報(位置、速度、車両制御情報等)を入手し、必要に応じて運転者に安全運転支援を行う	車両と路側機との無線通信によりインフラからの情報(信号情報、規制情報、道路情報等)を入手し、必要に応じて運転者に安全運転支援を行う
特徴	路側機の整備されていない不特定の場所でサービス提供が可能	路側設備のある場所で、サービス提供が可能
実現に向けた課題	自車に車載器が搭載されていても、他の車両への車載器の普及が進まないとサービスの機会が限定的	路側設備の整備が必要であり、一気に路側設備の整備が進むのは困難

車車間通信と路車間通信は、通信方式の区別やシステム構成等に違いがあるも

の、サービスを受ける運転者にとっては、その違いが意識されないものと想定される。そのため、ITS 安全運転支援無線システムの実用化に向けては、以下の理由から、車車間通信と路車間通信の共用が望まれる。

- ① 車車間・路車間通信が共用することでサービスを受ける機会が増加する(ユーザがサービスを受けるに当たり車車間通信及び路車間通信という通信方式の区別は重要ではない)。
- ② 車載器としては、一つの車載器で車車間・路車間通信が利用できれば、システム構成の合理化、コストパフォーマンス向上等の観点からメリットがある。

以上のとおり、ユーザメリット拡大、システム構成の合理化、コストパフォーマンス向上等の観点から、車車間通信及び路車間通信の共用可能なシステムとすることが適当と考えられる。

2.2 安全運転支援無線システムに求められる周波数特性

現在、ITS 安全運転支援無線システムで利用が想定される周波数帯は、①アナログテレビジョン放送の跡地であり、2012 年 7 月から利用可能となる 700MHz 帯(715MHz～725MHz)、②既に ITS 用途として割り当て済みである 5.8GHz 帯(5770MHz～5850MHz)がある。

(1) 700MHz 帯の概要について

ア 電波の特徴

700MHz 帯は、現在、TV 放送(アナログ、デジタル)で利用されており、また、近い周波数帯(800MHz 帯)で携帯電話システムとしても利用されているように、電波の回り込みが可能であり、ビル影、大型車後方等の見通し外を含めた広範囲で利用可能である。

特に、見通し外の交差点における出会い頭衝突事故の防止への実現に適した周波数帯である。

イ 実現に向けた課題

700MHz 帯は、車車間通信に適した周波数であるが、以下の課題があり、今後の検討が必要である。

- ① 電波の回り込み特性があるが、一方、電波が飛び過ぎるため、車車間通信システムの相互干渉回避が必要である。
- ② 車載アンテナ地上高のような低い地上高伝搬路での無線サービスの実施例が少なく、電波伝搬特性の把握が必要である。また、隣接周波数システムとの干渉が発生する可能性があり、その回避が必要である。

(2) 5.8GHz 帯の概要について

ア 電波の特徴

5.8GHz 帯は、電波の直進性が強く、ビル影、大型車の後方等の見通し外には、電波が回り込みにくい。

イ 実現に向けた課題

5.8GHz 帯は、以下の課題があり、今後の検討が必要である。

- ① 車車間通信に使用する場合、路車間通信システム(ETC 等)を含む干渉回避が必要である。
- ② 車載アンテナ地上高のような低い地上高伝搬路での無線サービスの実施例が少なく、電波伝搬特性の把握が必要である。

(3) 周波数の利用について

上述の周波数帯の特性比較を、表 2.2-1 に示す。

表 2.2-1 周波数の特性比較

	700MHz 帯	5.8GHz 帯
電波の特徴	電波の回り込みがあり、ビル影、大型車の後方等見通し外にも回りこむ	電波の直進性が強く、ビル影、大型車の後方等見通し外には回り込みにくい
通信距離 ※1	～数百 m 程度	～数十 m 程度
伝送速度	10Mbps 程度※2	4Mbps※3
実現に向けた課題	・電波が飛びすぎるため、車車間通信システムの相互干渉回避が必要 ・電波伝搬特性の把握や隣接システムとの干渉回避が必要	・車車間通信に使用する場合、路車間通信システム(ETC 等)との干渉回避が必要 ・電波伝搬特性の把握が必要
通信特性	・見通し外の通信を行うのに適当	・狭域への通信に適当 ・見通し外の通信も可能だが、一定基準の通信特性を得るには、パケットの連送やマルチホップ転送が必要

※1: 見通し外の交差点における車車間通信を想定した場合

※2: ITS 無線システムの高度化に関する研究会作業班資料より

※3: 5.8GHz 帯を用いた車車間通信システムの実験用ガイドライン(ITS FORUM RC-005)より

ITS 安全運転支援無線システムで利用される周波数帯について、見通し内通信については700MHz帯及び5.8GHz帯の両周波数帯で可能であるのに対し、車車間通信で実現が期待される見通し外通信を行うには、700MHz帯の利用が適している。また、前節で述べたように、ITS 安全運転支援無線システムにおける車車間通信と路車間通信は、共用可能なシステムとすることが適当である。そのため、車載器のコスト低減や普及等の観点から700MHz帯を用いて車車間通信と路車間通信の共用を図ることが望ましい。したがって、車車間通信を利用するITS 安全運転支援無線システムで用いる周波数帯は、2012年から利用可能となる700MHz帯を優先して実用化のための検討を進めることとする。

なお、5.8GHz帯については、現在、ETCや駐車場入出管理等DSRC方式による路車間通信を使ったサービスが展開されており、今後、高速道路などにおいても同方式による路車間通信を用いた安全運転支援サービスが提供される見込みである。したがって、DSRC方式による路車間通信を活用したサービスの2009年度からの全国展開を円滑に進める観点から、当面は現行の技術基準を維持することとする。

(参考)車車間通信実験結果について

平成 20 年度に総務省・国土交通省において以下の通り共同実験が実施された。

<概要>

日程： 10/19～10/24(5.8 GHz 帯)、10/27～10/31(700 MHz 帯)

場所： 日本自動車研究所(つくば市)構内模擬市街路

実験内容： 交差点(1つ角)におけるN:N通信実験

(受信電力、パケットエラーレート)

本実験では、テストコースに模擬的に交差点(1つ角)を構築し、そこへ複数の車両を配置し、車車間通信を実施した。実験結果については、送信車両と受信車両との間の受信電力及びパケットエラーレートにより評価を行っている。

実験システムの車両配置を図 2.2-1 に示す。

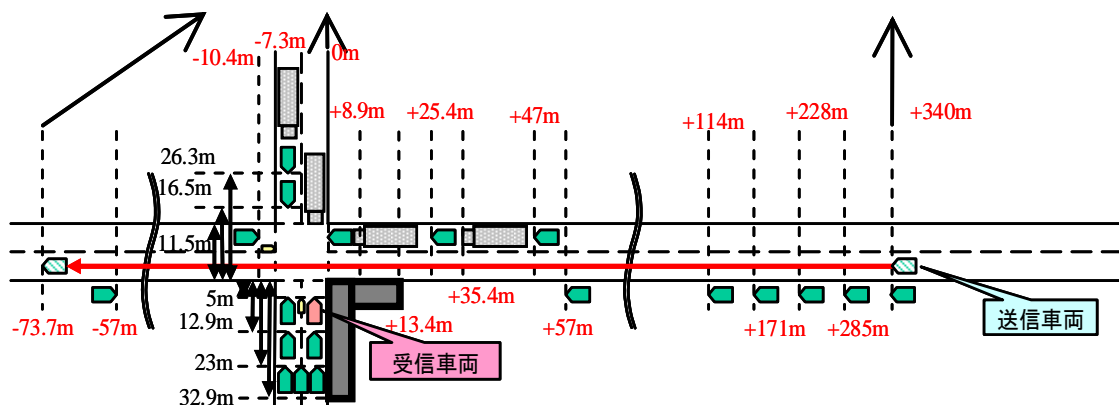


図 2.2-1 実験システム車両配置例

1つ角の見通し外交差点を模擬した環境において、交差点から 5m の距離に受信車両を配置した場合の出会い頭衝突を想定した実験結果の一例を示す。700MHz 帯を用いた車車間通信については、パケット到達率 95%とした場合に交差点から 180m 程度の通信距離が確認された(図 2.2-2 参照)。また、5.8GHz 帯を用いた車車間通信については、パケット到達率 95%とした場合に交差点から 50m 程度の通信距離が確認された(図 2.2-3 参照)。

なお、安全運転支援システムに用いる車車間通信の通信要件については、後述の第 4 章にあるとおり、車両が 10m 走行する間の累積した(積算)パケット到達率を 95%以上としている。

実験の測定結果を図 2.2-2、図 2.2-3 に、実験風景を図 2.2-4 に示す。

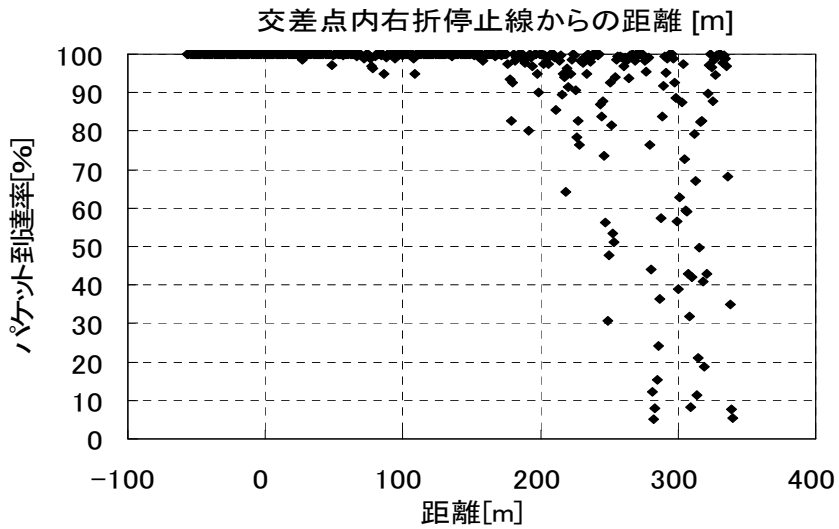


図 2.2-2 700MHz 帯測定結果

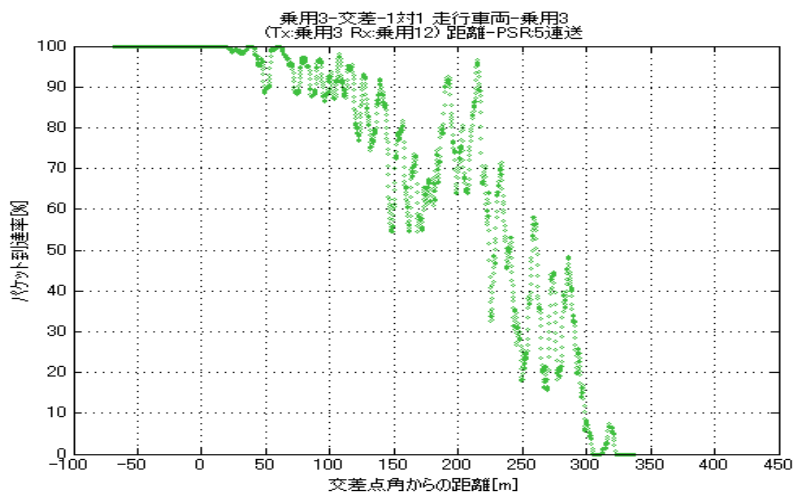


図 2.2-3 5.8GHz 帯測定結果



図 2.2-4 実験風景

2.3 無線システムの国際調和の方向性

我が国のITSは、安全運転支援のための通信方式について国際調和の視点から、大きく期待が寄せられている。

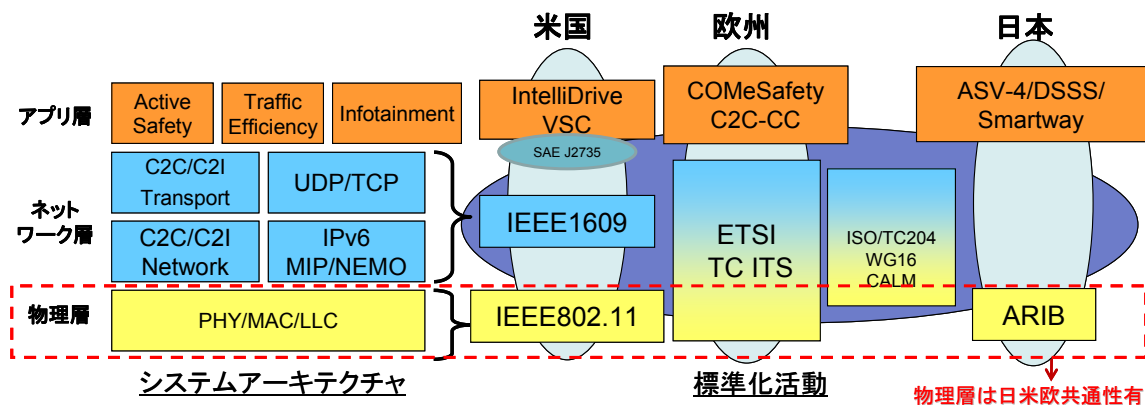


図 2.3-1 日米欧の標準化の状況

(1) 欧米における安全運転支援無線システムの連携

現在、欧米では 5.9GHz 帯を用いた安全運転支援システムの開発が進められている。図 2.3-1 は日米欧の標準化の状況をシステムアーキテクチャと標準化活動の視点からまとめたものである。

アプリケーション層については、日本、米国、欧州において各国の事情に合わせた形で独自に検討が進められている。一方、5.9GHz DSRC の下位層（ネットワーク層、物理層）は、北米で審議が進んでいる IEEE802.11p 及び IEEE1609 を欧州へ用いて標準化される形で検討が進められている。欧州の 5.9GHz DSRC については、ETSI TC ITS によれば、2009 年末までに標準化を終え、2012 年から 2015 年にかけて実展開を目指すこととしている。

(2) 欧米にて実用化が進められている方式との国際調和の考え方

日本では、現在、ITS 情報通信システム推進会議において 700MHz 帯を用いた車車間通信用実験ガイドライン(RC-006)が策定され、検討が進められている。本ガイドラインにおける通信方式として、変調方式を OFDM²²方式、アクセス方式を CSMA/CA²³方式としており、現在欧米において検討が進められている通信方式との共通性が図られている(表 2.3-1 参照)。

無線システムの基本的な通信方式は欧米と共通性が図られているが、国際競争力確保の観点から、可能な範囲で米国及び欧州において検討されている方式と調和を図ることが重要である。なお、方式の検討に当たっては、我が国で検討されている

²² OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing(直交周波数分割多重)

²³ CSMA/CA: Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance(搬送波検知多重アクセス/衝突回避)

アプリケーションに基づく要求要件を満たすことが重要である。

表 2.3-1 日米欧における無線システムの比較

	日本	北米	欧州
規格・委員会	RC-006	IEEE802.11p/1609.x draft	C2CCC/ETSI ES202 663 draft
使用周波数	715~725MHz	5.850~5.925GHz	5.875~5.905MHz(割当済分)
ch数	10MHz×1ch	10MHz×7ch (20MHz幅オプションあり)	10MHz×3ch(割当済分)
変調方式	直交周波数分割多重方式(OFDM)		
伝送速度	3~18Mbit/s	3~27Mbit/s(10MHz幅)／ 6~54Mbit/s(20MHz幅)	3~27Mbit/s
送信電力	20dBm(給電)	23~33dBm(EIRP)	
アクセス方式	CSMA/CA		
アクセス制御拡張	DCF (Distributed Coordination Function)	DCF 加えてPCF(Point Coordination Function)の扱いも検討中	
隠れ端末対策	検討中	RTS/CTSによる優先制御も使用可能	
時刻同期		GPSにより標準時刻(UTC)を取得し、TSF(Time Sync. Function)を使って同期	検討中
通信形態	単向同報通信 (ACKなしのブロードキャスト)	単向同報通信、一対多通信、単信一対一通信 (ACKなしのブロードキャスト、マルチキャスト、ACKありのユニキャスト)	
上位プロトコル	今後検討必要	WAVEプロトコル、IP	C2CCC独自、IP

(3) 国際調和の課題

前述の通り、ITS 安全運転支援無線システムの変調方式、アクセス方式については、日本、北米、欧州において共通性がある。一方で、日本においては隠れ端末問題、上位プロトコルなど、実用化に向けて検討すべき課題があることから、我が国で検討中の安全運転支援のためのアプリケーションに基づく要求条件を満たすことを前提として、可能な範囲で欧米において検討されている通信方式との調和を図り、国際標準であるITU-R 勧告やISO 化を目指すことが重要である。

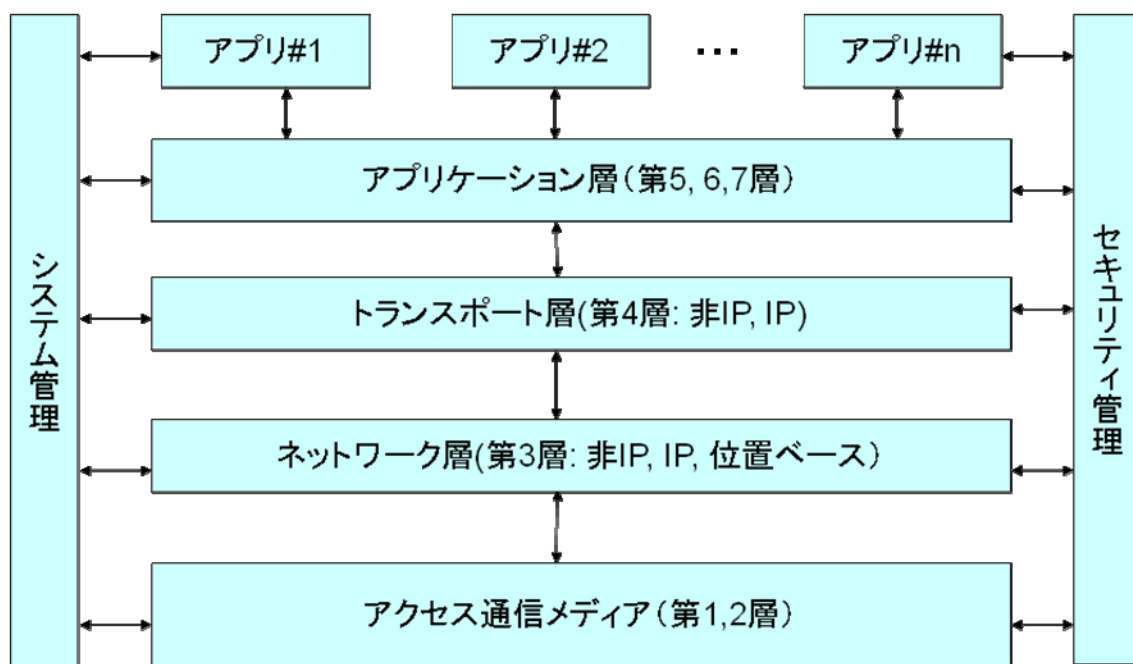
なお、欧米において検討されているシステムアーキテクチャについても、諸外国の動向を踏まえ、国際調和の観点から検討を進めていくことが重要である。

(参考)ITS 通信アーキテクチャの例

アーキテクチャとは、システムを構成する部品間の関係を示したシステム構成思想であり、一般的に通信システムは、機能ごとに複数の階層からなるモデルによってあらわすことができる。システムの全体構成を示すことで、広範なアプリケーションへの拡張性、通信メディアの追加などの際にシステムの階層相互の関係をとらえることが容易になるメリットがある。

ITS に用いる通信システムについて、アーキテクチャを使って表わすと、例えば、図 2.3-2 ように表現することが可能である。

図 2.3-2 ITS 通信アーキテクチャ



ETSI や IEEE では、ITS の参照アーキテクチャの標準化作業を行っており 2010 年頃に標準化作業を完了する予定である。日本では、システム開発が先行しており、アーキテクチャ自体の検討は十分に行われていないのが現状である。

現在、我が国で検討が進められている安全運転支援無線システムに関するアーキテクチャは図 2.3-3 のようになる。

図 2.3-3 ITS 通信アーキテクチャ(RC-006)



700MHz 帯を使った車車間通信用実験仕様(RC-006)については、第 1 層(物理層)の OFDM 変復調部と第 2 層の(データリンク層)の CSMA/CA アクセス制御部が定義されており、現在は、第 2 層の車車・路車共用制御部の検討が進められている。一方で、第 4 層(トランスポート層)から第 7 層(アプリケーション層)は、まだ未検討である。

今後、アーキテクチャや第 3 層から第 7 層までの上位プロトコルに該当する部分について、アプリケーションの要求条件を踏まえて検討することが重要であり、標準化を図るべき階層と競争により各社が独自に開発する階層を区別したうえで、欧米との調和も踏まえながら、アーキテクチャや上位プロトコルの検討を行うことが必要である。