

## AHSの要素技術開発 情報通信システム

田中靖資\*, 酒井与志亜\*, 屋敷篤\*\*

\*建設省土木研究所 高度道路交通システム研究室

〒305-0804 茨城件つくば市大字旭1番地 (TEL) 0298-642211 (FAX) 0298-640178

\*\*走行支援道路システム開発機構 要素技術開発部

〒105-0003 東京都港区西新橋 2-8-6 (TEL) 03-3504-0505 (FAX) 03-3504-2727

### 1. はじめに

走行支援システム(AHS)は、情報・通信技術の活用により、従来不可能だった前方の見えない障害物や交差車両及び路面の状況等の情報をリアルタイムにドライバーに提供することにより、飛躍的に安全で安心な走行を目指し、事故の大幅な削減を図るシステムである。走行支援システムのユーザーサービスには、①前方障害物衝突防止支援サービス、②カーブ進入危険防止支援サービス、③車線逸脱防止支援サービス、④出会い頭衝突防止支援サービス、⑤右折衝突防止支援サービス、⑥横断歩行者衝突防止支援サービス、⑦路面情報活用車間保持等支援サービスがある。これらのサービスを実現するための要素技術として、以下の4分野について研究開発が進められている。

- 道路上の走行車両、障害物等を検知する道路状況把握センサシステム
- 路面の状態と摩擦係数を計測する路面状況センサシステム
- 車両位置を正確に判断し車線からの逸脱を防止するためのレーンマーカシステム
- 走行支援情報等をリアルタイムに情報伝達するための情報通信システム

本稿では、このうち情報通信システムにおける路車間通信に求められる要件と、今後の技術検討課題について述べる。

### 2. 路車間通信

#### 2.1 路車間通信の要件

路車間通信を用いた ITS サービスは、公衆移動体通信などの公衆系通信媒体に比べて、限られた地域での情報伝送サービスが主体となるが、リアルタイム性が高く、AHS サービスを行うにはもっとも適した通信媒体であると言える。表-1にユーザーサービスの形態を通信の形式別に分類し、さらにユーザーサービスの形態を実現するために求められる機能を整理した。

#### (1) 通信の形式

- ① 同報(放送)型: 情報を提供する車両を特定せず、路車が周期的に同報情報を提供する。
- ② 情報収集・車両モニタ型: 車両の位置登録、車両が収集した情報を路側に送信する。
- ③ リクエスト型: 車両から路側に対してサービスのリクエストを行い、これに元づいて路側がリクエストを行った車両に対して個別情報を提供する。
- ④ トランザクション型: 通信ゾーン内において、定められた手順に従って路車間で双方向通信を行うことによりサービスを提供する。

#### (2) 通信インフラに求められる機能

- ① 高速で走行する車両との間で通信すること。
- ② 多数の車両と同時に通信すること。
- ③ リアルタイム性の高い情報を提供すること(情報更新周期の短い通信)。
- ④ 高い通信セキュリティを確保すること。

- ⑤道路方向に長い情報提供範囲を形成すること。
- ⑥大容量の情報を通信すること。
- ⑦通信プロトコルの拡張性を確保すること。

表一 通信形態と通信に求められる要件

		情報収集提供	道路管理	車両運行管理	ETC	AHS
通信形態	同報(放送)型	○				○
	車両中心型	○	○	○		
	リクエスト型	○				
	トランザクション型	○			○	○
通信機能	高速走行車両との通信	○	○	○	○	○
	同時多数車両との通信	○				○
	即時性の高い通信			○	○	○
	信頼性の高い通信				○	○
	広い通信範囲	○	○			○
	大容量の情報通信	○				○
	拡張性の高いプロトコル	○	○	○	○	○

## 2.2 通信方式

道路管理者が提供するサービスの中心となる AHS サービスの路車間通信について検討を行った。検討にあたり、安全の基本ユーザサービスを提供するための AHS 路車間通信情報量についての検討を行った。次に通信形態の検討を行うにあたり、個別双方向通信の必要性についての検討を行い、その結果を踏まえて、AHS 路車間通信に最適な通信形態の比較検討を行った。最後に将来のその他の ITS サービス提供にも対応できる路車間通信方式についての必要条件についてまとめた。

### 2.2.1 双方向通信の必要性についての検討

路車間通信は、路側から車両への同報通信、路側と車両間での個別通信に分類される。同報通信ではダウンリンク情報が伝送され、個別通信ではアップリンク情報とダウンリンク情報が伝送される。安全の基本ユーザサービスを提供するための AHS 路車間通信情報は、メッセージ種別、交差点情報、道路線形情報、提供サービスの種類情報、路面状況情報、車両走行情報、歩行者情報、障害物情報等から構成される。これらの情報は、サービス対象車両に共通のダウンリンク情報であり、アップリンク情報については、AHS サービスでは双方向の個別通信の下記利用が想定される。

表一 三 双方向個別通信の利用

	AHS サービスでの利用	他の ITS サービスでの利用例
セキュリティ面での利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施設認証、暗号鍵の配布</li> <li>・情報の暗号化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施設認証、利用者認証、暗号鍵の配布</li> <li>・ICカード等による料金収受関係の情報通信に利用 (ETC)</li> </ul>
車→路→車情報の利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サービスレベル情報、車両情報など</li> <li>・車載センサ情報によるダウンリンク情報精度の向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両 ID の認証</li> <li>・道路管理車両の運行管理支援</li> <li>・商用車の運行管理支援</li> <li>・ドライバ同士の位置情報の交換</li> </ul>
オンデマンドによる情報提供での利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・AHS システムの運用情報の提供が可能になる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SA、PA、道の駅において利用者が望む情報を選択的に提供することが可能になる</li> </ul>

### 2.2.2 通信形態の比較

通信形態としてはダウンリンク情報伝送として同報通信＋個別通信の組合せ、または個別通信のみの利用が考えられる。また、アップリンク情報伝送としては、個別通信が利用される。ダウンリンクとアップリンクの情報伝送の組合せとして、以下の3案について検討した。

- (案1) ダウンリンク：同報通信＋個別通信  
アップリンク：個別通信
- (案2) ダウンリンク：個別通信  
アップリンク：個別通信  
(ダウンリンクとアップリンクのデータ構造は非対称型)
- (案3) ダウンリンク：個別通信  
アップリンク：個別通信  
(ダウンリンクとアップリンクのデータ構造は対称型)

検討結果を表一4に示す。

表4-1 通信形態の比較

	データ構造	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
		情報量	周波数の有効利用	回路の容易性	施設認証処理	他 ITS サービスへの適用
案1 同報 ＋ 個別	ダウンリンク：同報＋個別	同報：大 個別：小	○	△ 複雑 アップリンク とダウンリンクの 速度が異なる	△  大	△  難
	アップリンク：個別	個別：小	良			
案2 個別 (非対称)	ダウンリンク：個別	個別：中	× 不良	× 複雑 アップリンク とダウンリンクの 速度が異なる	○  小	△ 難 アップリンク が小さい（工夫が 必要）
	アップリンク：個別	個別：小	○ 良			
案3 個別 (対称)	ダウンリンク：個別	個別：中	×	○  容易	○  小	○  可
	アップリンク：個別	個別：中	不良			

### 2.2.4 将来性を考慮した路車間通信方式の必要条件

案1～3の比較検討と他の ITS サービスへの適用性を検討し、路車間通信方式がもつべき特徴と必要条件をまとめた。

### (1)通信形態

- ・ 同報通信と個別双方向通信の両方を用意
- ・ 同報通信：AHS サービスのための道路線形情報や障害物情報、歩行者情報、車両の情報をサービス対象車両に情報伝達する手段として使用する
- ・ 個別双方向通信：セキュリティ確保のための暗号鍵情報の交換、車→路→車通信で車両センサ情報の収集による精度の高い路車間通信情報の提供、料金收受サービスの適用、オンデマンド型サービスに使用する

### (2)将来の ITS サービス提供のための汎用性

他の ITS サービスでの利用例における ETC サービスや SA、PA、道の駅等ででの情報提供サービスにより、以下の必要条件が抽出される。

- ・ 個別双方向通信チャンネルを他の ITS サービス通信と共用可能なこと
- ・ 個別双方向通信とマルチレートサービスにより、アプリケーションに適した通信レートの選択が可能なこと
- ・ 路車間で交に情報交換を行うインタラクティブな双方向通信が必要であり、短い応答遅延時間を実現するため通信周期の短周期化が必要である

## 3. 技術的課題

### 3.1 概要

AHS サービスの実用化において種々遭遇する場面を想定して問題点を取り上げ、その解決策として路車間通信システムにおいて開発すべき要素技術を抽出した。

#### 3.1.1 サービス場面における問題点

- (1)車両走行中に、路面等からの反射波によりフェージングが発生し、通信品質が劣化する現象がある。従って、通信品質の劣化を抑制するフェージング対策技術が重要な課題となる。  
(フェージング対策技術)
- (2)車両走行中に大型車の陰で基地局が遮られると通信品質が劣化するという現象がある。この現象をシャドウイングと呼ぶ。従ってシャドウイングの発生を防ぐ技術、あるいは代替手段で情報を伝達する方法等の検討が必要である。(シャドウイング対策技術)
- (3)無線ゾーンの切替え時に通信が途切れるという現象がある。このため、無線ゾーンの切替えを高速に行う高速ハンドオーバー技術あるいは途切れのない方法の検討が重要である。また、サービスによっては、無線ゾーンを広くすることにより無線ゾーンの切替えを不要にする等の検討も必要である。  
(ハンドオーバー技術)
- (4)渋滞時には無線ゾーンの車両台数が増加し通信チャンネルが不足するという問題がある。従って、無線ゾーン内で変動する車両台数に対して通信チャンネル数と通信容量をどのように確保するかが課題となる。(チャンネル割当技術)
- (5)サービスによっては必要な基地局数が増大し、設備・運用コストが高価になる問題がある。従って、基地局の設置・運用コストを低減し、更に基地局の制御を集中化して行うことでシステム構成が簡略となる技術の開発が必要である。(設置・運用コスト低減技術)
- (6)都心の密集した交差点や複雑な道路形状のエリアでは、近接の基地局間で電波干渉を起こさない基

地局配置、周波数配置および無線ゾーン形成技術の検討が重要である。また、車載アンテナでは、大きさ、形状がサービス普及の重要な要因となるため小型化・デザインに対する取り組みが必要である。同様に路側アンテナにおいてもアンテナ形状・重量によっては設置が困難となる場合もあり、路側アンテナの小型・計量化対策も重要課題である。(アンテナ技術)

以上 AHS サービスにおける場面および状況に応じた問題点を抽出し対策技術項目として整理すると、フェージング対策技術、シャドウイング対策技術、ハンドオーバ技術、チャンネル割当技術、設置・運用コスト低減技術およびアンテナ技術の6項目の検討が重要である。

### 3.2 開発すべき要素技術

3.1.1 項で路車間通信システムにおいて開発すべき要素技術を抽出し、6項目に整理した。各技術項目について現状と今後の技術検討に対する方向について述べる。

#### 3.2.1. フェージング対策技術

路車間通では、車両が走行中に、路面、道路周辺構造物等からの反射波によりマルチパスが形成され、受信波の振幅、位相がランダムに変動するフェージングが発生し、通信品質の劣化が起こるという現象が生じる。これを解決するための課題としては、耐フェージング技術等による通信品質の向上、路面、道路周辺構造物からの反射波の抑制が考えられ、対策技術としては(1)ダイバーシティ技術(2)反射波波形等化技術(3)アダプティブ路側/車載アンテナ技術(4)変調方式の検討(5)誤り訂正技術(6)電波吸収・散乱技術の6項目が考えられる。

以上フェージング対策技術として6項目について述べたが、フェージングの発生状況は、高速道、一般道、市街、郊外、トンネル部等、道路環境により異なると考えられる。従って、実用化に向けた今後の技術検討として AHS の提供される具体的な道路環境に沿った検討が必要である。

#### 3.2.2 シャドウイング対策技術

路車間通信では、車両が走行中に、大型車の陰に位置し、基地局からの無線信号が遮断されると通信品質が劣化するという問題が生じる。この問題を解決するための課題としては、走行中に大型車の陰で基地局アンテナが遮られた時でも通信が途切れないようにする方策、通信が途切れても復帰をスムーズに行う方法、通信が途切れても他の手段で情報を伝達する方法、通信が途切れていることをドライバに通知する方法等が考えられ、対策技術として(1)シャドウイング抑制技術(2)回線保持技術(3)車車間連携通信技術および(4)HMI(Humane Machine Interface)技術が考えられる。

#### 3.2.3 ハンドオーバ技術

一般に無線ゾーン跨りに対しては、無線ゾーンを外れると該無線ゾーンの電波の強度が下がり同期はずれを起こすことから、同期はずれを検出して次ゾーンの周波数で同期捕捉を行う方式としている。しかしながら、この方式の場合、周波数の切り替えのために通信が一旦途絶えるという現象が生じる。従って、リアルタイム性を要求するサービスを提供する場合には、この通信断時間の短縮化あるいは通信断をなくすようなシステム構築の検討が必要である。通信断時間を小さくするためには、フレーム周期を短くする、あるいは次ゾーンの周波数を予め通知し、周波数サーチ時間を削減する方式が考えられる。また、通信断をなくす方式としては送受信機2台を備える方式が考えられる。1つの無線ゾーン内で路

車間通信が完結するようであればハンドオーバーの必要性はない。ETC では1つの無線ゾーン内で路車間のトランザクション処理が完了する仕組みでありハンドオーバーは不要である。従って、AHSにおいても、ある程度無線ゾーンを広くすることおよび提供するサービス内容によりハンドオーバーを不要とすることができる。

#### 3.2.4. チャネル割当技術

通常走行時に対して渋滞時には、車間距離が狭まり所定の無線ゾーン内に存在する車両台数は増加する。このように AHS サービスにおける路車間通信では、所定の無線ゾーン内に存在する車両台数が時々刻々変化することが特徴である。従って、時間変動する通信チャネル数と必要な通信容量を考慮したチャネル割当技術の検討が重要となる。対策技術として(1)ダイナミックチャネル割当技術(2)接続品質向上技術(3)無線ゾーン動的制御技術(4)周波数動的割当技術が考えられる。これらの方式は決められた周波数帯域内での帯域有効活用の方式である。今後の検討としては、サービスに要求される情報量と利用可能な周波数の関係を考慮し、選択・検討が必要である。尚、サービス要求に対して十分なチャネル容量があれば複雑なチャネル割当処理は不要になることから、根本的にチャネル容量を拡大する技術として高能率変調技術の検討も必要である。

#### 3.2.5. 設置・運用コスト低減技術

サービスによっては、基地局数が増え、設置／運用コストが増大するという問題が生じる。この問題を解決するための課題としては、基地局の設置／運用コストを低減し、基地局の制御を集中化することによるシステム構成の簡略化、簡易な中継装置を用いて無線ゾーンを広くすることによる基地局数の低減が考えられ、対策技術としては(1)光無線融合技術(2)同一周波中継技術(3)反射波等化技術が考えられる。

#### 3.2.6. アンテナ技術

実用化に際しアンテナ関連技術として、電波干渉を抑制するためにゾーン外への不要電波を抑制するアンテナビーム成形技術、車載アンテナとしてはフロントガラスへの組み込み、小型化・軽量化の要求に加え車両に調和したデザインも重要な要素である。さらにアンテナから放射されるビームパターンを十分考慮して干渉を起こさない基地局配置・周波数配置技術等の課題が考えられる。

実用化に向けて開発が必要な要素技術として①フェージング対策技術 ②シャドウイング対策技術 ③ハンドオーバー技術 ④チャネル割当技術 ⑤光無線融合技術および ⑥アンテナ技術の6項目の検討が重要である。現状と今後の技術検討に対する方向性を示した。今後、これらの技術についての開発が必要である。

### 4. まとめ

走行支援システムのサービスを実現するための要素技術4分野の一つである、情報通信システムにおける路車間通信システムに求められる要件と、今後の技術検討課題について概観した。本研究は、技術研究組合・走行支援道路システム開発機構において、建設省土木研究所の「機器開発に関する研究」の一環として行われたものである。2000年の実証実験、実道実験等を通して、更に研究を進める。終わりに日頃ご指導いただく建設省 ITS 推進室、土木研究所 ITS 研究室、AHSRA の関係各位に感謝します。