

ITS におけるマルチキャストのための Advanced Join 方式の考察

大庭 真功 § , 山本 達史 § , 撫中 達司 † , 渡辺 尚 §
§ 静岡大学 情報学部 , † 通信・放送機構 横須賀 ITS リサーチセンター

ITS におけるデータアクセスの特性として、例えば渋滞情報や事故情報といった、移動端末の位置・地域に依存した情報を複数のユーザが同時に必要とするという特性があり、これらの情報の配信については共通のリンクを用いたマルチキャスト配信が有効な手段であると考えられる。しかし、データ受信を行う端末は移動するため、データロスやデータ遅延等の課題がある。この問題の解決のために、複数の移動端末に対する継続的、かつ、効率的なデータ転送を目的としたマルチキャストグループ管理方式 (Advanced Join 方式) が提案されている。本稿では、この Advanced Join 方式のシミュレーションによる評価と、高信頼配信のための再送処理に向けた検討の結果について報告する。

Consideration of Advanced Join mechanism for multicasting in ITS

Makoto Oba § , Tatsushi Yamamoto § , Tatsuji Munaka † , Takashi Watanabe §
§ Faculty of Computer Science, Shizuoka University,
† Yokosuka ITS Research Center, Telecommunications Advancement Organization of Japan.

In data access of ITS, two or more users need the information like traffic congestion information or accident information depend on the moving terminal's position and area. In distribution of these information, the multicasting distribution using the common link might be an effective means. However, since the terminals which receive data are moving, they have problems, such as data loss and data delay. As a solution for this problem, aiming at the continuous and efficient data transmission with consideration to two or more moving terminals, the multicasting group management system (Advanced Join mechanism) is proposed. In this paper, by the simulation of this Advanced Join mechanism we report the result of the valuation and the examination towards the resending processing for high reliance distribution.

1 はじめに

近年、ITS(Intelligent Transport Systems)におけるサービスとして、DSRC(Dedicated Short Range Communication)を使用した自動料金収受システム ETC(Electronic Toll Collection Systems)[1]やビーコンを利用した VICS(道路交通情報通信システム)、カーナビ等、車載端末を使

用した情報通信アクセスが急速に発展しつつある。

ITS におけるデータアクセスの特性として、ユーザは例えば渋滞情報や事故情報といった、移動端末の位置・地域に依存した情報を複数のユーザが同時に必要とするという特性があり、これらの情報の配信については共通のリンクを用いたマルチキャスト配信が有効な手段であると考えられる。

しかし、データ受信を行う端末は移動するため、基地局間の移動に伴って発生するパケットロスや、データ配信経路の変更によるデータ遅延等の課題がある。この問題に対して、移動端末に対する高信頼、効率的配信を目的としたマルチキャストグループ管理方式（Advanced Join 方式）が提案されている[2][3]。本稿では、この Advanced Join 方式のシミュレーションによる評価と、再送制御に向けた検討の結果について報告する。

2 ITS ネットワークにおけるマルチキャストのための Advanced Join 方式

2.1 ネットワークモデル

Advanced Join 方式で対象とする ITS ネットワークモデルは、固定ネットワークと無線ネットワークから構成される。固定ネットワークの終端に位置する各基地局は、セルと呼ばれる比較的小さな通信領域を管理し、この領域内に存在する移動端末と通信を行う。

2.2 基地局マルチキャストグループ

Advanced Join 方式は、基地局マルチキャストグループの管理方式であり、メッセージの事前代理処理方式と統合管理方式によって構成される。基地局マルチキャストグループとは、移動端末からのマルチキャストグループへの参加要求(join message)を、その端末に代わりマルチキャストルータ（以後、MR）に対して発行し、かつ、MR からマルチキャストデータを受信し、移動端末へのデータ転送を行う基地局の集合である。また、各サブネット内に存在する代表基地局が、サブネット間を跨って構成される基地局マルチキャストグループの制御メッセージを管理することで、移動端末のサブネット間移動に伴う基地局マルチキャストグループのメンバ更新を行う。

2.3 基地局マルチキャストグループ管理メッセージ

端末の移動に伴うアクセス先基地局の変化に対

応するためのマルチキャストグループ管理メッセージを以下に示す。

(1) 端末から基地局へのマルチキャストグループ参加、データ配信要求メッセージ

(a) join message :

移動端末から基地局に対してリクエストされるマルチキャストグループ参加要求メッセージであり、アプリケーションからは、一度だけ明示的にグループ参加のリクエストが行われる。

(b) MH(Mobile Host) Location message :

移動端末から基地局に対して送付される位置通知メッセージ。各端末は、基地局が管理するセルに進入した際、要求するデータの packet 番号を本メッセージ内に指定して、マルチキャストデータの配信要求を行うことにより、マルチキャストグループへの継続参加の意思を示す。各セル内のデータ転送の開始は、同一マルチキャストグループに属し、セルに最初に進入した端末から指定された packet 番号から開始され、すでにデータ転送が開始されている場合には、後からそのセルに移動してきた端末からの配信要求は無視される。

(c) Advanced Join message :

区間連続型セル配置構成における移動先基地局への事前 Join 要求メッセージ。端末は、隣接するセルが重なる通信区間にて、次に移動するセルを管理する基地局に対して、移動前に直接 Join message を発行する。

(2) 基地局から MR へのマルチキャストグループ参加要求メッセージ

(a) Proxy Join message :

MH Location message を受信した基地局が、移動端末の代理としてマルチキャストグループに参加し、MR に対してデータ送信を要求するためのメッセージ。

(b) Advanced Proxy Join message :

移動端末の移動先基地局が、事前に、かつ、代理にマルチキャストグループに参加し、MR に対してデータ配信を要求するためのメッセージ。本メ

ッメッセージは、端末からの Advanced Join message、代表基地局からの Advanced Pseudo Join message、サブネット内代表基地局からの Pseudo Join message を受信した際に、各基地局が MR に対して発行するメッセージであり、これによりマルチキャストデータの受信を開始する。

(3) 基地局間のマルチキャストグループ管理メッセージ

(a)Advanced Pseudo Join message :

代表基地局が移動端末からの MH Location message を受信し、サブネット間の移動を検知した際に、移動予測先サブネット内の代表基地局に対して発行するマルチキャストグループ事前参加要求メッセージ。

(b)Pseudo Join message :

Advanced Pseudo Join message を受け取った代表基地局が、サブネット内基地局に対して Advanced Proxy Join message の発行要求を行うためのメッセージ。

2.4 メッセージ事前代理処理方式フロー

前節で示した各メッセージにつき、移動端末の移動に応じた処理の流れを示す。

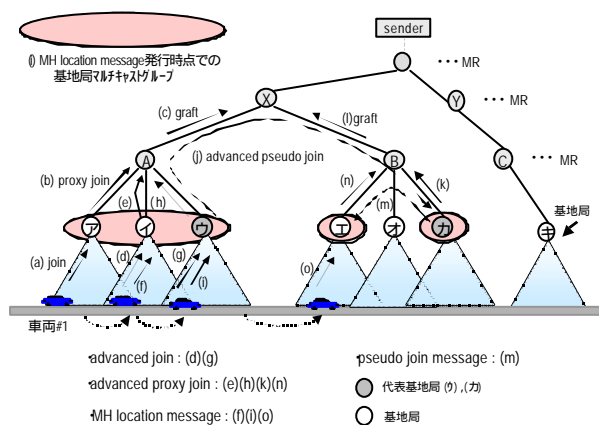


図 2.1 : メッセージ事前代理処理方式フロー

図 2.1 において、車両#1 は始めに 1 度だけ Join message(a)を通知し、以後、基地局を移動する際

には Advanced Join message(d)(g)と MH Location message(f)(i)(o)を通知している。各基地局が発行する Advanced Proxy Join messageは、セルの構成に依存して以下の 2 種類のタイミングが存在する。

(1) サブネット内の連続したセル間移動の際の端末からの Advanced Join message 受信時

区間連続型サブネット内セル間の移動を行う際、端末は次に通信する基地局に対して、移動前に直接 Advanced Join message(d)(g)を発行することができる。このメッセージを受信した基地局は、まず、対応するマルチキャストグループへの Join 状況を確認し、Join していない場合には、MR に対して Advanced Proxy Join message(e)(h)を発行する。既にマルチキャストグループへ Join している場合には、一定時間内 (メッセージ発行インターバルタイム値) に移動端末からの Advanced Join message、あるいは、MH Location message を受けている限り、Advanced Join message を継続して発行する。基地局は MH Location message を受け取ると、セルの中に移動端末が進んできたことを認識し、無線ネットワーク上マルチキャストデータ送信を始める。

(2) サブネット間移動時における代表基地局からの Pseudo Join message 受信時

図 2.1 において、代表基地局 (ウ) (カ) はサブネット内の進行方向の最後に配置されており、代表基地局 (ウ) が移動端末から MH Location message を受け取った場合には、その端末は別のサブネットへ移動すると認識され、移動先を予測してその移動先のサブネット内の代表基地局 (カ) へ仮(pseudo)の Join message である Advanced Pseudo Join message (j) を発行する。Advanced Pseudo Join message を受けた代表基地局は、Advanced Join message 受信時と同様の処理を行い、同時にサブネット内の移動予測先に該当する基地局 (エ) へ Pseudo Join message (m) を発行する。Pseudo Join message を受けた基地局は、

Advanced Join message 受信時と同様の処理を行う。

2.5 複数の移動を考慮した統合管理方式

MRにおけるマルチキャスト経路制御は、自らが管理するサブネット上ノード(基地局、移動端末)に対してマルチキャストデータを転送するかどうかが、即ち、上位MRに対するgraft/pruneの発行の必要の有無を、一定時間内のサブネット内のいずれかのノード(基地局、移動端末)からのJoin messageの有無により判断しており、そのリクエストを発行した個々の移動端末を識別して管理しているわけではない。このため、各MRに対するProxy Join message、あるいは基地局へのAdvanced Pseudo Join messageは、一定期間(メッセージ発行インターバルタイム値)内に発行されるメッセージを統合して処理することができる。

3 Advanced Join 方式のシミュレーションによる評価

Advanced Join方式の有効性を評価するために、600台の移動端末の移動を格子状道路モデルにてシミュレーションを行った。その際、Simple Join方式(基地局が端末の移動後にメッセージを発行する方式)との比較を行った。評価の対象は端末データ受信率 受信データパケット数/全データパケット数)である。

3.1 評価モデル

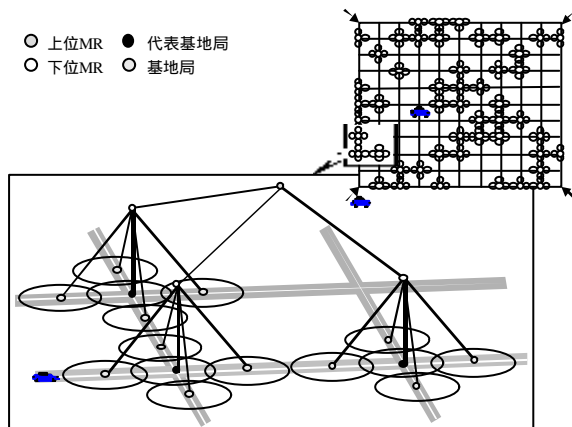


図 3.1: 格子状道路シミュレーションモデル

移動端末は、以下の条件のもとで格子状道路を移動しながらマルチキャストデータを受信する(図 3.1)

- 道路モデルは、10×10の格子状モデルとし、片道一車線の二車線道路とする。
- 各格子(交差点)を中心として、150mの通信セルを3つ連続して配置する。これにより、基本単位となる通信領域は、50mの通信オーバーラップ領域を持つ350mの連続通信領域となる。
- 4区画内に配置された基地局によりサブネットが構成され、1つのMRに接続される。これにより、10×10の格子状道路を管理するために、最下位の基地局から最上位のMRまでに4つのMRが存在する5階層ネットワークを構成する。
- 移動端末は、格子状道路の4つの頂点を出発点として、任意に選択された1区画を通過し、対角線上へ位置する頂点へ一定速度(36km/h)で移動する。
- 移動端末は、発生率 秒のポアソン分布に従い4つの頂点でランダムに発生するものとする。
- 移動速度は、出発点から目的地までの区間で一定とする。
- 通信領域のカバー率は、道路モデル全体の50%となるようにランダムに通信セルを配置する。尚、任意に選択された端末が必ず通過する1区画は、通信可能であるとする。
- 基地局からのデータ転送は、移動端末からの要求により開始され、基地局が管理する通信セル内に端末がいなくなってから一定時間後に停止する。
- すべての車両は、発生後出発点に進入するまでにJoin messageを発行済みであると仮定する。
- データ有効期間を5分とし、その間、送信元にて繰返しマルチキャスト配信を行う。また、本評価では、移動端末からの再送要求処理は

行わない。

- マルチキャストデータサイズは1.5MBとする。
- メッセージ発行インターバルタイマ値は 15 秒とする。

3.2 シミュレーション結果

3.2.1 端末データ受信率

Advanced Join 方式のデータ受信率は 99.2%、一方、Simple Join 方式では 96.7%であった。これは、Advanced Join 方式では移動予測先で予めメッセージを発行してマルチキャストツリーを構築し、データのプリフェッチ、キャッシュを行うが、Simple Join 方式では移動後にマルチキャストツリーの構築、データ受信を行うためであると考えられる。

3.2.2 データロス端末数

端末データ受信率に加え、パケットロスが発生し 100%データ受信できなかった端末（データロス端末と呼ぶ）台数の比較を行ったところ、Advanced Join 方式は Simple Join 方式と比べてデータロス端末が少ないことが示された。100%データ受信完了端末数は、Advanced Join 方式では 552 台（データロス端末 48 台） Simple Join 方式では 389 台（データロス端末 211 台）であった。データ受信率別の端末数分布を図 3.2 に示す。

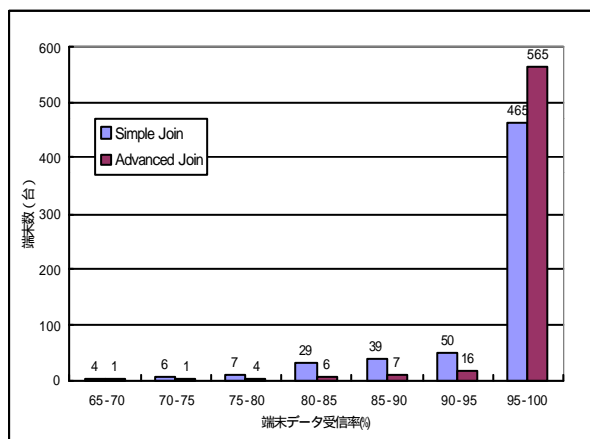


図 3.2：データ受信率別の端末数分布

3.3 シミュレーション結果の考察

前節において、Advanced Join 方式が Simple Join 方式に比べて端末データ受信率が高く、データロス端末数が少ないという結果を示したが、以後、パケットロスした原因につき、端末の特性を示すアクセス基地局数、走行時間に着目して考察する。

3.3.1 アクセス基地局数

端末のデータ受信率に影響する要因の一つとして、端末が発生してから停止するまでにアクセスした基地局の数（アクセス基地局数）が考えられる。そこで、アクセス基地局数と端末データ受信率の関係（図 3.3）を調べた結果、平均して 25~30 の基地局にアクセスしている端末が多く、アクセスした基地局数が多い端末ほど、端末データ受信率が高いことが分かる。また、Simple Join 方式と比べると、Advanced Join 方式はアクセス基地局数が少なくても高い端末データ受信率を得ている。また、データロス端末 48 台の平均アクセス基地局数は 20.2、100%データ受信完了端末 552 台の平均アクセス基地局数は 30.7 であった。

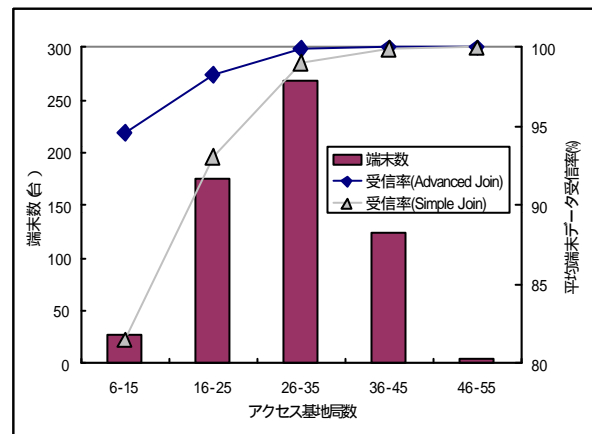


図 3.3：アクセス基地局数別の平均端末データ受信率

ここで、アクセス基地局数が少ない場合においても、走行時間が長い場合には、結果としてデータ受信を行える時間が長くなることになり、データ受信率が高いと予想される。

よって、走行時間とデータ受信率の関係を以下

にて示す。

3.3.2 走行時間

端末の発生時刻と停止時刻から走行時間を求め、端末データ受信率との関係を調べた(図 3.4)。

やはり走行時間が長い端末、つまり渋滞の起きた端末は受信率が高い傾向にある。Simple Join 方式と比較すると、渋滞が起きなくても Advanced Join 方式は安定した受信率が得られている。尚、渋滞がない場合の走行時間は、605 秒である。

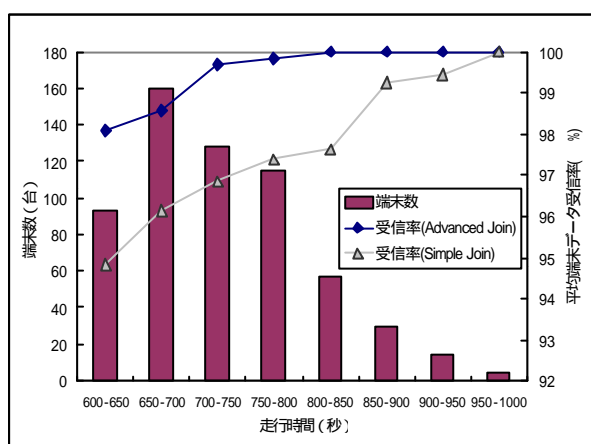


図 3.4 : 走行時間別の平均端末データ受信率

3.3.3 アクセス基地局数と走行時間の関係におけるデータロス端末の分布

これまでの考察に基づき、データロス端末のアクセス基地局数と走行時間をパラメータとした分布を整理したものが、表 3.1 である。

表 3.1 データロス端末分布

| 走行時間 (秒) | アクセス基地局数 | | | | | | | | 計 |
|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|
| | 6-10 | 11-15 | 16-20 | 21-25 | 26-30 | 31-35 | 36-40 | | |
| | | | | | | | | | |
| 600-650 | | 4 | 6 | 8 | 1 | | | 19 | |
| 650-700 | | 3 | 11 | 6 | 1 | | | 21 | |
| 700-750 | 1 | 3 | | 1 | * | | 1 | 6 | |
| 750-800 | | 1 | | 1 | | | | 2 | |
| 計 | 1 | 11 | 17 | 16 | 2 | | 1 | 48 | |

表中、* 部分は、全端末の平均走行時間 734 秒、平均アクセス基地局数 30 を示している。この値を基準とすることで、データロス端末 48 台は、以下の 4 つの特性に分類することができる。

- (a) 走行時間が短く、アクセス基地局数が少ない。
- (b) 走行時間が短い、アクセス基地局数は多い。
- (c) 走行時間が長い、アクセス基地局数が少ない。
- (d) 走行時間が長く、アクセス基地局数が多い。

この結果、(a)に属する端末は 40 台、(b)は 0 台、(c)は 7 台、(d)は 1 台となった。(c)のケースは、車両の移動経路上に配置された基地局数が少ないことがその原因であると考えられる為、考察の対象外とし、以後の考察は最も台数の多い(a)に属する端末のロス原因について考察する。

4 データロス端末の分析

3.3.3 にて示した、“走行時間が短く、アクセス基地局数が少ない場合”のデータロス端末につき、その要因を分析し、Advanced Join 方式と Simple Join 方式におけるパケットロス箇所の特性を調べた。

4.1 パケットロスの原因

パケットロスの主な原因として以下の 2 つが考えられる。

- (a) 基地局に欲しいデータがキャッシュされていないため、期待したデータ受信ができない。
- (b) 基地局に欲しいデータはキャッシュされているが、基地局にアクセス時にマルチキャストデータが既に送信中であったために期待したデータ受信ができない。

(a)の状況は、早い時刻に発生した端末に多く見られると考えられる。このため、発生時刻ごとのデータロス端末数を調べた。

また、(b)の状況での発生端末を見るために、予め基地局に 100%データキャッシュされている状況での測定を行った。

4.2 発生時刻ごとのデータロス端末数

端末の発生時刻ごとのデータロス端末を調べた結果、発生時刻が遅くなるほどデータロス端末が減る傾向にあった(図4.1)。また、データの送信時間を300秒としたため、300秒までの基地局キャッシュ率は線形的に上昇し、それ以降は一定となる(図4.2)。このことから、発生時刻が300秒辺りを境にパケットロスの原因が異なることが予想される。つまり、300秒までは基地局キャッシュ率が低いため、4.1の(a)がパケットロスの原因であり、300秒以降はデータ送信が終了して基地局キャッシュ率が高いため、4.1の(b)が大きな影響を与えていると考えられる。

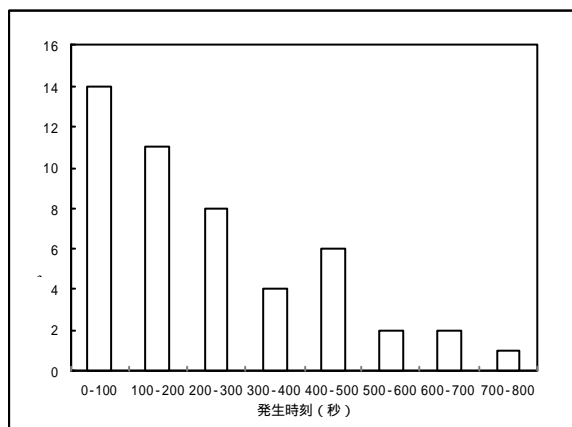


図 4.1: 発生時刻別のデータロス端末数

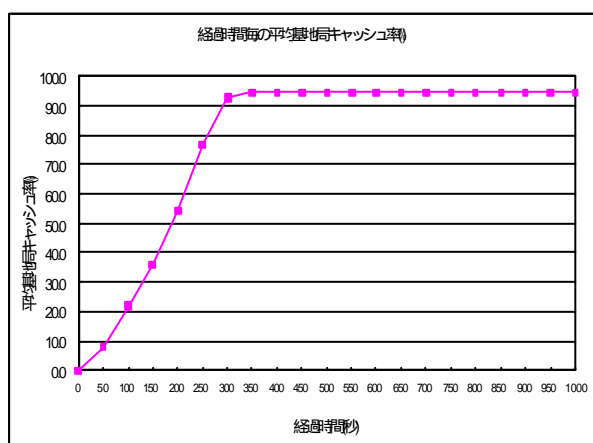


図 4.2: 経過時間ごとの平均基地局キャッシュ率

4.3 基地局がすべてのデータをキャッシュ済みである状況でのデータロス端末

発生時刻が300秒辺りを境としてパケットロスの原因が異なることを確認するために、予め全ての基地局のデータキャッシュ率を100%としてシミュレーションを行った。

その結果、発生時刻が100秒までのデータロス端末数は14から7へと半分に減った。また、発生時刻が遅くなるほどデータロス端末が減る傾向にあることは、基地局のデータキャッシュを端末からのJoinを受信した時点で0から開始する元のモデルでの実行結果(図4.1)と同じであった。

端末データ受信率は、予め基地局のデータキャッシュを100%として実行した場合、99.2%から99.7%へと上昇し、データロス端末数は48台(平均受信率90.3%)から38台(平均受信率94.6%)に減った。しかし、各端末ごとに見ると受信率が低下した端末も存在していた。これは、基地局のデータキャッシュがない状況から開始する元のモデルでの実行では、キャッシュにヒットしなかったために期待したデータ受信ができなかった端末が、基地局のデータキャッシュを100%として実行した場合には、キャッシュにヒットしたために要求したデータから受信を開始できたことによって、そのセルにて配信されるマルチキャストデータの順序が変化し、後続の端末に影響を与えたものと考えられる。

この結果から、発生時刻が300秒までの端末は基地局キャッシュ率が低いため、4.1の原因(a)の影響が大きいと考えられる。また、4.1の原因(b)については、発生時刻が遅くなるほど端末の密集度が上がり渋滞する傾向があるので、先頭で基地局にアクセスできなくてもデータ受信時間が長くなり受信率は上がる傾向にある。しかし、発生時刻が早い端末に多く見られる、渋滞があまり起こらない(密集度が低い)状況で基地局に先頭でアクセスすることができないと、データ受信が非効率になると考えられる。

4.4 パケットロスの特性

データロス端末についてデータ受信状況を調べた結果、Advanced Join 方式はパケットロスが連続的であり、一方 Simple Join 方式はパケットロスが断続的であった。連続したパケットロス数別の発生箇所数を図 4.3 に示す。Advanced Join 方式は Simple Join 方式と比べ、パケットロスの箇所数が少なく、小さなデータサイズのパケットロスが少ないことが分かる。

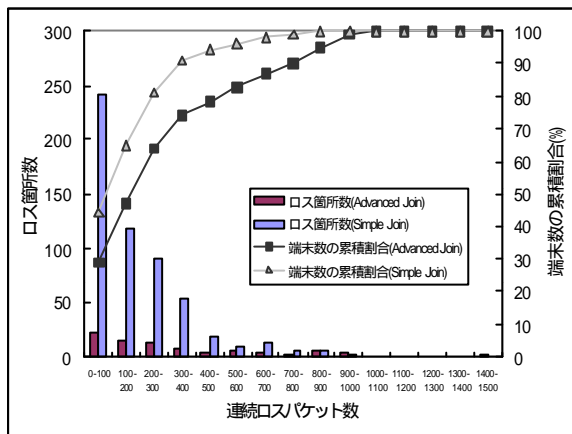


図 4.3: 連続パケットロス数別のロス発生箇所数分布

4.5 再送処理に向けた検討

発生時刻が300秒までのデータロス端末が多いのは、各基地局のデータキャッシュ率が低いことに加え、端末の密集度が低く、基地局にアクセスできる時間が短いためである。このことから、データ受信効率を上げるには、基地局のキャッシュ率を上げること、基地局 端末間のデータ受信効率を上げることが必要である。この解決策として、

- (1) 基地局 移動端末間のデータ送信方式
- (2) 基地局間の再送処理と、基地局 移動端末間の再送処理

の検討、を行うことが考えられる。ここで、(2)については 4.3 で示したように、キャッシュ率を上げてもデータ受信率向上には限界があることがシミュレーション結果より明らかとなり、結果として、パケットロスを避けることができないため、基地局-移動端末間での再送処理が重要な検討対象となる。

尚、4.4 で示したように、移動端末のパケットロスは、一般には、その発生箇所が分散することになるが、Advanced Join 方式により、パケットロスの発生箇所が減り、連続したパケットロスになるという特徴を持つことから、基地局 端末間の再送処理についても、マルチキャストを利用することによる効率化が図れるものと考えている。

5 まとめ

本稿では、ITS ネットワークにおけるマルチキャスト通信において、端末の移動に応じた基地局マルチキャストグループの制御を行う Advanced Join 方式についてシミュレーションを行い、比較的安定したデータ受信率が得られることを示した。また、データロス端末の特性を示し、端末のアクセス基地局数や走行時間に着目してパケットロスとなった原因を考察した。そして、その結果をもとに、再送処理に向けた検討を行った。今後の課題としては、具体的な再送処理の制御方法を検討していく予定である。

参考文献

- [1] 電波産業会(ARIB), “有料道路自動料金収受システム ARIB STD-T55 1.1 版”, 1998年2月
- [2] 撫中達司, 井上敦, 黒田正博, 水野忠則, 渡辺尚, “Advanced Join によるマルチキャストグループ管理の提案”, 情報処理学会研究報告 2000-ITS-2, p49-54, 2000
- [3] 山本達史, 撫中達司, 渡辺尚, “ITS における Advanced Join によるマルチキャストグループ管理について”, 情報処理学会第61回全国大会講演論文集(3), 3G-1, 2000