

学籍番号	13674015	氏名	鷹取 奨
論文題目	コグニティブ無線環境における制御チャンネル用統合 MAC プロトコルに関する研究		

## 1 はじめに

近年、車車間通信によるサービスが期待されているが、車車間通信用の周波数が不足している。そのため、各周波数帯を占有するユーザに影響しない範囲で通信するコグニティブ無線が注目されている。そこでは、通信トポロジ等の変化に対応するため、情報共有を目的とした複数の制御チャンネル利用を想定しているが、本研究では1周波数帯で制御チャンネルを構成する統合 MAC プロトコルを提案する。

## 2 想定環境と制御チャンネル

想定している環境は地表を仮想的な正六角形のゾーンに分割し、ゾーン内とスワーム内で以下に示す異なる2つの制御チャンネルを設定し、各制御情報を交換する。ここで、スワームとはアプリケーション通信を行うノード群である。ZACC(Zone Aware Control Channel):ゾーン内ノード間で位置・移動情報等を交換する制御チャンネル。SACC(Swarm Aware Control Channel):スワーム内メンバ間で詳細な移動情報や利用可能な周波数情報等を交換する制御チャンネル。つまり、1ゾーン内で、ZACCに1周波数帯、SACCにスワーム数分の周波数帯を使用する。

## 3 チャンネル統合用 MAC

ゾーン内ノードはZACC情報をゾーン内全体にし、スワームメンバはSACC情報をスワーム内のみ届くよう送信電力を調整する。また、無線環境では送信ノード間距離が大きい場合、パケットの衝突が発生しても近隣ノードは受信できるというシグナルキャプチャ効果が確認されている。そこで、その効果を期待した手法を次節以降で述べる。

### 3.1 時分割識別 (TDI:Time Division Identification)

ZACC/SACC情報を送信する期間を交互に時分割し、送信時間帯で制御情報の種類を識別する。ZACC情報は  $A[\text{ms}]$ 、SACC情報は  $B[\text{ms}]$  毎の周期送信と仮定し、さらに  $B < A$  とする。そのため、ZACC期間を  $\alpha$ 、SACC期間を  $\beta$  とし、 $(\alpha/\beta) \times B + (\beta/\beta) \times B = B$  と設定する(図1)。1ZACC期間の送信ノード数は、全ノード数を  $N$  とすると  $N/(A/B)$  となる。

### 3.2 時分割識別+サブエリア分割 (TDI-L:Time Division Identification with considering node Location)

ZACC期間をさらにタイムスロットに分け、図2に示すようにゾーンを分割した2つのサブエリア中のノード群をタイムスロットに割り当てる。なお、2つのサブエリアは、シグナルキャプチャ効果を期待し、ゾーン中心を起点として距離が不均一になるよう調整する。

## 4 シミュレーション

ノードはランダム配置で静止しているものとし、各制御情報のサイズは  $57[\text{byte}]$ 、スワーム数は1とする。1ゾーン内に着目し、ゾーン半径  $R=1000[\text{m}]$ 、スワームはアプリケーション通信の開始を要求するノードから半径  $r=100[\text{m}]$  以内存在するノードで形成する。制御情報の交換間隔は  $(A[\text{ms}], B[\text{ms}])=(100,100)$  とする。

評価指標は、ZACC/SACCのパケット受信率と総パケット受信率とする。なお、総パケット受信率はZACC/SACCのパケット受信率を各期間の送信ノード数で正規化した値の和である。

## 5 結果・考察

### 5.1 TDIにおける( , )の最適割当時間

スワームメンバ比=スワームメンバ数  $n$ /ノード数  $N$  とし、ノード数  $N=100, 500, 1000$  の場合におけるスワームメンバ比と最も高い総パケット受信率を示すSACC期間の関係を図2に示す。図2より、メンバ比が大きくなるにつれ、最適割当時間は増加する。が線形的でないのは、 $\beta$  が一定で  $\alpha$  の減少に伴い、ZACCのパケット受信率が大きく劣化するためである。次に、最適な割当時間を設定したTDIの総パケット受信率とメンバ比の関係を図3に示す。  $N=100$  の場合はメンバ比が増加しても受信率は95%以上を達成しているが、  $N=1000$  の場合はメンバ比0.1以上で受信率は95%を下回る。以上より、TDIでは最適な割当時間を設定しても、衝突回避はCSMA/CAによるバックオフ制御のみであるため、ノード数が多いときに著しく総パケット受信率が低下する。

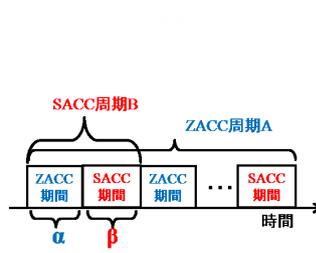


図 1: 時分割制御

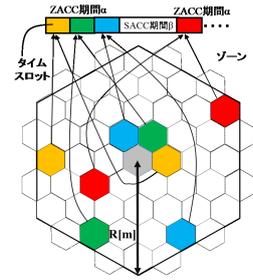


図 2: サブエリアと送信タイミング割当

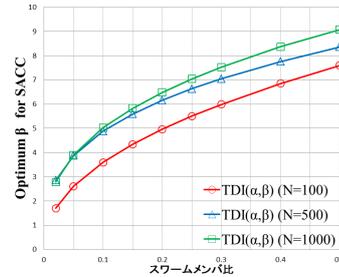


図 3: 最適割当時間

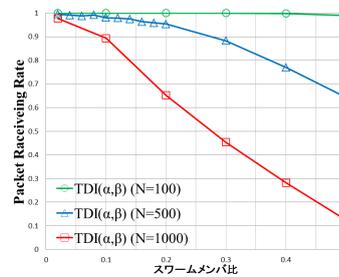


図 4: 総パケット受信率 (メンバ比別)

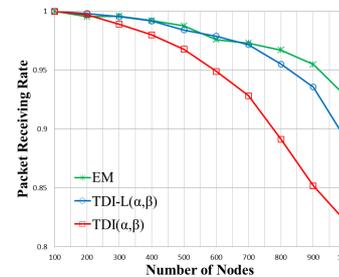


図 5: 総パケット受信率 (各手法の比較)

### 5.2 提案手法 TDI-L の効果

図5に各手法の総パケット受信率を示す。なお、EMは2種類のチャンネルを使用する既存手法である。図5より、全ノード数においてTDI-Lの受信率がTDIを上回っている。これより、ZACC期間内においても時分割制御を行うことで送信タイミングを分散でき、さらに、各送信サブエリア間の距離を大きくすることでシグナルキャプチャ効果が発生していることがわかる。受信率95%以上を達成するノード数に着目するとTDIでは600であるのに対し、TDI-Lでは800まで達成している。TDI-LとEMを比較するとほぼ同等の性能であり、提案手法は有効であるといえる。

## 6 まとめ

制御チャンネル用統合 MAC として TDI-L を提案、評価した。その結果、各期間への最適割当時間を設定し、サブエリア分割による時分割制御により、1周波数帯でも効率的な制御情報の交換が可能であることを明らかにした。

### 研究業績

“コグニティブ無線環境における制御チャンネル統合のための時分割方式の検討” IEICE NS/IN 研究会 2015年3月発表