

2. 分散協調（自律分散）制御のための基本技術

第二回目の講座内容を進めるに当たって気が付きました。CSMA/CAのようなランダムアクセスについて知識の少ない方や殆ど無い方もいるだろう、と。特にこれまで実装実績が殆どなかったPCF/contention free access については情報が限られているのではないのでしょうか。そこで、今回は、CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance：搬送波検知衝突回避アクセス方式)とContention Free Accessを基本としたPCF(Point Coordination Function：集中制御)の基本手順の仕組みを解説をしようと思います：

今ではインターネット接続ばかりでなく事業所内・家庭内ネットワーク環境でWiFiを利用している人が殆どでしょう。WiFiの元となっているIEEE 802.11x標準での必須アクセス方式がCSMA/CAです。WiFiの接続先である有線通信のPHY(物理層)はこれもまた殆どがEthernetと思われませんが、そこでの通信プロトコルはCSMA/CDがほとんどです。そのためWiFiではCSMA/CA接続が無線チャネルの分散アクセスプロトコルとして採用されています。CSMA/CDのCDは”Collision Detection”で“衝突検知”です。cableを媒体とした有線では、信号を線路に出せば衝突の有無は検知可能です（具体的な物理量の測定としては、例えば「直流レベルの変化（増加）」が利用できます）が、送信側が電波である信号の衝突を検知するのは不可能です（勿論、いわゆる“LTE, 4G 移動通信網”のような高機能なネットワークを構築すれば干渉波を除去することは可能ですが）。そこで、衝突をできるだけ回避するアクセス手段として考案されたのがCSMA/CAです。それを（少しでも効率よく）実現するために組み込まれている手順は多義に渡っています。以下ではそれらを順を追って調べてみましょう。

2.1 Contention Access：（媒体）競合アクセス

「自律分散制御」（個人的には「分散協調制御」が好きです：各ノードがお互いに平等なアクセス権を得られるよう協調する）の内容は“Distributed Coordination Function”で表される自律制御機能です（多くの文献では“分散制御”と，“集中制御”と対比、記述されていたりします：この方が比較のためには分かり易いかも知れませんが：IEEE 802.15.6で“Contention Free Access/Polled Control”と規定される“集中制御”については別項として説明します）。この後、競合アクセス時で

の衝突回避のための仕組みとして最初に出てくる省略術語「IFS」(Inter Frame Space)は複数のチャネル利用者が一斉にアクセスして衝突しないために協調して平等なアクセス権を得るための基本的待ち時間の一つです。CSMA/CAの制御原理は「平等にアクセス権を得る機会が与えられる」ということにありますが、データの内容が多様化している現在ではこの“平等原理”を目的別に改めて、アクセス割り当てに優先度を設け QoS (Quality of Service) の一部を担っていますが、IEEE 802.15.6 BANでもこのデータ内容による優先度が標準化されています。

この後、CSMA/CAアクセスの仕組み（制御手順）説明に際して出てくる幾つかの基本的な術語(terminology)と省略術語(abbreviation), 及びそれらについての内容を簡単に紹介しておきます：

2.1_appendix 幾つかの術語紹介

- * busy (ビジー) と idle (アイドル) : キャリアセンスで“ネットワーク内ノードから電波が発射され、信号が検知されている状態”か逆に、“発射されていない、検知されない状態”を言います (“隠れ端末”という問題はありますが、ともかくネットワーク内のいずれのノードにも電波が感知されない状態がidleです)。
- * IFS(Inter Frame Space) : 一般的なフレーム送信間隔ですが、チャネルアクセスが可能と検知された (idle) 瞬間から、「いずれのノードも共通に待たなければならないフレーム送信間隔時間」になります。チャネル利用の基本的な優先制御の目的で3種類あるので、以下にこれらを挙げておきます：これは無線システムを効率的に運用するための処置です (図_Fig.4a参照)。
 - * DIFS(DCF IFS : Differentiated Coordination Function IFS) : 自律分散 (協調) 制御用フレーム間隔で、3種類のIFS中最も長いフレーム送信間隔です：一般のフレーム送信アクセスに際して使われます。
 - * PIFS(PCF IFS : Point Coordination Function IFS) : 集中制御 (ポーリング制御) 用フレーム間隔です。3種類のIFS中真ん中の長さの時間間隔です。
 - * SIFS(Short IFS) : ショート・フレーム間隔：3種類のIFS中、最も短いフレーム間隔で、優先度が最大なフレーム伝送用 IFS です。主として ACK フレーム返送に用いられる。これら3つのIFSの比較を図_Fig. 4aに示しました。

* **back-offとCW(Contention Window)** : back-off は IFS 時間待った後アクセスを開始出来るまでの「更なる待ち時間」です。これもまた同時送信による衝突の確率を減らすための仕組みです。CWは（送信待ちしていた）ノードがアクセスを開始するまでの back-off 待ち時間を決める（乱数の発生）時に必要となる数値の最小値(CW_{mini}) から最大値(CW_{max})までの範囲内でランダムに選ばれます。 CW_{max} が大きいほど待ち時間は大きくなる傾向にあります。

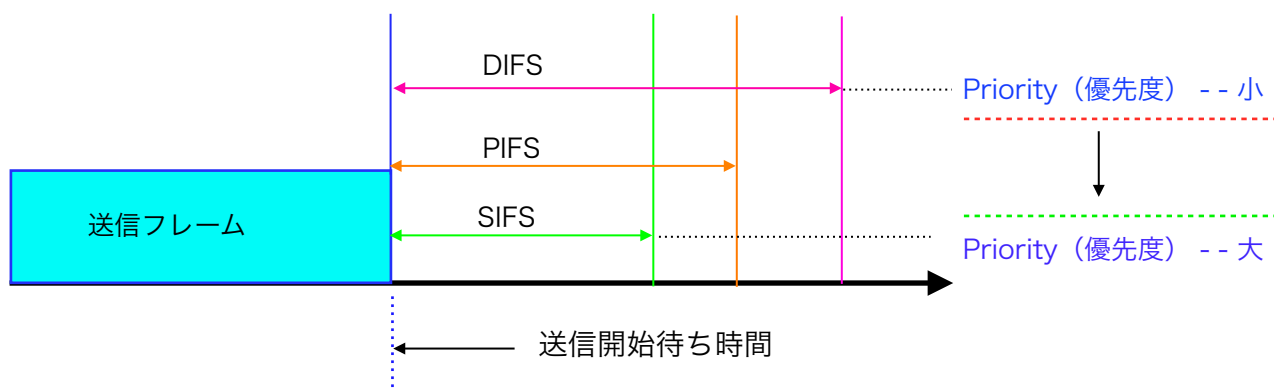
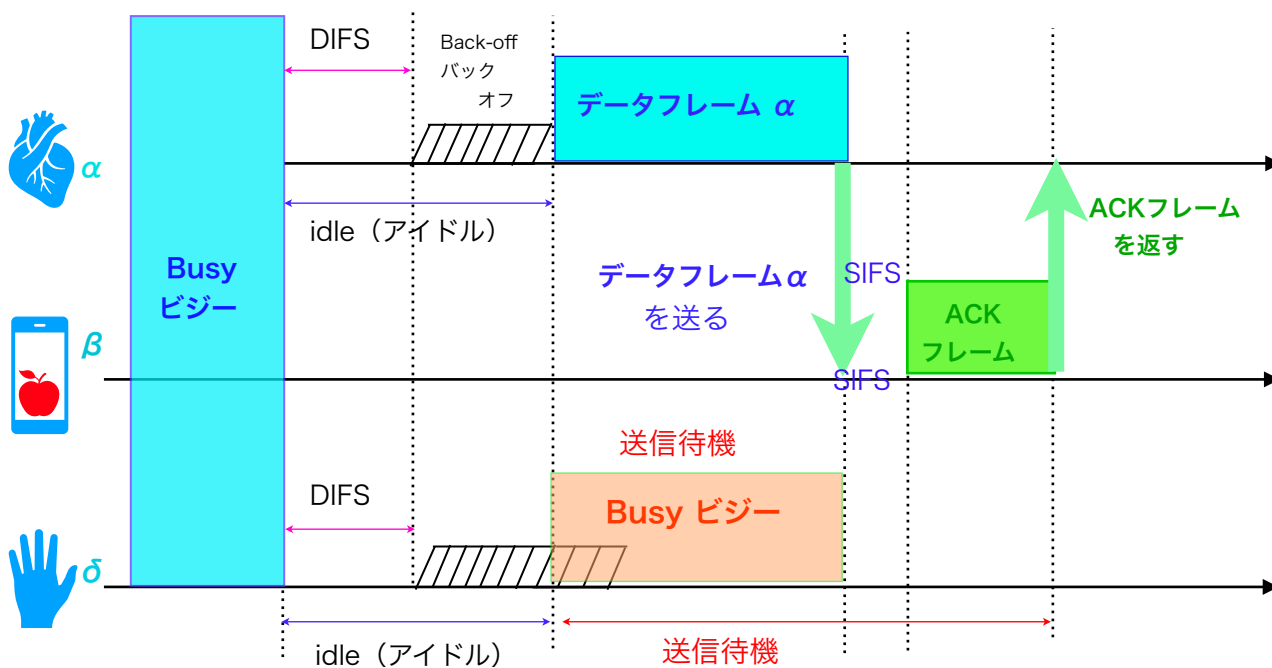


図 _ Fig.4a IFS(Inter Frame Space)による優先送信制御



図_Fig. 4b CSMA/CA 分散制御関連 送受信タイミング 説明図

2.2 バックオフ (back-off) の具体的手順例

これまで挙げてきた術語の具体的内容を実際に近い利用状況を仮定して理解していきましょう。まず、3種類のIFS : DIFS, PIFS, SIFS : については図 Fig.4aに具体的に例示してあるので、それを参照してみてください。DCF(Distributed Coordination Function : 自立分散制御 or 分散協調制御)におけるアクセスではチャンネルがアイドルになった瞬間からDIFS(DCF InterFrame Space)時間 待って各ノードのバックオフがカウントされ始めます。一方、PCF(Point Coordination Function : 集中制御)ではPIFS (PCF Inter Frame Space)待ってからデータ・フレームの送信が始まります。PIFSはDIFSより短く設定されていますが、これについては別項 : PCF で説明します。最後に残ったSIFS (Short Inter Frame Space)ですが、これは3つのIFSの中で最短なIFSです。標準化初期段階でのSIFSの目的はACKフレームの送信タイミング獲得用でした。ノードが何等かのフレームを受け取った返信を最短で送信ノードへ知らせるためです。

具体的なフレームの流れに伴うアクセス手順を図 Fig. 4bで追ってみましょう。

- (1) 図では3つのノード : α , β , δ があり、ノード : α とノード : δ はノード : β にアクセスを試みようとしています。チャンネルにはデータフレームが流れていて、ビジーです。それが図左手の青く塗られた (長方形) 部分です。
- (2) データ送信が終了してチャンネルがアイドルになったことが感知された時点からDIFS時間待ってバックオフのカウントが始まりますが、ここではノード : α のバックオフがノード : δ のバックオフより少ない (図 参照) ので
- (3) ノード : α がアクセス権を得てデータフレーム α をノード : β に送ることができます。データフレーム α が送信されている間ノード : δ は busy で待機状態を保持します。
- (4) データフレーム α の送信終了時点からSIFS 後にノード : β は受信確認 ACK フレームをノード : α に送ります。SIFS < DIFSなのでノード : δ がバックオフの動作確認に入る前にACKフレームがノード : α に届き、ノード : δ は確実にその(DIFS)後ノード : β へのアクセスにチャレンジします。

以上でIFSとback-offの大きめの関係は分かりましたが、手続き(2)において、ノード： α とノード： β の間のback-offの大きさがどのように与えられるかについてはまだ説明不足だろうと感じる方もいるでしょう。それで、以下では back-off についてももう少し説明してみましょう。back-offの具体的設定については少し前に述べたコンテンション・ウインドウ(CW：contention window)との関連で説明することになります。

図 Fig. 4bの例では、ノード： δ のback-offはノード： α のback-offより長くなっていますが、これは“たまたまそうなった”という結果です。ノード： α とノード： δ のback-off 選択用乱数発生プログラムでたまたま数値 7と数値10が発生した結果に過ぎません（数値 7と10については、図中のスロットの数を参照して下さい：細かいことですが、back-offの図面でノード δ でbusy 領域におけるスロットの幅が idle 区間のスロット幅より広く描かれていますが、実は同じ幅で描かれるのが正しいのです。図面作成終了時に修正すべきだったのですが、手を抜いてしまった結果です：ご容赦）。その発生基準は、コンテンション・ウインドウ：CW 中で一様に分布する数値の中から任意に選ばれる（乱数）、ということです。

2.3 CW(Contention Window) について：

コンテンション・ウインドウについてももう少し詳しく説明しましょう。コンテンション・ウインドウ (CW) とは、IFS 待った後、更に各ノードからのフレームが衝突しないように送信を遅らせる“待ち時間”です。その待ち時間の範囲を決めているのがCWです。この後出てくる、 CW_{min} と CW_{max} が乱数の範囲を決めます [CW_{min} , CW_{max}]。図Fig. 4bでは $CW_{\alpha} = 7$, $CW_{\delta} = 10$ が発生した、と説明されます。それでは、7や10という待ち時間の基準は何かと云うと、フレームのスロットタイムです（例えば、IEEE 802.15.5 ZigBee のビーコンモードでのコンテンション・アクセス区間における1フレームは16スロット:15.35msec~251sec で構成されています）。それ故、7や10に対応する具体的な待ち時間は $7 \times$ （スロットタイム）、 $10 \times$ （スロットタイム）時間です。実際、競合相手のCWが判らない状況で、ノード： α がノード： δ に先んじて送信タイミングを獲得することが出来るかということ、「タイムスロット時間を経過する度にCWテーブルから1つつ引いてゆきます。最初に「 $CW_{\alpha} = 0$ 」になった時点でノード： α がフレーム送信を開始できます；ノード： δ は未だ back-off CW_{δ} がゼロになっていないのでキャリアセ

ンス中ですが、直ぐ busy になります。以上が、送信権獲得までの経過ですが、衝突が発生したり、電波が何等かの理由により弱まるなど、通信チャネルの状況によっては受信完了のACKがSIFS時間後に送られてこないことがあります。その場合には、再送手順に入ることとなります。以降では再送手順についての説明に進みましょう。

2.4 再送(re-transmission)手順：

再送が発生した場合の最大 back-off : CW_{max} は 2 倍に伸ばされますが、これは衝突を回避し易くするための仕組みです。

back-off CWの値は数式で表されていて：

$$CW(k) = (CW_{min} + 1) \times 2^k - 1 \quad (1)$$

で決まる CW_{min} と $CW_{max}(k)$ の間の CW 値が選ばれる ($k \geq 0$; 再送回数)。再送の回数が増えるに従い、式 $CW(k)$ に依って、 CW_{max} を増やして、 $CW(k)$ の元々の最大値 CW_{max} まで増やして行くとその時点で $CW(k)$ は止まって増やされずそのまま CW_{max} が保持されます。再送回数には最大値 K があり、 K に達した後はそのフレームは破棄されます。

この様子を以下に示そう：

再送が発生する場合の例を図 Fig. 4c に示してあります。

図を参照して (送信) → (衝突) → (再送) と云う伝送パターンに際しての各段階における手順を見てみよう。

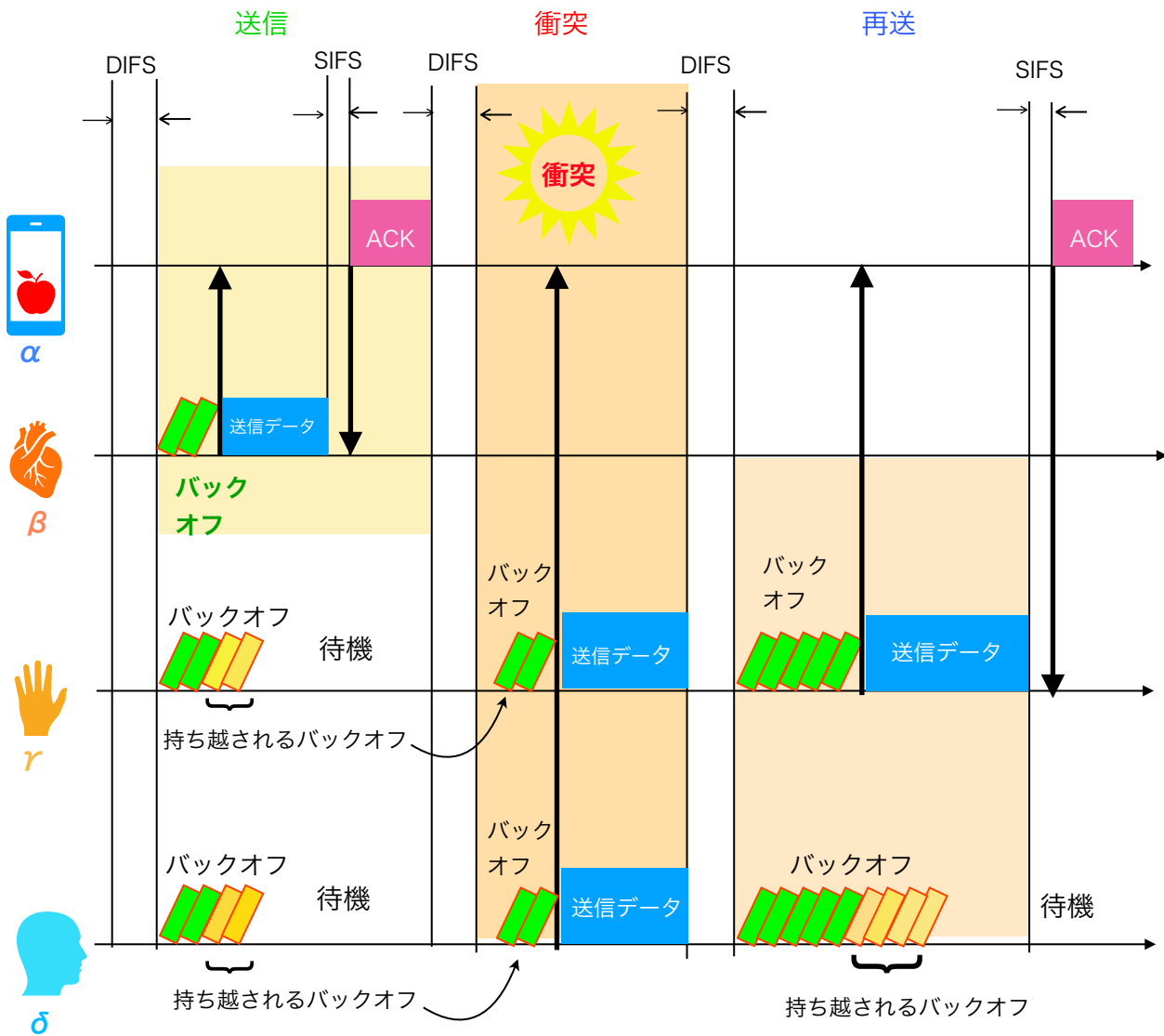
送信区間：

ノード β , γ , δ は ノード (HUB) α へデータ (フレーム) を送りたいとチャネルがアイドル(idlle)になるのを (キャリアセンスしながら) 待っています。前述のようにアイドルになってDIFS時間後にノード β , γ , δ はアクセス権を得るためにバックオフ(back-off)時間を待つこととなりますが、カウントダウンして行くと β の $CW = 0$ が最初に生じて、ノード(HUB) α にデータ (フレーム) へ送ることができます。一方、ノード γ とノード δ の乱数が同じ4になってしまったので2つの $CW = 4$ より、ビジー(busy)時点ではどちらも“2”をバックオフとして次回の送信へ持ち越すこととなります。ノード β からのデータフレーム送信が終了するとノード α (HUB)からはSIFS時間後ACK が送られてチャネルがアイドルになりま

す。SIFS < DIFSなのでアイドルを待っていたノード γ , δ がバックオフ手順に入る前にACKがノード β には返されますのでノード γ と δ は待機モードになってACKフレームが終了するのを待ちます。

衝突発生区間：

ACK送信が終了しチャネルがアイドルになるとノード γ と δ はバックオフ処理に入り（持ち越しCWを勘案し）新たな back-off : CWを発生しますが、今、結果としてどちらの back-off : CWも同じ数値となった場合には、送信フレームは衝突しACKフレームがHUB（ノード α ）より返りません。



図_ Fig.4c 送信，衝突，再送を伴うような場合の CSMA/CA手順例

再送手順区間：

再送手順では新たにback-offを算出しなければなりません。これまでの経過とは関係なく新たな CW_{max} を前出の式 (1)より計算して、それ等を元に乱数を発生します。図ではノード γ および δ のback-off はそれぞれ 5, 及び 9 なのでノード γ のカウンターが最初に0になり、送信権を得てデータフレームをノード α に送ることになります。時間 SIFS 後ノード α より γ にACKフレームが返信されます。

2.5 PCF(Point Coordination Function)

WiFi/IEEE 802.11x に代表される無線LANでのリアルタイム情報の利用サービスには切羽詰まった要望は殆どありませんでした。それゆえIEEE 802.11xにおけるPCFアクセス機能はoptionに止まっていた、実装されたものは特殊目的に限られていました。一方、BAN/ IEEE 802.15.6では医療目的として高精細画像の利用については、リアルタイム、非リアルタイム情報に拘らずその要望は強く、必須機能です。それが有効に活用されるためには、ネットワーク層ではストリーミング送信/UDP/IPの効率化が、一方物理層（無線技術）では広帯域な変復調方式の実用化技術とスペクトルの確保が必要です。BANネットワークでは物理的な仕様としてUWB(Ultra WideBand)と、そのための周波数として3 GHz以上が標準化されています（図_Fig. 1 参照）。このような必要性に裏打ちされたIEEE 802.15.6 std. の規格化ではCSMA/CAのみならず PCF/non-contention medium access（非競合メディアアクセス）の実現が射程に入らなければならなりません。BANでは、どのような仕組みで CSMA/CA とPCF/polling access(PA)が組み合わせられて、運用されているかについては後ほど解説することにして、ここでは基本的な（IEEE 802.11xで標準化されたPCF/ポーリング関連の）PCF/polling accessの仕組みについて述べることにします。

IEEE 802.11x におけるPCF 制御と同様 IEEE 802.15.6でもPCFはDCFと交互に利用されます。これは前回の講座にあるFig. 3aを改めて見て貰えばMAP(Managed Access Phase)がRAP(Random Access Phase)の間におかれていることから理解できるでしょう。なお、後に述べる予定の非ビーコンモードではMAPが用いられますが、これは既に述べたように非競合（contention free）/PCFアクセスで高速の高精細動画伝送のような高優先度データ伝送ための仕組みです。

2.5.1 PCF ネットワーク管理設定

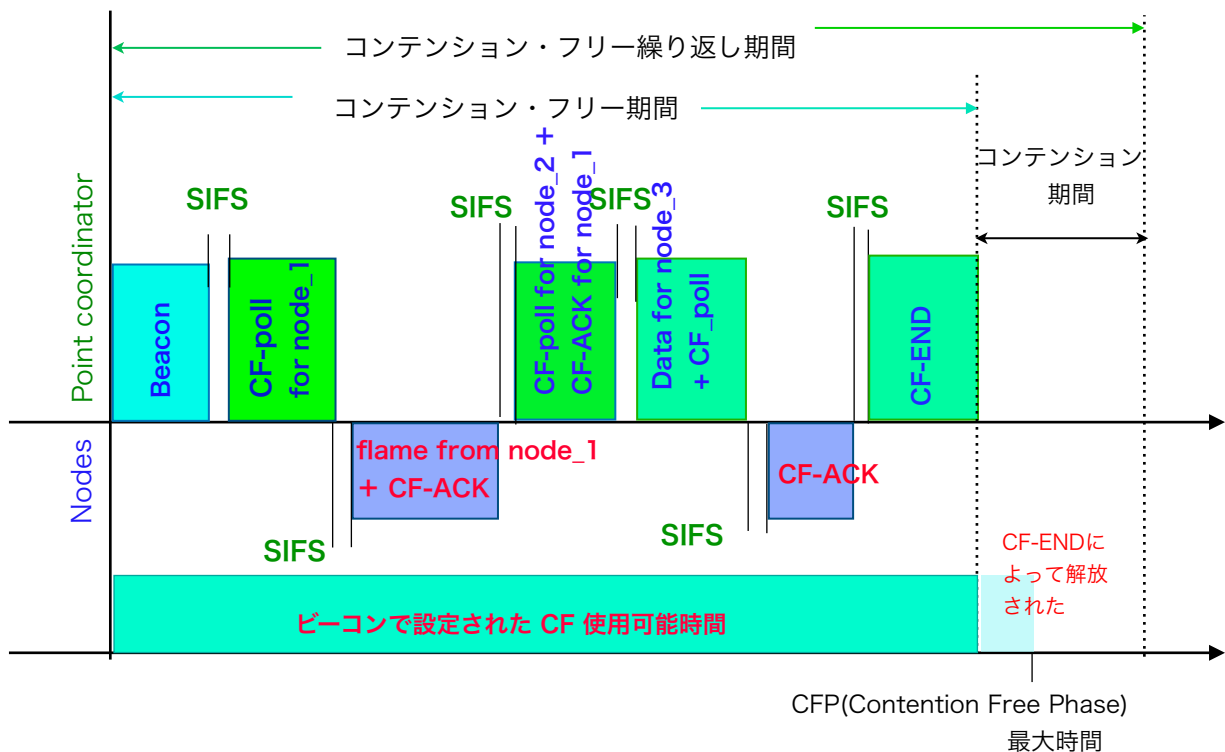
ポーリングアクセスを有線通信で実現する場合には、集中管理者(organizer/HUB)が接続者(user)を登録して順次（サイクリックに）トークンを配ることで接続の権利を付与し、データ伝送を実現しています。ワイヤレスアクセスを集中管理で制御する場合には、コーディネーター（point coordinator/HUB）が、接続を許可するための ID (identification) 電波を送りそのID(CF-poll MAC address)と同期が取れた（前もって登録されて順番が決まっている）ノードがネットワークに接続・データ送信できます。WiFi/IEEE 802.11xでもBAN/IEEE 82.15.6でも同期を取るための基準時間を決める電波はビーコン信号として発射されていて（BANでは非ビーコンモード：non-beacon modeもある）DCFとPCFのどちらのモードでも時間同期が取れる仕組みになっています。複数のノードを管理するcoordinator とノードとのアクセスに伴う信号には多種類の組み合わせがあるので交換されるメッセージ（フレーム）内容も複雑になります。最初には、基本的な接続手順の仕組みと、coordinatorから送られるフレーム（メッセージ）信号伝送についての解説から始めましょう。

* PCF(Point Coordination Function)におけるノードへのアクセス権付与*

（ビーコンモードでの）PCF 制御は、コーディネータ（coordinator）がビーコン電波を発生し、時間標準を設定することで開始されます。ビーコンフレーム送信完了と共にSIFS時間後に最初のユーザ（node_1, としましょう）にID_1を含んだ許可信号 CF-poll を送ります。node_1はそれを解読して（自分宛てであることを確認し）ACKをコーディネータへ返すことで、フレーム送信権を獲得できます。ユーザとしてのノードは事前にコーディネータに登録されていてCF-pollを受信できる状態にあればフレーム送信権を得られます。このような意味からCF-poll フレームはコンテンション・フリー・ポーリング・フレーム(contension-free-polling-frame)と呼ばれていて、ノードが1フレームを送るための許可証の役目をしています（有線ポーリングアクセスにおけるトークンの役目を担っている、と云っていいでしょう）。これ以降の説明のために図を一つ作成しておきます（図 Fig. 5a）。

図に示すようにビーコンにはCF 期間として使用できる時間情報が含まれていて、その時間内に送ることができるフレームの量を計算してスケジューリングをします。（図では、一番下の「CF 使用可能時間」です）先ほど説明したように、CF-pollで送信できるのは1フレームで、ノードは送信完了に伴いACK（図ではCF-ACK）をcoordinatorに返します。各ユーザ（ノード）のアクセス許可はSIFS時間

後にCF-pollが（次の）ノード宛てに送られますが最短の SIFS 時間後なのでDIFS 利用のノードからの干渉（衝突）は発生しません。このように、PCFに登録されたノードは順次フレームのやり取りを達成することができるようになります。図より、coordinator は複雑な構成を持ったフレームを送っていることが分かります。例えば、2番目のノード（node_2）へ送った CF-poll へのnode_2からのCF-ACK が返らないので（隠れ端末問題等で返信フレームが戻らないような場合がある：node_2で送るべきデータがない場合にはNull-Function frame を送ります）point coordinator は次のnode_3へCF-pollを送りますが、図ではcoordinatorにnode_3へ送るべきデータがあったので、CF-pollと共に送信待ちの（キューイング）データを組み合わせて送ることができます（この例で示すように、data + CF-poll を送ることができます）。point coordinator が取り扱うフレーム・データの構成やデータの流れ、更にはDIFS運用とのモード(phase)交替についての詳細は省きますが、必要な方は WiFi/IEEE 802.xxxなどの関連規格書を参照してみてください（802.11 関係の規定策定が先んじていたため、解説書が豊富です）。IEEE 802.15.6/BAN MACについての本講座本来の説明箇所でも紹介してみようと思っています。



図_Fig. 5a Point Coordination Functionの動作手順例
 (図中、日本語文字と英語文字が混じっていますが、乞うご容赦)

2.5.2 DCF/CSMA/collision avoidance とPCF/polling accessの 高機能化

IEEE 802.11x (CSMA/CA, PCF) に QoS を導入した規格にIEEE 802.11e optionがあります。ここでは 802.11MACの高機能化のための改良としてCSMA/CAとPCFの改良モードとして Hybrid Coordination Function (HCF) が規格化されました。HCFでは2つのQoSが導入され、データ内容による優先制御とアプリケーションに依存する優先制御が導入された他、複数の高機能化、省電力化機能が導入されました（詳細は2.6 IEEE 802.11e optionに：Prioritized QoSとParameterized QoSに分類される）。WBANのMAPは上記の改良型 PCF (HCCA：HCFコントロールド・チャネル・アクセス) 依存のアクセス手順を用いた区間です（これだけではないですがここでも詳細は省きます）。EAP/WBANでも802.11eで導入されたアクセスカテゴリー（AC BK:Backgroud, AC BE:BestEffort, AC VI:Vldeo and AC VO:VOice）に依存したバックオフ（back-off）制御とHCF拡張仕様が規定され、これらでコンテンツによる優先制御とデータ伝送の効率化を図っています。EAPで表されるExclusive（排他的）の起源については後ほど機会を作り述べる予定です。

2.6 IEEE 802.11e option 概要

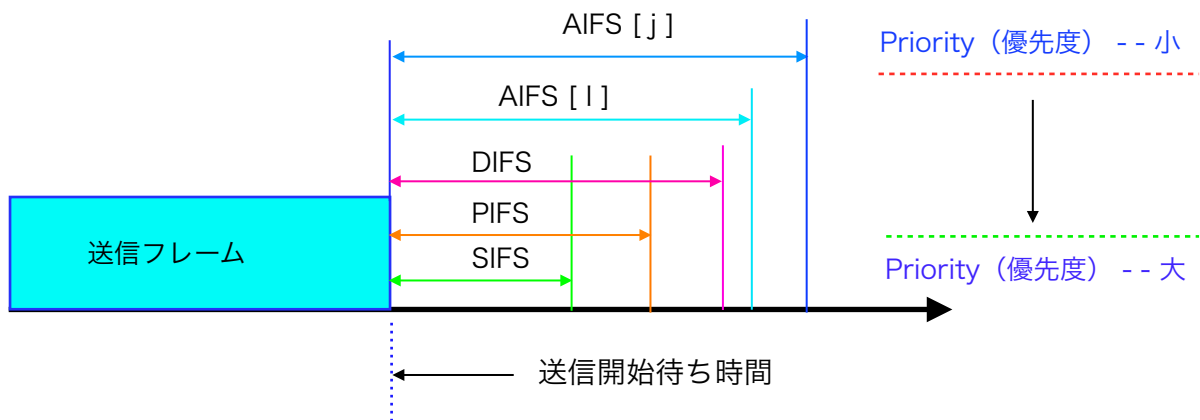
2.5.2 の説明ではIEEE 802.11eとIEEE 802.15.6に関する（アクセス制御の）特徴が羅列的に述べられてしまっているため、解り辛さは否めないと感じられるでしょう。IEEE 802.15.6 WBANにおけるMACの効率化は802.11e optionで導入されたアクセス制御を多様なデータを取り扱うことが前提となっているネットワークに基本設定として優先制御を導入することで達成されています。以下ではIEEE 802.11e optionについてもう少し説明をして、Wireless BANネットワークについての制御技術の基本的な考え方を得たいと思います。

2.6.1 Hybrid Coordination Function(HCF)

直前にも述べましたが、Hybrid Coordination Function(HCF)はCSMA/CAとPCFの効率的運用を実現するために規定されたアクセス手順で2種類のHCFがあります。ここでは、二つのQoS機能を導入して多様なコンテンツに対応できるように改良しています。それぞれのHCFで導入されているQoSについて簡単に述べてみます：

*HCF Contention-Based Channel Access *

手順名から推測されるように、これはCSMA/CAにQoSを導入したデータ伝送時における優先接続制御です。規定としては直前で挙げた Prioritized QoS制御に対応して、EDCA(Enhanced Distributed Channel Access：拡張分散チャネルアクセス)とも呼ばれています。IEEE 802 委員会のもとで QoS サービスを規定しているのは IEEE 802.1Dですが、そこでは8段階の優先制御 (user-priority, 0-7：ただし、priority 0はbest-effortです) が規定されています。一方、EDCAでは802.1D 規定を簡略化した4段階の優先制御に分類されています。これらはアクセス・カテゴリ(AC: Access Category) と呼ばれ、それぞれAC BK, AC BE, AC VI, AC VOと呼ばれていますが、これらの内容の凡そは既に述べたとおりで優先度の順位はVO, VI, BE, BKに従い低くなって行きます (これらに対応した規定値は **AIFS : ArbitrationIFS**と呼ばれてシステム初期値：defaultとして与えられます)。これに則った機器はデータ (AC) 毎の送信キューを備えていてそれぞれの優先度に従った並列制御を受けて送信機会を与えられます。



図_Fig. 5b ACに依るback-off 時間の制御 : AIFS [i]

(AC ; Access Category : コンテンツ・データに依存したアクセス待ち時間の優先制御 : back-off AIFSとcontention window, CW で制御する)

この Enhanced DCA (拡張 DCA) では更に幾つかの QoS 制御手続きが加えられて高機能化がなされています。その中に排他的チャネル利用 TXOP : Transmission Opportunityと呼ばれる機能があります。これは、指定されたフレーム送信可能時間が終了した後に限られた時間だけ優先的 (排他的 : Exclusive) に送信権を付与される機能です。その延長可能時間はACによって異なる

りますが、こういう機能が付加されたことで大きめのファイル送信に対する効率改善がなされています。

これまで述べてきた高機能化 CSMA/CA に関する各種設定パラメータの具体的な数値については、機会を作って（WBANとの比較として）紹介したいと思います。

* HCF Controlled Channel Access *

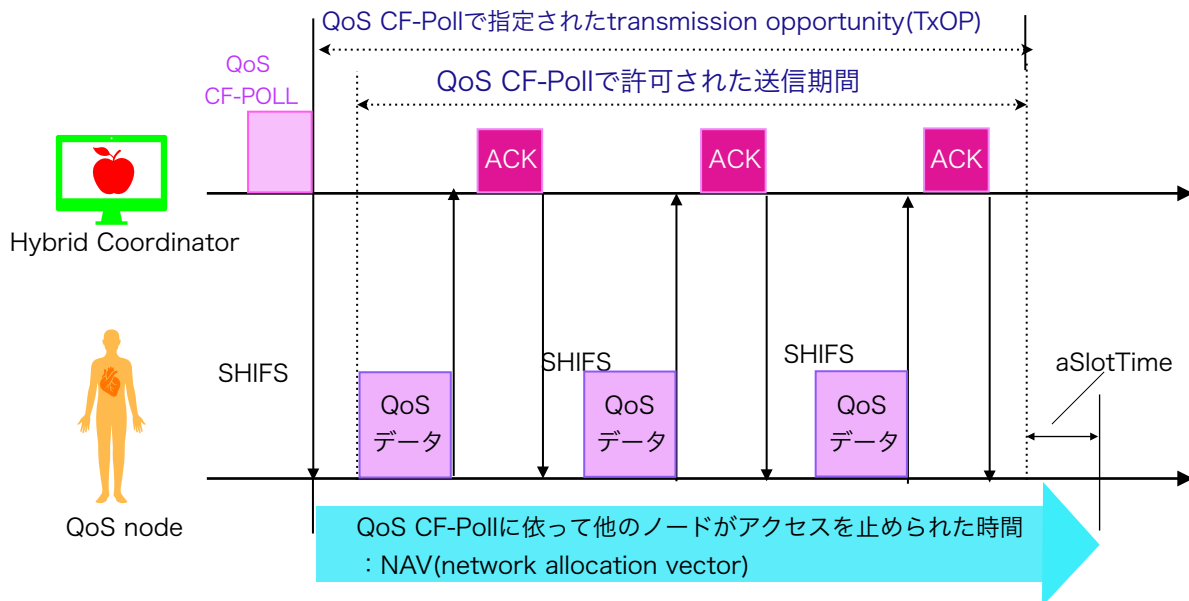
この hybrid 方式は（やはり）手順名から推測されるとおり、PCFに優先制御を導入した規定です。PCFでは、

- ①ノードからのデータ転送はスケジューリングされていて送信タイミングにフレキシビリティに関する不満がある。
- ②伝送データに関する品質保証（帯域の確保、レイテンシーの保証など）に関するネゴシエーション規定がない。等に関する改良が要望されていました。

これらを改善する目的で導入されたのが HCF Controlled Channel Access(HCF CCA)です。①に関しては HCF EDCAとしてこれまでに説明してきた優先(priority)接続機能を与えることで、データ内容に依って接続パラメータを設定(Prioritized QoS) できることでファイル送信のタイミング制御(AIFS)を可能としています。一方、②に関しては品質保証のためのネゴシエーションをHUB/Coordinatorとの間で可能とする規定が組み込まれ(ネゴシエーション後のポーリング(polling)フレームはQoS CF-pollと呼ばれます)、各種品質保証のためのパラメータ設定が交渉可能です。このoptionはParameterized(パラメータ保証)QoS機能と呼ばれるものです。本機能でもQoS CF-pollはチャンネルがアイドルになった後 PIFS 時間後に送信されるのでAIFSでアクセスが可能なHCF-EDCAで動作しているhybrid 分散制御ノードからのアクセスに先んじてフレーム伝送が可能です。SIFS, PIFS, DIFS, AIFSの間の時間関係については図 Fig. 5bに挙げておいたとおりです。また、HCF Controlled Channel Accessのアクセス手順例の概要を図_Fig.5c に示しておきます。

HCF Controlled Channel Accessにはこれまで挙げてきた基本的な拡張機能の他に、誤り制御や誤り訂正機能を提供できる機能についてネゴシエーション可能です。これらの機能を説明するためにはARQのような再送要求を含んだ誤り制御についての知識が前提をなりますし、高機能化されたARQについては物理層

(PHY) の知識も必要です。PHYを含んだARQに関する解説は次回以降の講座で触れる予定です。



図_Fig.5c HCF Controlled Channel Accessのアクセス手順例

図_Fig.5c に出てくる省略述語 (abbreviation terminology) の簡単な説明

- * HC(Hybrid Coordinator) : ハイブリッドモードでPCFを制御する管理ノード(node)です。
- * QoS CF-Poll(QoS Contension Free-Pollable) : HCが配下のQoS機能を備えたノード (QoS node) にアクセス許可を与える際に送る各種の設定パラメータを含んだQoS 許可フレームです : フレームの内容については後の講座で別項を作る予定です。
- * SIFS(Short InterFrame Space) : フレーム間スペースの最短時間です。既に説明済みですが、PCFではSIFSでフレームの送信がなされます。そのため、送信権を得たのちには (許可された時間内 : TXOPでは) チャンネルを占有できます。
- * QoS データ : HCF CCAで扱われるノードデータです。ここでは多くの種類があることを記憶に留めておいて下さい (HCは多くのノードへデータ送信可能です) 。
- * ACK : 受信報告用フレームです。ここでは、データ再送手順としてstop-and-wait ARQを用いた例を挙げていますので、フレーム受信ごとにACKフレームがQoSノードから送られています。伝送能率の高いARQを用いた場合の手順例についてはもう少し技術的な勉強の後に紹介する予定です。
- * TXOP(Transmission Opportunity) : 配下ノードがHCからチャンネル使用可能を許可された時間です。

all right reserved by NPO WBN