本サービスにおける著作権および一切の権利はアイティメディア株式会社またはその情報提供者に帰属します。また、本サービスの出力結果を無断で複写・複製・転載・転用・頒布等をすることは、法律で認められた場合を除き禁じます。

江端さんのDIY奮闘記 EtherCATでホームセキュリティシステムを作る(5):

## 6万人のメイドが"合体"!? EtherCATの通信方式

#### http://eetimes.jp/ee/articles/1510/30/news035.html

今回は、EtherCATにおける4つの通信方式を解説したいと思います。EtherCATには、マスタ(ご主人様)が、スレーブ(メイドたち)の"身上調査"を行うための「SDO通信」用に3種類、"仕事内容"を送信するための「PDO通信用」に1種類の通信方式があります。膨大な量のフレームが飛び交うEtherCAT通信の世界を、さっそくのぞいてみましょう。

2015年10月30日 08時30分 更新

[江端智一, EE Times Japan]



FA(ファクトリオートメーション)を支える「EtherCAT」。この 超高度なネットワークを、無謀にも個人の"ホームセキュリティシ ステム"向けに応用するプロジェクトに挑みます……!! ⇒「<u>江端</u> さんのDIY奮闘記 EtherCATでホームセキュリティシステムを 作る」連載一覧

「エンジニアの方でメディアに登場する方って、ほとんどいないのですよ」。

以前、新連載の打合せの時に担当のMさんがおっしゃっていました。

「比べて、IT系の人は、あっちこっちで講演やらインタビューやらで、メディア露出が激しいですけど……」。

確かにIT系ベンチャーの若い社長って、あっちこっちで自分のビジョンをしゃべりまくっていますよね。まあ、栄枯盛衰の激しいITの世界においては、あれも大切な仕事の1つなのでしょう。

「だから、江端さんみたいな(サラリーマンで、週末エンジニアで、自分のホームページに文章を書いて、公開している)方って、少ないのですよ」。

うん、私もそう思う。私以外で、私みたいなことやっている人を、私は知らないです。

実際のところ、(私を除けば)エンジニアは控え目で謙虚です。

そして、エンジニアは、自分のエンジニアとしての価値を過少評価する傾向があるように思えます。

私の回りにいる人間は、(あの無礼な後輩も含めて)世界のどこに出しても恥ずかしくないエンジニアばかりですし、その中には私が「天才」と認定した者もいます。ところが、その手の「

天才」は往々にして、価値基準が世の中から離れていることが多いのです。

例えば、『特許出願、論文投稿、海外での学会発表などへの興味が全くない』などです。私が色々アドバイスしても『えー、面倒くさいです。江端さんの発明ってことにして、論文とか特許出願してもらっていいですよ』と、平気で言ってしまうのです。

一一いや、それ、できないし(特許法第29条違反)。

仕方がないので、主任であるこの私が、彼の特許明細書のゴーストライター……もとい、テクニカルライターとなって、彼を発明者とする特許出願をしたりしていました。

この連載のきっかけとなった、SOEM(Simple Open EtherCAT Master)の開発者の方を探すために、私は、欧州と米国にメールをバラマキました。あちらのエンジニアは移籍が頻繁で、追いかけるのが大変なのです。

ようやくたどり着いたSOEMの開発者に、「あなたの開発したコードは素晴らしい! SOEMを使った内容で連載したいけどいいかな? できれば、開発者としてのコメント(読者への挨拶文)をもらえると嬉しいんだけどな!!」という、(熱い内容の)メールを送付したのですが、なんというか

## 一一 反応が薄い

「好きにやって下さって結構です」という感じの短いメールを一通頂きましたが、その内容はとてもタンパクで、結局、この連載へのコメントは頂けませんでした。

「似ているなぁ」と思いました。

彼らは、自分自身を売り込もうとしない。メディアなどで自分の成果を語ろうとはしない。「自 分が作りたいものを作っていること自体が、すでに『ご褒美』」と思っているかのようです。

もっとも、私は、そういうエンジニアが好きです。

少なくとも、「意識高い系」の発言を繰り返すITベンチャー企業の社長 ―― 時々『下品だなぁ』と眉を潜めてしまう ―― とは、全く逆さの方向で、こういうエンジニアたちのことを、私は心から大切にしたいと思うのです。

私は、そういう「天才」にはなり得なかったわけですが、そういう「天才」を理解する能力には 恵まれたようです。

―― 映画「アマデウス」のサリエリか!

と、寂しく「一人ツッコミ」している、秋の夜です。

こんにちは。江端智一です。

ネット詐欺\*)の被害に遭っているうちに、夏が終わってしまい、いつのまにか秋になってしまいました。

\*) 実録! ネット詐欺(前編): "ネットワーク研究者" がネット詐欺に遭った日

そこで、これまでの連載の内容を思い出してみたいと思います。



【第1回】 Ether CATって結局なに?~「ご主人様」と「メイド」で 説明しよう

解説:EtherCATの概要

実施: Ether CATスレーブのLEDがピカピカ光る映像



【第2回】EtherCAT通信の仕組みを知ろう~メイドは超一流のスナイパー!?

解説:PDOと、Ethernetフレームによる、EtherCATのデータ交

換方法

実施:SOEM(PCのEtherCATマスタ)のサンプルプログラム

のコンパイル方法



【第3回】「老人ホーム 4.0」がやって来る

解説:SDOとメールボックス通信

実施:Light ethercat slave (スレーブエミュレータ) の構築

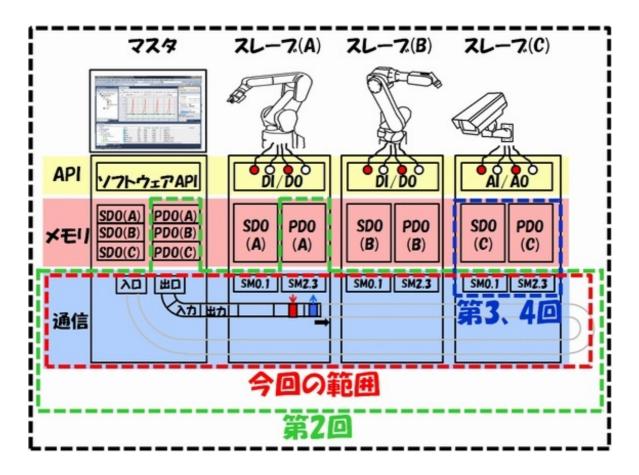


【第4回】ご主人様とメイドはテレパシー通信をしている?

解説:EtherCATスレーブのメモリ構成

実施:SOEMのデバッグ・トレース環境の構築

後輩から、「今回の連載が、EtherCATのどの辺を解説しているのか分からない」とも言われていますので、今回のターゲットも含めて、図示してみます。



この後、ざっくり3つほど説明できれば、EtherCATの全体を一通り説明できることになるかな あと思っています。

具体的には、(1) EtherCATの通信タイプ、(2) SDOやPDOのオブジェクトの構造、そして、(これが恐ろしく面倒なのですが)(3) Ethernetフレームから、SDO、PDOを経て、DI/DOやらAI/AOにアプリケーションデータが届けられるまでの仕組み(その逆方向も)です。

## 通信方式ーー4タイプもある!

では、今回は、前述した(1)のEtherCATの通信タイプについてお話します。

WireSharkなどのパケットアナライザでEtherCATの通信フレームを見た方なら理解して頂けると思いますが ―― 本気で「うんざり」します。たかだか3つのEtherCATスレーブのSDOの通信だけで、1000を超えるパケットが飛び回っているからです。

EtherCATのフレームは、データリンク層(低レイヤ)のフレームなのだから、仕方がないとも言えるのですが、これを1つ1つ読んでいく作業は、かなりしんどいものでした。

これは、EtherCATマスタ(ご主人様)が、自分のネットワークの構成(お屋敷の部屋数や広さ)を理解すべく、EtherCATスレーブ(メイド)の全員の数と働いている場所と容姿(スレーブの種類)を探ろうとしているのです。これが「SDOの(ための)通信」です。

そのため、EtherCATの通信は、IP通信などとは比較にならない程、面倒くさい仕様になって

います。特に、私が初めてEtherCATの通信タイプについて調べた時は、がく然としたものです。

## -- (萩尾望都先生の「11人いる!」風に言えば)4タイプ(も)ある!

以下は、EtherCAT関連の資料で出てくる、通信タイプの説明です。

通信タイプ	アクセス 方法	アドレス	オフセット	機能
(1)プロードキャ スト	-書込のみ	インクリメン ト・アドレス	ローカルメモリ アドレス	全スレーフに任意の テータを送信する
(2)論理アドレス	-読出のみ -読み書き同時	32ビット論理アドレス		各スレープを20Gバイトの仮想メモリ空間にマッピングして管理する
(3)コンフィギュ アードアドレス	- 書込のみ - 読出のみ - 読み書き同時 - 複数スレーフ 同時読み書き	コンフィギュ アード・アドレ ス	ローカルメモリ アドレス	アドレスの値がローカ ルのアドレス・レジスタ と一致
(4)オートインク リメントアドレス		ポジション・ アドレス	ローカルメモリ アドレス	ポジションの値が0のテ バイスをアドレス指定

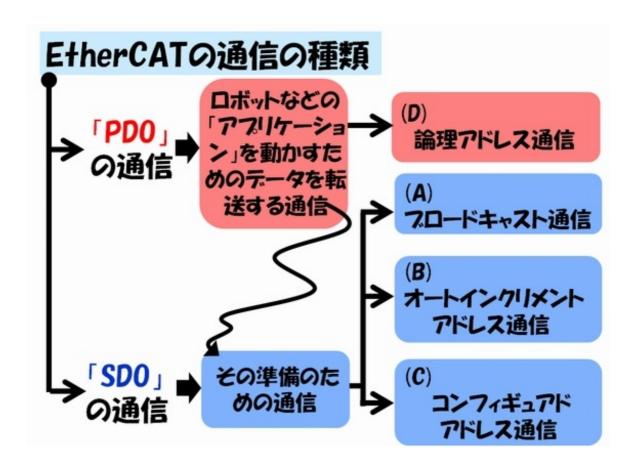
## ―― みんな、この表の説明で、本当に理解できるの?

私には、全く理解できませんでした。もしかしたら、『私の頭だけが、絶望的に悪いのか』と本気で落ち込みました。

そこで、今回も、例外的なレアケースや、厳密で正確な説明を、意図的に踏みにじって、ざっくり解説を試みることにします。

まず、通信タイプのカテゴリを組み直します。

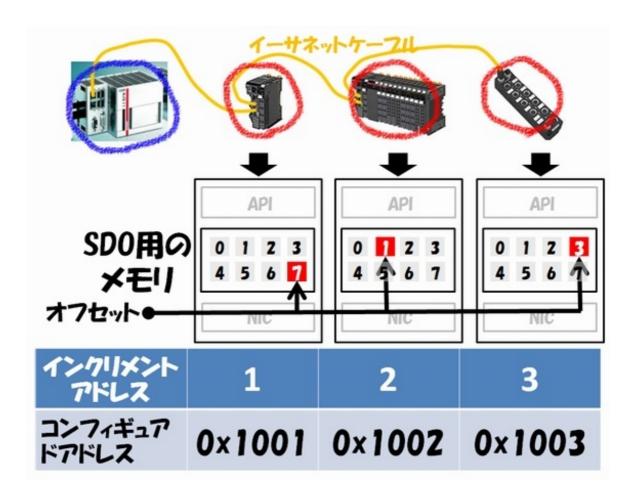
基本的に「SDO」用の通信と「PDO」用の通信に区別します。



「SDO」のための通信には、3つの通信タイプがあります(そもそも、「オートインクリメントアドレス」だの「コンフィギュアドアドレス」って名称がどうも良くないと思いますが、この件は後程)。

## スレーブたちに"2つの名前"を与える!?

「SDO」のための通信では、マスタ(ご主人様)が、スレーブ(メイド)たちに、2つの名前(アドレス)を付けます。



1つ目は「インクリメントアドレス」といって、マスタの近くから、1、2、3、という数字が付与される「仮アドレス」、いわゆる「ゼッケン」です。

2つ目が「コンフィギュアドアドレス」といって、文字通り「固定アドレス」のことです。イメージはマスタ(ご主人様)が決めるスレーブ(メイド)の名前という感じですね(とは言っても16ビットアドレス(0x0000~0xFFFF)で命名しなければならないのですが)。

なんで2つも名前(アドレス)を持つかというと、固定アドレス(16bitアドレス(0×0000~0×FFFF))をスレーブに伝えるためには、最初に仮アドレス(ゼッケン)が必要になる為です。それに、運用後に、スレーブが故障で取り除かれたり、逆に追加されたりすれば、ゼッケンの番号がずれて、アドレスとしては役に立たなくなってしまいます。それを避ける為には、どうしても固定アドレスが必要になるのです。

### メモリ番地=オフセット

スレーブ(メイド)の中にあるメモリ番地を「オフセット」と呼びます。このオフセットとは、メイド たちの部位(手、足、身長、体重)と考えればよいでしょう。

SDO用のメモリのオフセット番号は、基本的な部分は全てのスレーブで共通です。例えば、メモリ番地"0"には、スレーブの製造メーカ名が、メモリ番地"1"には、スレーブの種類(モータ、温度計など)が記載されている、という感じです。また、メモリ番地"6"を0→1に書き換えると、スレーブの起動モードが切り変わる、などのように、「オフセット」にはスイッチの役割もあります。

スレーブはそのタイプや用途それに製造元によって、異なるオフセット番号が割り当てられることがあります。この割り当てに関しては、スレーブの設計図に相当するENI(EtherCAT Network Information)を、マスタに事前に渡しておくことで解決を図ります(ENIについては次回以降でお話します)。

こうして、マスタ(ご主人様)は、スレーブ(メイド)の身上調査や命令を、[インクリメントアドレス]+[オフセット]、または[コンフギュアドアドレス]+[オフセット]の組合せで、実施することができるわけです。

「オートインクリメントアドレス通信」も「コンフィギュアドアドレス通信」も、つまるところ、マスタ(ご主人様)が、特定のスレーブ(メイド)と会話がしたい、指示を出したい時に使う通信です。

## ブロードキャスト通信の役割は?

このように考えれば、最初に行われる「ブロードキャスト通信」の役割は明確です。

スレーブ(メイド)の数を調べることです。

なにしろ、最初の状態では、マスタ(ご主人様)は、スレーブ(メイド)が6人いるのか、600人いるのか、6000人いるのか、全く分からないのです。

なので、ご主人様は、『番号一!』と号令を出すと同時に、ブロードキャスト通信のフレームを 流し、メイドは、そのフレームを受けると『いち!に!さん!よん!』と順番に叫びながら、叫んだ番号 をそのフレームに上書きして、次のメイドに回していきます。

その時、メイドが叫んだ数が、「仮アドレス(要するにゼッケン)」になるわけです。

また、ご主人様は、戻ってきたフレームに記録されたカウントで、メイド全員の数を確認することができます。これをWorking Count (WC)と言います。

ブロードキャスト通信は、メイド全員に一斉に同じ命令を出したい時にも使われます。

例えば、全てのスレーブ(メイド)の起動モードを、一斉に変更したい時などは、いちいち特定のスレーブ(メイド)を指定する必要はなく、特定の「オフセット」だけを指定すれば、例えば、全員の起動モードをたった一回のEtherCATフレームの送信だけで変えることができます。

## だからSDO通信には、3タイプもある!

以上をまとめますと、SDOのための通信に3タイプ(も)ある理由は、

- (1)まずブロードキャスト通信で、スレーブに仮アドレスを与える必要があり、
- (2)次に、その仮アドレスを使ったオートインクリメントアドレス通信で、スレーブに固定アドレスを与える必要があり、

- (3)その固定アドレスを使って、マスタと個々のスレーブとの通信を実現する必要があるためなのです(かなり乱暴なざっくり説明ですが)。
  - ―― なんと、まあ、「回りくどい」ことしているんだ?

と思われるかもしれませんが、これには理由があるのです。

例えば、EtherCATと同じく制御LANの1つである<u>DeviceNet</u>では、スレーブの外側についているスイッチで、アドレスを1つ1つ手動で設定しなければなりません。

スレーブが10台や20台程度ならともかく、これが100~1000台のオーダーになれば、人間のやることですから、間違いなくアドレスの設定ミスが発生します\*)。

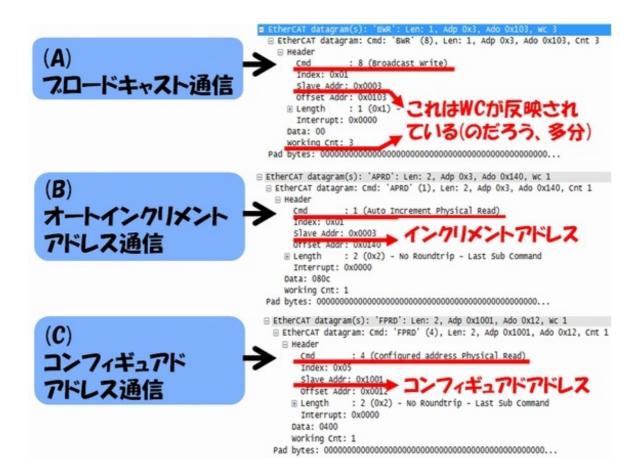
\*) DeviceNetの構築ツールに、この「設定ミス防止機能」を組み込んでいた、この私が言うのですから間違いありません。

比して、EtherCATでは、アドレス設定に関して人間様の出る幕はありません。

EtherCATは、ヒューマンエラーを回避して、アドレスを安全に自動的に付与する為にも、3つのSDOの通信方式を用意したのです\*)。

\*)制御LANの世界の、DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)の様なものだ、と言えば(分かる人には)分かるでしょう。

下記は、それぞれの通信フレームの1つを取り出して、Wiresharkでキャプチャしたものを図示したものです。



このように、アドレスのタイプが、異なっていることが分かります。

## 6万5000人のメイドが"合体"?

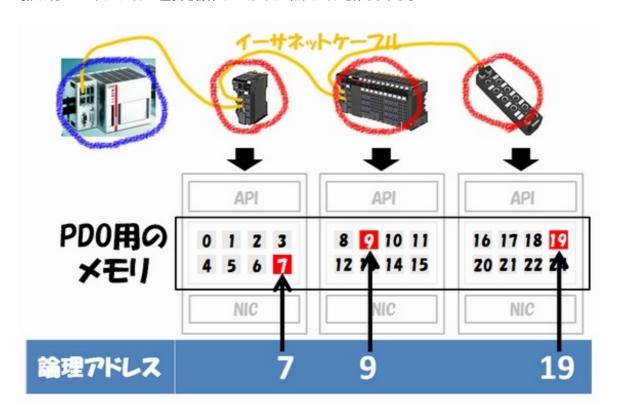
さて、では最後の通信方式、「(d)論理アドレス通信」を説明します。

これは、全てのEtherCATのPDO用のメモリ空間を、全部纏めて1つの巨大メモリ空間(20G バイト)として取り扱うという、前代未聞の(少なくとも私は知らない)方式です。

いわば、これは、最大6万5000人のメイドの全員を合体させて、1人の巨大メイドを作るようなものです。



最大6万5000人のメイドの全員を合体させて、1人の巨大メイドを作るようなもの



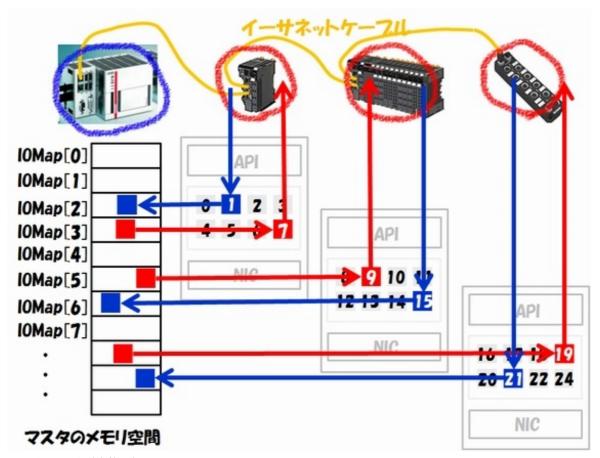
「論理アドレス通信」では、SDOの時のように、[スレーブのアドレス]+[オフセット]の組合せでメモリを指定する必要はなくなり、[メモリ番地]だけで、スレーブに指示を出せるようになります。

しかし、別段、巨大な合体メイドを作らなくても、SDOと同じように[スレーブのアドレス]+[オフセット]でPDOの信号をやりとりしても良さそうなものです。

なぜ、わざわざ、このような方法を採用しているのかというと、ここに、前回お話した、「<u>テレパシー通信(江端命名)</u>」の威力が発揮できるからです。



テレパシー通信(概念図)



テレパシー通信(実態図)

つまり、マスタ(ご主人様)のメモリの内容を書き換えるだけで、その指示がスレーブ(メイド) に伝わる訳です(逆もまた同じ)。

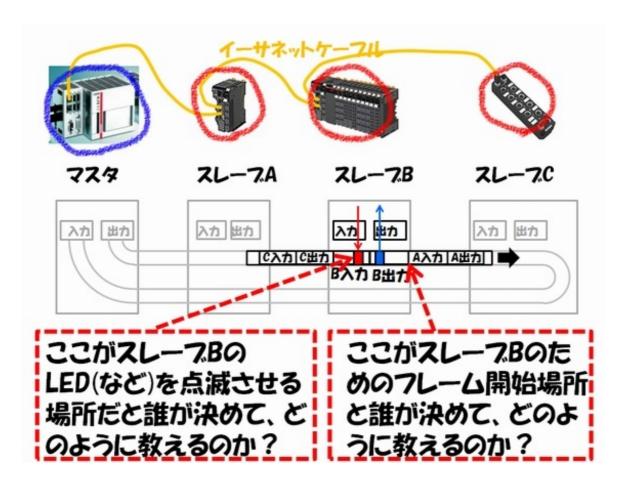
いちいち、[スレーブのアドレス]+[オフセット]を指定して通信することを考えると、格段に手間がかかりませんし、なによりそのような通信プログラムの実行をばっさり捨て去ることで、 EtherCATは、イーサネットの論理的限界速度、最大8000回/秒の通信を実現しているのです。

## 得をしているのは"ご主人様だけ"なのか?

しかし、よくよく考えれば、この「テレパシー通信」……じゃなくて「論理アドレス通信」でラクできるのは、マスタ(ご主人様)だけのように思えます。

スレーブ(メイド)は、流れてくるイーサネットフレームの中から自分宛のメッセージを切り出さなければならないし、その切り出したメッセージを自分のメモリに割り当てなければなりません。

スレーブ(メイド)側だって、こんな面倒くさい処理をしていたら、通信速度は遅くなるだろうし、 そのために高速処理用のチップなんぞを搭載したら、スレーブの価格は高くなってしまいます。



そこで、EtherCATでは、これらの問題をフィールドバス用メモリ管理ユニット(FMMU)や、SyncManagerを使って解決しています(次回以降に説明します)。

要するに、マスタ(ご主人様)とスレーブ(メイド)は、実際の仕事(PDOの通信)を開始する前に、SDOの通信を使って、完璧かつ綿密な打合せを完了させてしまうのです。

だから、たかだか3つのEtherCATスレーブのSDOの通信だけで、1000を超えるフレームが 飛び回っているわけなのです。

以上、今回はEtherCATの4つの通信タイプについて説明致しました。

『そろそろLEDの点滅だけではなく、何か動かしてみないとヤバイなあ』と思っています(そもそも、そういう公約を掲げて始めた連載でした)。

しかし、現時点で、私がSOEM(Simple Open Ethernet Master)を使って、完全にコントロールできるのはDI/DOとAI/AOのスレーブだけです。まあ、しかしこれらが動かせれば、基本的にはなんとかなる(する)のが「制御の世界」だったするのですが。

まあそれはともかく、―― まずは、「ピタゴラスイッチ」レベルでも、EtherCATで何かを動かしてみないとなぁ、と考えています。

動くと楽しいし、楽しいから頑張れる。

いつだって、エンジニアのエンジンは、「楽しい」という燃料で動いているのですから。

## こそっと独り言

先日、あるメーカーの方から、この連載について「EtherCATについて非常に分かりやすく解説してあり、助かっています」とのメールを頂きました。こういうメールを頂けると、元気が出てきます。

また、読者の方の環境でも、私が記載したSOEM(Simple Open EtherCAT Master)の構築方法やテスト方法が、ひと通り動いていることを知って(ヘナヘナと座り込んでしまうほど)安堵しました。

こんな連載をやっていれば、日本中の制御LANのエンジニアから、山ほどの問い合わせメールがやってくるかと思っていましたが、実際のところ、問い合わせはほとんどありません。

その理由を想像してみると、(1) Ether CAT なんぞ知らん、(2) 江端と関わり合いをもつのは面倒、(3) 恥ずかしがり屋、の3択くらいかなぁ、と思っています((2) なら悲しい)。

しかし、実際のところ、私も質問されても、正しく答えられる自信はありません。一緒に「分かりませんねえ」とボヤくのが関の山ですが、それでも構わなければ、お気軽にメールして下さい。

さて、ここ2カ月ほど、ネット詐欺に遭うは、特許明細書の執筆やらが休日に入り来んでくるはで、『夏休みまでにEtherCATでモーターを動かす』という目標は、押しに押しておりました。

しかし、ようやく10月29日(本当に30分程前に)、EtherCATスレーブでステッピングモーターを回すことに成功しました!

嬉しくて、家の中をピョンピョン飛び回っていたのですが、この喜びを共感できる人間が、江端家にはいない。

『うん、パパが嬉しいなら、私も嬉しいよ』と、食器を洗う手を止めないで生返事を寄越したのは、

一一リトマス試験紙が、青になろうが赤になろうが、それが一体何だというの?

という名言を残した、私の最愛の妻です。

⇒本連載のバックナンバーはこちら

#### 特別協力:

本連載では、スレーブの提供などで<u>ベッコフォートメーション</u>にご協力いただいております。

# **BECKHOFF**



#### Profile

江端智一(えばたともいち)

日本の大手総合電機メーカーの主任研究員。1991年に入社。「サンマとサバ」を2種類のセンサーだけで判別するという電子レンジの食品自動判別アルゴリズムの発明を皮切りに、エンジン制御からネットワーク監視、無線ネットワーク、屋内GPS、鉄道システムまで幅広い分野の研究開発に携わる。

意外な視点から繰り出される特許発明には定評が高く、特許権に関して強いこだわりを持つ。特に熾烈(しれつ)を極めた海外特許庁との戦いにおいて、審査官を交代させるまで戦い抜いて特許査定を奪取した話は、今なお伝説として「本人」が語り継いでいる。共同研究のために赴任した米国での2年間の生活では、会話の1割の単語だけを拾って残りの9割を推測し、相手の言っている内容を理解しないで会話を強行するという希少な能力を獲得し、凱旋帰国。

私生活においては、辛辣(しんらつ)な切り口で語られるエッセイをWebサイト「<u>こぼれネット</u>」で発表し続け、カルト的なファンから圧倒的な支持を得ている。また週末には、LANを敷設するために自宅の庭に穴を掘り、侵入検知センサーを設置し、24時間体制のホームセキュリティシステムを構築することを趣味としている。このシステムは現在も拡張を続けており、その完成形態は「本人」も知らない。

本連載の内容は、個人の意見および見解であり、所属する組織を代表したものではありません。

#### 関連記事



#### 海外出張に行くあなたは、「たった一人の軍隊」である

われわれ英語に愛されないエンジニアが海外に出張する上で、「最大の難所」とも言える場所ーー。それが入国審査です。今回の実践編(入国・出国)では、海外出張に行くあなたを「たった一人の軍隊」とみなし、敵国(=出張先)に首尾よく潜入(=入国)する方法についてお話しましょう。入国審査で使える"レジュメ"も紹介します。



#### 「海外で仕事をしたい」なんて一言も言っていない!

世の中にはいろいろな方がいますが、大きく2種類の人間に大別できます。「英語に愛される人間」と「英語に



愛されない人間」です。



### iPhoneも射程圏? IntelがCDMA技術を獲得

Intelはこのほど、CDMAモデムに関する技術資産を台湾Via Telecomから購入した。CDMA技術を新たに手に入れたことは、何を意味するのだろうかーー。



## 1人の男が挑戦する"スマートホーム"の答え探し

マンションなどのリノベーションを行うリノベるは2015年9月、スマートハウスのショールーム「Connectly Lab.」をオープンした。世界中のスマートデバイスが集まる同ショールームで、開設したきっかけやその狙い、今後の展望を聞いた。そこには、ある1人の男の挑戦があった。

Copyright© 2016 ITmedia, Inc. All Rights Reserved.

