The development of FL-net protocol monitoring system

Hiroaki Kashima #,A), Natsuji Araki[A)], Hiroyuki Mukai[A)], Koji Nakatani[A)],
Miho Ishii[B)], Takemasa Masuda [B)], Soroku Ueda[B)], Toru Fukui [C)]
[A)] Hitachi Zosen Corporation, 7-89 Nanko-kita 1-chome, Suminoe-ku, OSAKA, 559-8559
[B)] JASRI /SPring-8, 1-1-1 Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo 679-5198
[C)] RIKEN, 1-1-1 Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo 679-5148

Abstract

FL-net is a network that is used in Industrial field. Such as PLC, board and computer connect with each other in the network. FL-net consists of UDP/IP and FAlink-protocol. The FL-net protocol is defined by Japan Electrical Manufacturers' Association(JEMA). The devices do not have concern with manufactures and models in order to connect with others in the FL-net. FL-net has no master node and every node observe other status. So the FL-net could not be down by particular node absence. For these benefits the FL-net is used in various systems.

On the other hand, network failure had irregularly occurred in the FL-net. It was difficult to inspect these failure packets by general network analyzing software, because large amount of UDP/IP packets in the FL-net is flowing.

In order to solve the problem, RIKEN/SACLA developed the FL-net protocol monitoring system, and Hitachi Zosen produced the system. Then, we installed the FL-net monitor into the SACLA network. FL-net monitor detected that participating node had leaved network. When FL-net monitor found the event, FL-net monitor saved packet data to a file. Analyzing the file, we knew about the occurring events in the network. We report the design, functions and installation into SACLA of the FL-net protocol monitor system.

FL-net 監視システムの開発

1. はじめに

FL-net は、日本電機工業会が定めるプログラマブルコントローラ、ディスプレイ、基板、パソコンなどを相互接続するオープンな FA ネットワーク規格である[1] [2]。FL-net は、UDP/IP を利用しており上位層には FA リンクプロトコルという通信方式を規定している。FL-net は、メーカや機器によって制限されることなく任意の機器を接続できること、マスターレス方式のため特定の機器を切り離すことによってネットワーク全体がダウンしないこと等の利点がある。このような利点により FL-net は産業分野で採用されている。

SACLA では放射線モニタ監視システム、施設系制御システム、高周波系、真空系、精密温調、低ノイズ電源およびアンジュレータ制御などにおいて FL-net を導入している。そして、SACLA では以前からまれに通信の遅延・機器の離脱などの事象が発生していた。これに対して汎用のネットワーク解析ツールでは、UDP/IP でパケットを大量に伝送する FL-net のパケットデータ解析を行うには不向きである。

故にまれに FL-net で発生していた現象を解明するために、FL-net のプロトコルに特化した解析システムを RIKEN/SACLA の開発案件として日立造船が受託制作した。

2. FL-net について

FL-net は 10BASE-T の UDP/IP ブロードキャストでネットワーク機器の全てに対してデータを送信する。FL-net は、一つのネットワークには最大 254 個の機器を接続できる。FL-net では構成する機器をノードと言い、機器毎にユニークなノード番号を設定する。FL-net は、「トークン」というデータ送信する権利を参加機器で周回(図 1)することで、各機器がデータを順番に送信する(図 2)。FL-net におけるデータ送信は、サイクリック伝送とメッセージ伝送という 2 つの方法がある。

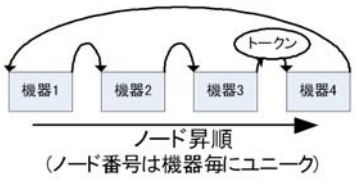

図 1 ：トークンの周回

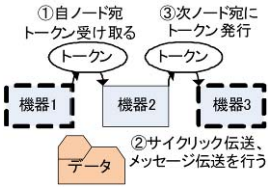

図 2：データ送信手順

FL-net では、コモンメモリという仮想アドレス空間を各機器が共有している。各機器は、コモンメモリ上に自分のデータ領域を確保しており、サイクリック伝送では自分が確保した領域のデータを送信する。サイクリック伝送は、ネットワーク参加機器

kashima@hitachizosen.co.jp

全てを対象にするが、それとは逆にメッセージ伝送を使用することで特定の機器にのみデータを送信することも可能である。データ送信権であるトークンの周回はトークンフレームというデータを含むパケットの受信によって行われる。FL-net に参加している各機器は、トークンを保持しているノード番号、他の参加ノードのコンフィギュレーションデータと参加ステータスとトークンの周回を監視することによって、他のノードのタイムアウト、ネットワーク離脱を独自に判定する。

FL-net では、トークンを保持しているノードがトークンを発行しなかったとき、その次にトークンを受け取る予定の機器がタイムアウトを検知し、新たにトークンを発行する。そして、トークンを発行しなかったノードはトークンスキップされたとみなされる(図 3)。FL-net では、トークンを三回連続スキップされた場合、そのノードはネットワークを離脱したとみなされる。

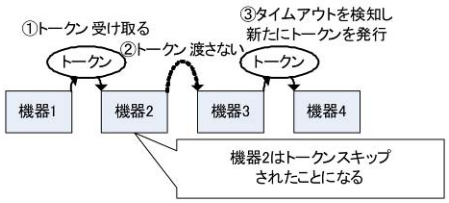

図 3：トークンのスキップ(離脱)

従って、FL-net で通信が正常に行われているかを監視するためには、トークンの監視を行うことが必須であった。

3. FL-net 監視システム

3.1 FL-net 監視システムの開発

図 4 に FL-net 監視システムの構成図を示す。

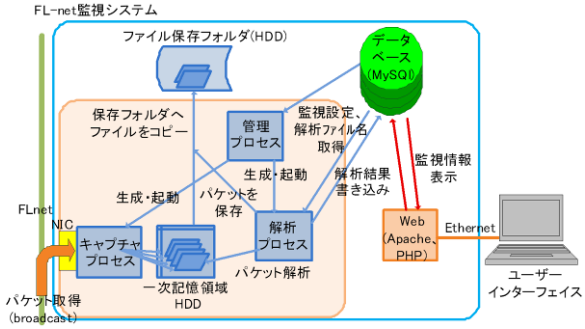

図 4：FL-net 監視システム構成図

SACLA の FL-net では、1 つのネットワーク当たり約 540 パケット/秒程度の伝送が行われる。従って、1 パケットの解析を約 1.8 ミリ秒以下で処理する必要があった。このためネットワークの監視をするにあたり、パケット受信毎に解析するのではなく、ファイルとして蓄えたパケットデータを一度に解析することで解析の高速化を測った。

FL-net の通信は、リピータハブを使用しブロードキャストで接続する全ての機器にパケットを送信する。FL-net 監視システムでは、これを利用して、ネットワークに監視用計算機を LAN 接続し、FL-net から送信されてくる全てのパケットを取り込む。そして、取り込んだ全パケットを一旦ファイルとして蓄えることとした(パケットキャプチャプロセス)。ファイルとして保存したパケットデータをメモリに展開し一度に解析を行った(パケット解析プロセス)。解析により何らかのイベントを検知した場合、解析データをデータベースに保存し、イベントを検知したパケットを前後のパケットデータと合わせて改めてファイル保存することとした。また、パケットをキャプチャする機能とパケットを解析する機能が正常に動作するよう管理する機能を設けた(管理プロセス)。

リモートで操作できるよう解析結果の情報の閲覧と監視に必要な項目の設定は Web 経由でできることとした。

以上の様なシステムを開発するため以下の表 1 の環境を用いた。

表 1：開発環境

項目	環境
OS	64bit　Scientific Linux 6.1
カーネル	2.6.32
言語	C 言語、PHP 5.3.3
コンパイラ	gcc 4.4.5
データベース	MySQL　5.1.52
サーバ	Apache　2.2.15
ブラウザ	Fire Fox 3.6

3.2 FL-net 監視システムの機能

FL-net パケットの型であるフレームには、FL-net 規格では、55 種類の規定がある。しかし、SACLA のようなサイクリック伝送が主体の FL-net でそのほとんどのフレームが使われておらず FL-net の通信状態監視は、先述したトークンフレームの監視が主となる。解析では、トークンフレームに加え参加要求、トリガ、サイクリックのフレームをまず以下の表 2 ように解析対象として振り分けた。

表 2：解析フレームの振り分け

フレーム名	フレームの用途
トークン	トークンの受け渡し
サイクリック	サイクリック伝送。
参加要求	FL-net への参加の要求
トリガ	FL-net が未確立の時に使用
その他	-

振り分けた後、表 3 に示す内容について各フレームごとに解析を行った。

表 3：解析内容とフレーム

解析内容	該当フレーム
機器の参加／離脱	トークンフレーム
ノード番号・アドレスの重複	参加要求フレーム
RMT・RCT(＊)	トークンフレーム
Falink・上位層のステータス変化	トークン・サイクリックフレーム
FL-net 以外のパケット	その他

(＊RMT: リフレッシュサイクル測定時間。 トークンを獲得してから、次にトークンを獲得するまでの時間。RCT: リフレッシュサイクル許容時間。トークンを獲得してから、トークンを獲得するまでの間にメッセージフレームを受信しなかったときの RMT の 120%の値。)

上記解析を行うことで FL-net 監視システムが検出する FL-net イベントの一覧を表 4 に示す。解析結果はデータベースに記録される。

表 4：解析で検出するイベント一覧

イベント名	イベントの内容
ノード参加	ノードの参加を検知。
ノード離脱	ノードの離脱を検知。
ノード重複	ノードの重複を検知。
アドレス重複	アドレスの重複を検知。
ULS 状態変化	ULS(上位層の状態)の変化を検知。
LKS 状態変化	LKS(リンクの状態)の変化を検知。
ﾄｰｸﾝｽｷｯﾌﾟ 1 回目	FL-net に参加済みノードからトークンフレームが一回送信されなかった際に検知。
ﾄｰｸﾝｽｷｯﾌﾟ 2 回目	FL-net に参加済みノードからトークンフレームが二回送信されなかった際に検知。
RMT の最大値・最小値変化	RMT の最大値・最小値に変化があった際に検知。
RMT＞RCT	RMT 現在値が、前回の RCT 値を上回った際に検知。

上記イベントを検出した時、イベント前後のパケットデータをファイルに保存する。保存を行うイベントは、ユーザで選択できる。ユーザーインターフェイスである WEB 画面は、アクセス時にデータベースからデータを取得し画面に表示する。図 5 に FL-net 監視システムのメイン画面を示す。メイン画面では、現在の機器の参加離脱状態と設定が確認できる。

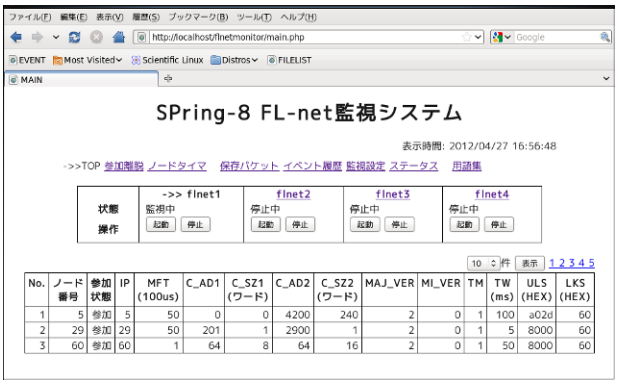

図 5：WEB 画面

3.3 SACLA への導入

開発した FL-net 監視システムを SACLA に導入した。監視の結果、FL-net 監視システムは、ノードの離脱を検知した(図 6)。離脱したノードは、上位システムと FL-net を中継する基板であった。

FL-net 監視システムを用いることでこのような FL-net のイベントの発生が正確に判明するようになった。

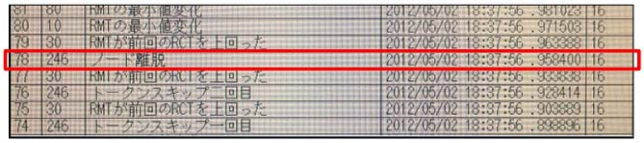

図 6：機器の離脱検知

FL-net で起きていた通信障害時、参加機器の離脱が起きていたことが判明した。そして離脱時に保存したパケットデータを解析したところ、機器はパケットの送信を突然停止していることがわかった。さらに機器停止について詳しく調査するため試験環境を構築した。

3.4 試験環境

停止した基板と PLC2 台で構築した試験環境にて機器停止について調査を行った。すると FL-net では、機器がネットワークを離脱するまでに至らないまでもトークンのスキップが頻発していることが分かった(図 7)。

ID	NODE	EVENT	TIME	ﾌｧｲﾙID
11971	5	RMTが前回のRCTを上回った	2012/07/20 12:14:32 .300502	
11970	92	トークンスキップ一回目	2012/07/20 12:14:32 .294601	
11969	5	トークンスキップ一回目	2012/07/20 12:12:15 .185635	
11968	246	RMTが前回のRCTを上回った	2012/07/20 12:09:32 .422435	
11967	5	RMTが前回のRCTを上回った	2012/07/20 12:09:32 .411470	
11966	92	トークンスキップ一回目	2012/07/20 12:09:32 .405496	
11965	246	RMTが前回のRCTを上回った	2012/07/20 12:08:41 .43693	
11964	5	RMTが前回のRCTを上回った	2012/07/20 12:08:41 .33449	
11963	92	トークンスキップ一回目	2012/07/20 12:08:41 .27267	
11962	246	RMTが前回のRCTを上回った	2012/07/20 12:07:21 .421908	

図 7：トークンスキップ

FL-net の設定にトークン監視時間というパラメータがある。トークン監視時間は、その機器がトークンを保持する最大時間であり、他の機器はこのトー

クン監視時間をもとにタイムアウトを判定する。トークンのスキップが頻発する原因として考えられることは、トークン監視時間の設定が短い場合(本環境では 5ms 以下)である。トークン監視時間内に機器がサイクリック伝送を終えトークンの発行を完了できなかった場合、次にトークンを受け取る機器はタイムアウトと判断し、トークンの送信を開始する。このことがトークンスキップとして観測されたのである。

しかし、頻度は少ないがトークン監視時間を短く設定していなかった際もトークンスキップが起きることが分かっている。この場合は、トークンスキップ発生は連続して起こることなく一回で、次の周期には、正常にトークンを発行した。よって、この場合は機器の離脱まで至らないことが分かった。

この原因については、中継装置や回線のなども考えられ、他の FL-net でもデータを採取してさらに調査する必要がある。

FL-net では、トークンが 1 回スキップされた場合、1 周期後(本システムでは周期 20～10ms)にデータの同期が再度実行される。トークンのスキップは、ネットワークの短い遅延となるが短時間のためネットワークを使用するユーザからは認識できない。

3.5 FL-net 監視システムの活用

FL-net 監視システムを使用することで、Ethernet 経由で FL-net のネットワーク状態の監視が行える。FL-net 監視システムは、専用のハードウェアに特化したものではない。FL-net 監視システムは、ソフトウェアリソースで表 1 の開発環境が構築できれば、インストール可能である。今回開発を行った計算機のスペックでは、同時に最高 4ch の FL-net を監視できる。しかし、1ch の FL-net の監視であればサーバマシンのようなハイスペックの計算機を必要とせず、個人用 PC で監視可能である。表 5 にインストールする計算機で 4ch のネットワークを監視する場合の推奨スペックと 1ch のネットワークを監視する場合に最低必要なスペックを示す。

表 5：計算機要求使用の推奨及び必要スペック

項目	スペック	
	推奨	必要
CPU	クアッドコア 2.5GHz　二個	デュアルコア 2.5GHz
メモリ	16G	2G
HDD	1T 以上	1GB 以上(＊)
インターフェイス	FL-net 用 Ethernet　4 口 WEB インターフェイス用 Ethernet　1 口	FL-net 用 Ethernet　1 口 WEB インターフェイス用 Ethernet　1 口

(＊)HDD の容量について、1GB はイベントによるファイル保存を行わない場合である。

FL-net 監視システムを汎用 FL-net 監視ツールとして使用することで、FL-net で起きた事象を速やかに検知し、ネットワークを安定化させることができる。さらに、履歴と照らし合わせてパケットデータを解析することで、ネットワークで起きた事象の原因の解決が行える。

4. まとめ

FL-net のプロトコルに従ってネットワークを監視する FL-net 監視システムを開発した。

開発した FL-net 監視システムを SACLA に導入した。FL-net 監視システムを使用することで、今まで知ることが困難であった、FL-net 上のイベントを検知できるようになった。また、ネットワークで起きている事象を解明することができ、トークンスキップ発生原因の一つと考えられることを解明できた。現在調査中の SACLA で発生した機器停止についても、FL-net 監視システムにて停止のタイミング等を詳しく調査することで原因の解明が期待される。

FL-net 監視システムは、産業分野で使用されている FL-net 用の汎用ネットワーク監視ツールとして利用可能である。

参考文献

[1] JEMA 社団法人日本電機工業会、“JEM 1479 FA コントロールネットワーク標準プロトコル仕様”, Protocol specification for FA control network standard

[2] JEMA 社団法人日本電機工業会、“JEM-TR 213 FA コントロールネットワーク[FL-net(OPCN-2)実装ガイドライン”, Implementation guidelines of FA control network [FL-net (OPCN-2)]