

# Linux 組み込みシステムのテストを効率化するテストツール Fuego

“Fuego” Testing Tool for Efficient Testing of Linux Embedded Systems

## 組み込みシステムの特徴に合わせたテストを実施可能

ソフトウェア開発では、継続的インテグレーション (CI: Continuous Integration) ツールの導入によりテストが自動化され、開発効率の向上が進んでいます。しかし、組み込みシステムの開発では、テスト項目の一般化が難しいなどの理由で、既存のCIツールによるテストの自動化が困難でした。

この問題を解決するLinux組み込みシステム向け自動テストツールがFuego (フェゴ) であり、東芝など世界中の開発者や企業が参画して、オープンソースソフトウェア (OSS) として開発されています。Fuegoは、既に100セット以上のテストに対応しており、組み込みソフトウェアの開発効率向上に大きく貢献しています。

### Linux組み込みシステムのテストへの要求とFuego

Linux組み込みシステムのテストには、CPUアーキテクチャーに合わせたビルド方法(クロスコンパイル)や、特殊なやり取り(接続、アップロードと展開、結果取得)などが必要です。また、組み込みシステムは用途に合わせて作られるため、テスト項目の一般化が難しいという側面もあります。そのため、組み込みシステムのテストは、システムに合わせたパラメーター調整やテスト項目管理を細かく行う必要があります。

テスト効率化のために、CIツールを用いた自動化が行われていますが、既存のCIツールは、組み込みシステム向けのカスタマイズが難しいという問題がありました。Fuego<sup>(1)</sup>は、こうした問題を解決することを目標としたOSSプロジェクトで、東芝は主要メンバーとして、開発に大きく貢献しています<sup>(2)</sup>。

### Fuegoによるテストの仕組み

Fuegoの構成を図1(a)に示します。Fuegoは、ftc (Fuego Test Control) というコマンドラインツールを利用して、組み込みシステムのテストを実施します。ftcにより、用意されているテストから必要なものを選択して実行したり、テスト結果のレポートを作ったりすることができます。

また、Fuegoにはグラフィカルフロントエンドもあります。これは、OSSのCIツールであるJenkins<sup>(3)</sup>をベースに作成されています。Jenkinsの機能を利用して、テスト結果を図や表で可視化できます。

図1(b)は、組み込みシステムabcに、iperf3というネットワークパフォーマンスのテストを実行し、レポートを作成するための

ftcの記述例です。

まず、①のrun-testコマンドでテストの実行を指示します。この際、テスト対象システムの情報としてIP (Internet Protocol) アドレスやユーザー名などを指定する必要がありますが、これはftcの-bオプションに指定するボード定義ファイルに記入しておきます。また、テスト対象の組み込みシステム特有のハードウェア仕様やシステム接続方法なども、ボード定義ファイルに記入してあります。これを読み込むことで、対象の組み込みシステムに合わせたテストの実行が可能となります。

-tオプションでは、実行するテストを指定します。Fuegoには、既に100セット以上のテストが用意されていて、テストによっては、更に幾つかのテストケースが含まれています。これらのテストは、ベンチマークテストのような性能値を見るものと、機能テストのような特定機能を確認するものとの2種類に分類されます。ベンチマークテストの結果は性能値などの数値であり、テストの実行ごとに異なる可能性があるため、テストの合否は、しきい値の範囲内か否かで判定します。機能テストは、結果が一意に定まるので、成功 (PASS) か失敗 (FAIL) かで判定可能です。

最後の-sオプションは、テストごとにパラメーターを変更するために利用します。テストパラメーターは、スペックファイルに記載します。①では、iperf3でUDP (User Datagram Protocol) のテストを指定しています (デフォルトはTCP (Transmission Control Protocol))。

このようにFuegoでは、ボード定義ファイルとスペックファイルにより、様々な組み込みシステムの特徴に合わせてテストを実施できる柔軟性を実現しています。

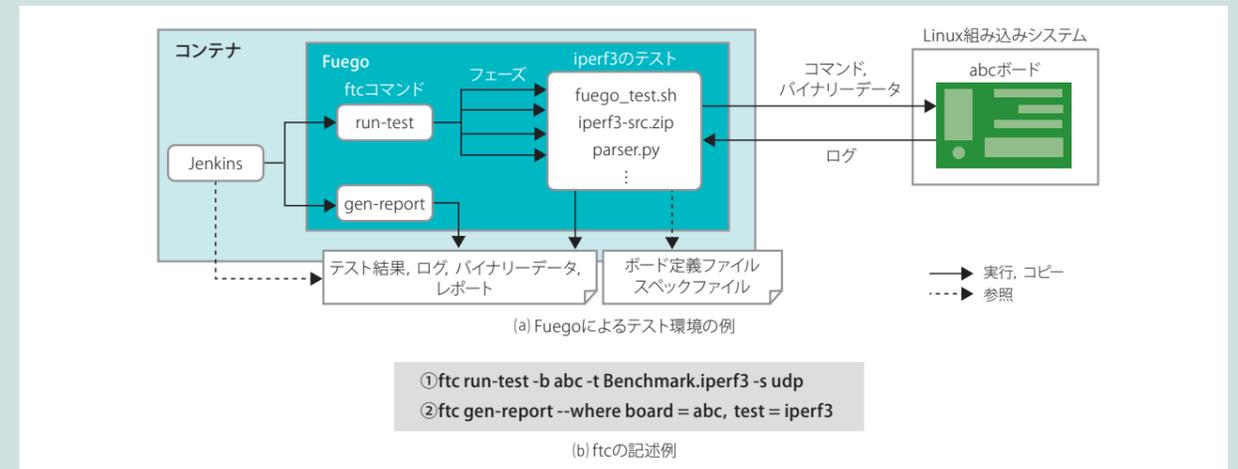


図1. Fuegoによる組み込みシステムのテスト環境の構成例

FuegoはJenkinsと連携したCI環境を構築できます。ボード定義ファイルとスペック定義ファイルにより、個々の組み込みシステムの特徴に合わせたテストを実行します。

次に、②のgen-reportコマンドで、レポートの作成を指示します。テストデータは、組み込みシステムからログとして、Fuegoに送られます。Fuegoは、ログをベースにテスト結果の判定をして、ログやバイナリーデータと一緒にJSONファイル形式で保存します。gen-reportコマンドのオプションで、使いやすいファイル形式を指定して、レポートを作成できます。

ほかにも、Fuegoには、様々な機能があります。例えば、テストを複数フェーズ(事前チェック、ビルド、デプロイ、ランなど)に分けて実行することも可能です。デフォルトでは全てのフェーズが実行されますが、-pオプションでフェーズごとの実行を指定できます。例えば、既にソフトウェアがボード上にある場合は、ビルドとデプロイのフェーズをスキップできます。

各フェーズに、個々の組み込みシステム特有のテストを追加するには、fuego\_test.shというラッパーファイルを作成します。このファイルには、組み込みシステムに合わせたフック(追加処理)を記載します。例えば、ビルドフェーズのフックにはテストのビルド手順、実行フェーズのフックにはテストの実行パラメーターを指定します。フックは、テストの実行時にFuegoから呼び出されます。

このフェーズ分けとフックにより、Fuegoは個々の組み込みシステムに対応する高いカスタマイズ性と、多数のテストの連続実行を可能にしました。

### 他のCIとの連携

組み込みシステム向けには、Fuego以外にもOSSテスト環境が提案されています。

LAVA<sup>(4)</sup>は、Linux組み込みシステム向けCIツールで

す。LAVAは大規模システム向けに複雑なボードコンフィグレーションが可能ですが、テスト整備面で問題がありました。FuegoはLAVAと同時利用できる設計なので、このLAVAの問題点を補完できます。

KernelCI<sup>(5)</sup>は、テストの結果をJSON形式で受け取り、ブラウザでグラフィカルに表示可能なWebアプリケーションです。FuegoはJenkinsを標準に利用していますが、KernelCI向けJSON形式も出力可能です。

このように、Fuegoは、既存OSSプロジェクトとの連携も考慮して開発が進められています。

### 今後の展望

Fuegoは、Linux組み込みシステムのテストニーズに基づいて開発されていますが、まだ改善の余地は多く、現在も非常にアクティブに開発が進められています。

今後は、既存フレームワークとの統合や、不具合の原因の検索機能などを追加する予定であり、当社も組み込みシステムの品質向上に向けてFuego開発への貢献を進めていきます。

### 文献

- (1) Bird, T. et al. "Fuego Test System". <http://fuegotest.org>, (accessed 2018-06-28).
- (2) Sangorin, D. Recent Toshiba Work on FUEGO. <http://fuegotest.org/files/fuego-jamboree2-daniel-sangorin-23jun2018.pdf>, (accessed 2018-06-28).
- (3) Kawaguchi, K. et al. "Jenkins". <https://jenkins.io/>, (accessed 2018-06-28).
- (4) Linaro. "LAVA". <https://validation.linaro.org/>, (accessed 2018-06-28).
- (5) Hilman, K. et al. "KernelCI". <https://kernelci.org/>, (accessed 2018-06-28).

ダニエル サンゴリン

研究開発本部 ソフトウェア技術センター オープンソース技術部 博士 (情報科学)