

平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「Ultra-Android :
マルチコア対応組込みソフトウェア・プラットフォームの研究開発」

研究開発成果等報告書
平成24年 3月

委託者 関東経済産業局
委託先 株式会社つくば研究支援センター

目 次

第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1-2 研究体制	5
1-3 成果概要	6
第2章 本論	8
2-1-1 ①-1. 仕様設計	8
2-1-2 ①-2. Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームの開発(実装)	9
2-2 ②. 評価システムの開発	12
2-2-1 ②-1. 評価システム仕様設計	12
2-2-2 ②-2. 評価システムの作成	14
2-2-3 ②-3. システム性能評価	19
第3章 全体総括	20
3-1 過年度を含む(平成21年度～平成23年度)研究開発成果	20
3-2 研究開発後の課題と対応策	20
3-3 事業化展開	20
3-3-1 事業化展開	20
3-3-2 実用化目標	21
3-3-3 製品展開	22
付録	23
付録1. 専門用語等の解説	23
付録2. 過年度を含む(平成21年度～平成23年度)成果発表と論文、展示会出展	24

第 1 章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

【研究背景】

インターネットとの親和性が高く、パソコンの機能をベースとして作られた多機能携帯電話であるスマートフォンは、2007年6月にApple社がiOSを搭載した初代iPhoneを発売。その後2008年10月にはGoogle社が無償で提供するオープンソースのAndroid™ソフトウェア・プラットフォームを搭載した初代Android™スマートフォンであるT-Mobile G1が発売された。

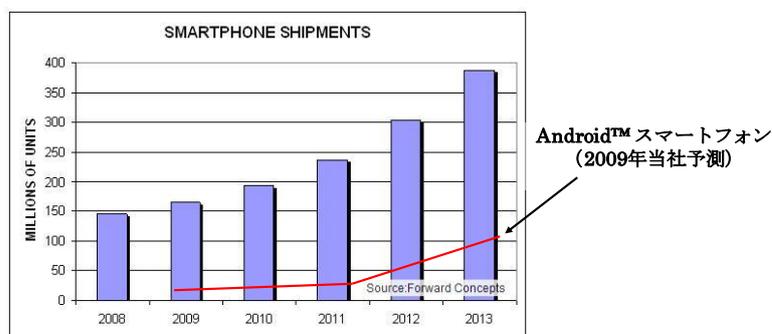
株式会社トプシステムズは、Android™ソフトウェア・プラットフォームの急速な普及を予測するとともに、その処理速度・消費電力・リアルタイム性の課題を先見し、またその普及により日本が得意とする組み込み情報機器や半導体が非競争力となることを懸念し、2009年に独立行政法人産業技術総合研究所と共同で本研究開発を開始した。

その後、iPhoneはおよそ1年に1回のペースで高機能化された新機種が発売され、Android™ソフトウェア・プラットフォームは、それとほぼ同じペースでversion 1.0、2.0、3.0と進化し、数多くの携帯端末メーカーから様々なAndroid™スマートフォンが発売された。スマートフォンの市場は、わずか3年余りで急拡大し、2012年には全世界で累計3億台を超え、そのうち約半数の1.5億台がAndroid™スマートフォンになると予測されている。さらに、2015年までに全世界で15億台のスマートフォンが出荷され、そのうち48.8%（約7.3億台）がAndroid™スマートフォンになると予測されている（表1）。

本研究開発を開始した2009年に当社が予測したAndroid™スマートフォンの市場は、2013年に約1億台であり（図1）、Android™ソフトウェア・プラットフォームは、当初予測の2倍以上のスピードで普及している。

表 1 世界スマートフォン市場予測（2010年のランク順）[資料：Gartner]

OS名	2012年 (%)	2015年 (%)
Symbian	5.2	0.1
Android	49.2	48.8
RIM	12.6	11.1
iOS	18.9	17.2
Microsoft	10.8	19.5
その他	3.4	3.3



出典：フォワードコンセプト社（米国）

図 1 スマートフォン市場におけるAndroid™スマートフォンの成長速度

【Android™スマートフォンの課題】

高機能化によりユーザの利便性を追求するスマートフォンであるが、性能面でのユーザの不満は少なくない。Webブラウザ、メール、ゲームに代表される高機能なアプリケーションでは、高解像度画像のスムーズな表示や、タッチスクリーンからのサクサクとした入力と応答、そして少なくとも1日以上のバッテリーの持ちなどのユーザの要求を、スマートフォンは十分に満たせていない。

特に、その言語特性から、処理のオーバーヘッドの大きいJava言語を用いてアプリケーション・ソフトを実現しているAndroid™スマートフォンは、高速化・低消費電力化・リアルタイム化に対するユーザの要求は少なくない。

Android™スマートフォンに関するこれらの背景と課題から、日本の得意とする半導体や端末等のハードウェアで利益を追求するためには、Android™向けアプリケーション・ソフトの互換性を維持しつつ、ユーザの要求に応える高速化・低消費電力化・リアルタイム化で大幅に差別化することができるアプリケーション・プロセッサ（CPU）と、Android™ソフトウェア・プラットフォームに関するイノベティブな技術開発が必要であると考えている（図2）。

日本の情報家電が世界で勝つために、Ultra-Androidプロジェクトを成功させる！

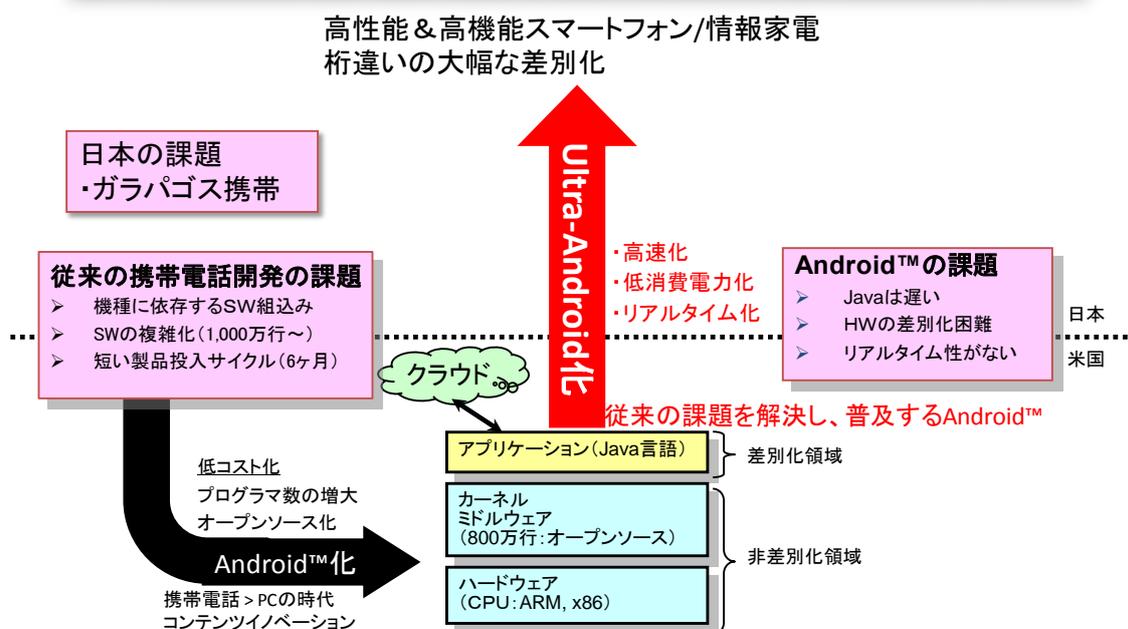


図2 なぜ、Ultra-Androidか？

【Android™ソフトウェア・プラットフォームに関する開発経緯】

Android™ソフトウェア・プラットフォームは、2008年9月に最初のバージョン1.0がリリースされてから、ほぼ1年に1回の頻度で、メジャーなバージョンアップによる機能追加が行われてきた。

更にこれらのメジャーなバージョンアップの間に、1.1、1.5、1.6、2.1、2.2、2.3、3.1、3.2というマイナーなバージョンアップによる小さな機能追加が行われており、その頻度はほぼ3ヶ月に1回である。

スマートフォンのメーカー各社は、様々な Android™スマートフォン製品を発売しており、Android™ソフトウェア・プラットフォームのバージョン 3.0 からタブレットも製品化されている。2011 年には、70 機種以上の Android™スマートフォンが製品化されたが、搭載されている Android™ソフトウェア・プラットフォームのバージョンは、2.1 から 3.2 まで様々である (図 3)。

株式会社トプスシステムズと独立行政法人産業技術総合研究所とは、2007 年 9 月に「ヘテロジニアス・マルチコア上でのオブジェクト分散処理」に関する共同研究を開始した。そして Android™ソフトウェア・プラットフォーム・バージョン 1.0 のリリースの 6 ヶ月後の 2009 年 4 月には、Ultra-Android の基本方式であるヘテロジニアス・マルチコア上で分散並列処理方式について Cool Chips XII で発表した ("Ultra Android: High Energy Efficiency Parallel Java Objects Processing via Object Request Broker on Heterogeneous Multi-core Processor", Takeshi Ohkawa, Yukoh Matsumoto, and Kenji Toda, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan)。

本研究開発は、Android™ソフトウェア・プラットフォーム・バージョン 1.6 がリリースされた 2009 年 9 月に開始し、2012 年 2 月までに基本アプリケーションに対応する「Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム」を開発し終了した。

株式会社トプスシステムズは、2012 年 12 月までに汎用性を高めた「Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム ver.1.0」の製品化を目指している。

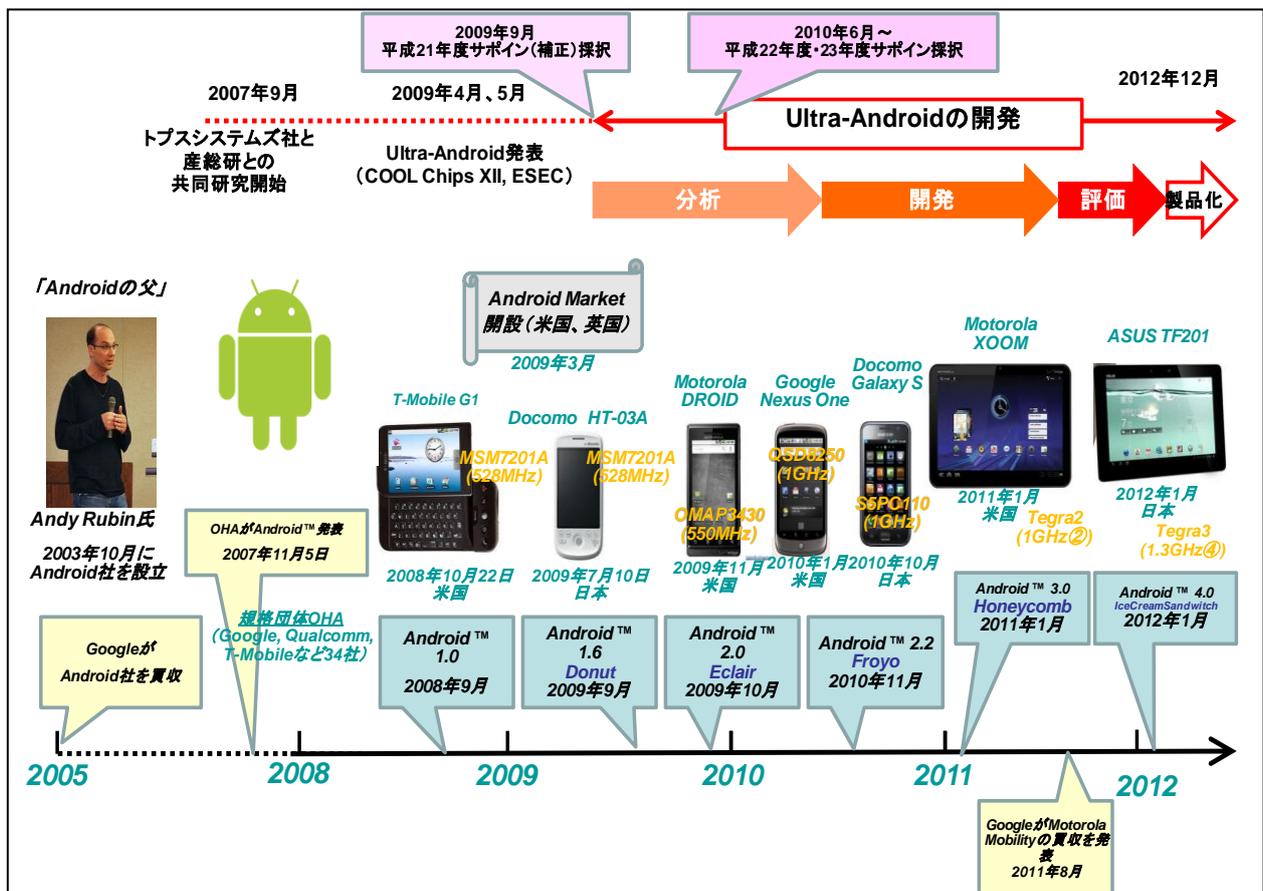


図 3 Android™ ソフトウェア・プラットフォームに関する開発経緯

【研究目的及び目標】

本研究開発の目的は、Android™用のアプリケーション・ソフトウェアを変更せずに、処理能力が高く消費電力を大幅に抑えられるヘテロジニアス・マルチコア・プロセッサの利用を可能とする「Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム」を開発することである（図 4）。

Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームを株式会社トプスシステムズのヘテロジニアス・マルチコア・プロセッサ「TOPSTREAM™ Ultra-Android」（開発中）上で動作させた場合に、ARMを用いるスマートフォン等に対し、以下に示す大幅な性能向上を達成することを目標とする。

- ① **10倍以上の高速化**（アプリの処理に掛かる時間が 1/10 以下）
- ② **10分の1以下の低消費電力化**（アプリの処理に必要な電力が 1/10 以下）
- ③ **リアルタイム化**（応答時間が 1 ミリ秒以下）



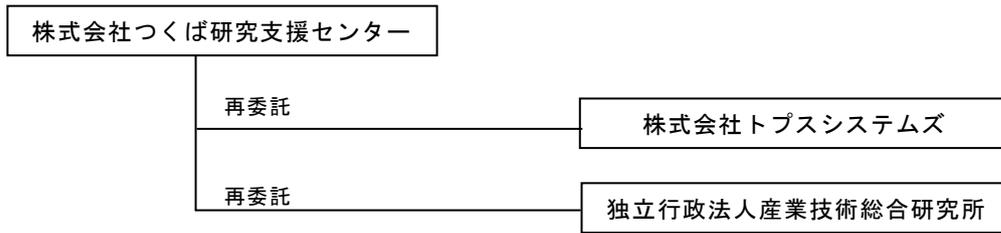
- ❖ JavaやSW間の通信処理が遅い
- ❖ マルチコアの場合、消費電力が多くなるがそれほど性能向上がない
- ❖ HWの消費電力が高い（高い動作周波数）
- ❖ リアルタイム性がない

- ❖ アプリケーション(Java) が“サクサク”動く
- ❖ コア/チップの追加で高性能化が容易に
- ❖ 低消費電力化でバッテリー長持ち
- ❖ デッドラインミスが許されないリアルタイム処理が可能

図 4 本研究開発の概要

1-2 研究体制

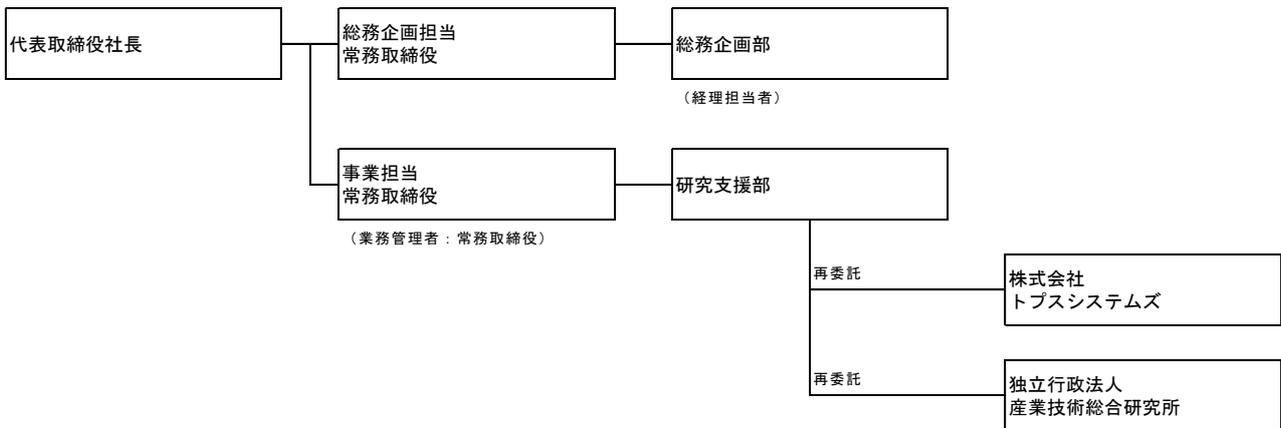
【研究組織（全体）】



【管理体制】

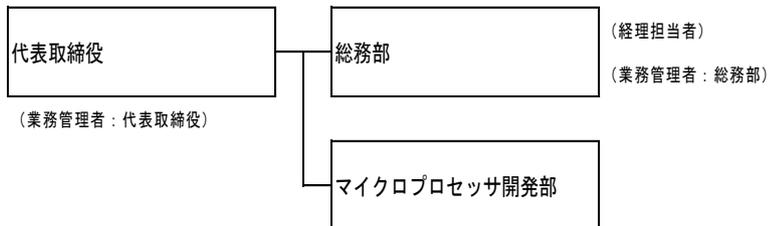
<事業管理機関>

[株式会社つくば研究支援センター]

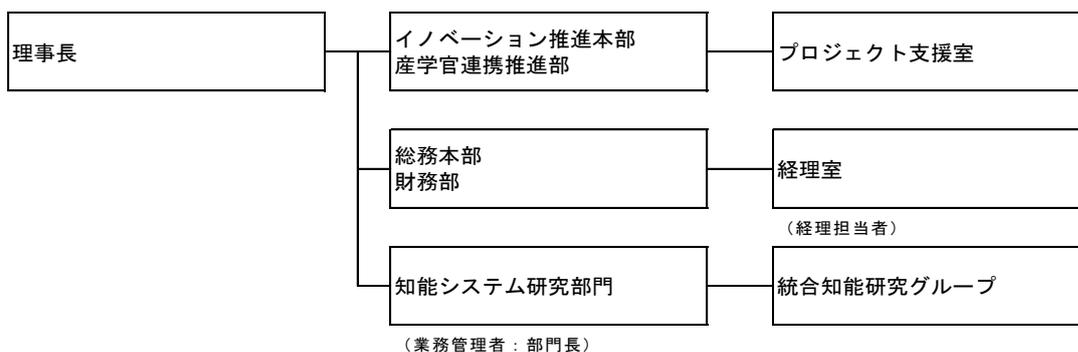


<再委託先>

[株式会社トプスシステムズ]



[独立行政法人産業技術総合研究所]



1-3 成果概要

【平成 23 年度の目標】

今年度の目標は、開発した Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームを評価システム上で動作させた場合の性能として、以下の当初目標値を達成することである。

A) ソフトウェアの並列化（担当：株式会社トプスシステムズ）

Java アプリケーションのソースコード変更：0%

Android™用に Java 言語で開発されたアプリケーション・プログラムのソースコードを一切変更せずに並列実行できることを目標とする。

B) ソフトウェアの処理速度向上（担当：株式会社トプスシステムズ）

高速化：10 倍以上（処理時間：1/10 以下）

従来のシングル CPU による Android™の処理速度に対し、10 倍以上の高速化を目標とする。

C) ソフトウェアの低消費電力化（担当：株式会社トプスシステムズ）

消費電力：1/10（プロセッサの必要動作周波数：1/10）

従来のシングル CPU による Android™の消費電力に対し、1/10 以下への低消費を目標とする。

D) ソフトウェアのリアルタイム化（担当：独立行政法人産業技術総合研究所）

リアルタイム性：ハードリアルタイム（1 ミリ秒以下）

必ずデッドラインの時間までに終了するハードリアルタイム処理を目標とする。リアルタイム性の精度は 1 ミリ秒以下とする。

各目標値の比較対象は、《最初の Google Android 携帯「G1」》とする。これは、アプリケーションプロセッサとして 528MHz の ARM11 を搭載した携帯端末であり、一般に入手可能なものである。例えば、「消費電力 2 分の 1」であれば、この携帯端末「G1」に比較して 2 分の 1、という目標である。

【基準機】

台湾 HTC 社製 Dream（Google Android 携帯「G1」）

参考 URL：<http://htcdream.com/>

<スペック（抜粋）>

- ・メインチップ Qualcomm 社製 MSM7201A
- ・アプリケーションコア：ARM11@528MHz
- ・メモリ Samsung 社製 K5E2G1GACM
- ・256MB NAND フラッシュメモリ
- ・128MB DDR SDRAM

【平成 23 年度の研究開発実施状況】

① Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームの開発（担当：株式会社トプスシステムズ）

Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームの仕様 Rev.3.0 を策定し、仕様に基づいて実装を進めた。

①-1. 仕様設計

Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームの仕様 Rev.3.0 を策定した。

① 2. プラットフォーム開発（実装）

平成 22 年度に開発したアプリケーション・フレームワーク及びランタイム（Java 仮想マシン）を改善し、評価システムに必要な開発を行った。

Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームの仕様 Rev.3.0 に従って、マルチコア向けに仕様拡張したコンポーネントを実装し、基本的なアプリケーション（キー入力など）を用いてテストを行い基本動作を確認した。

② 評価システムの開発（担当：株式会社トプスシステムズ、独立行政法人産業技術総合研究所）

Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームを搭載するシステム性能を実証する。ハードウェアを含むシステム性能を評価するために評価システムを開発した。

②-1. 評価システム仕様設計

Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームの性能を評価するためのハードウェアおよびソフトウェアに関わる評価システムの仕様を設計した。

②-2. 評価システム作成

以下の 2 つの手順により、システム性能評価が可能な標準的 FPGA 搭載評価ボードを入手し、その上でプロセッサ設計を進めた。

ア. 基板製造：FPGA を搭載した評価ボードをレンタル・サービスにより入手した。

イ. プロセッサ設計：評価ボード上の FPGA にプログラム可能な、TOPSTREAM™ヘテロジニアス・マルチコア・プロセッサの設計実装をした。

②-3. システム性能評価

評価システムを用いて、Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームの性能評価を行った。性能評価項目と目標値は次のとおりである。

- A) ソフトウェアの並列化（ソースコードの修正なし）
- B) 処理速度（10 倍以上）
- C) 消費電力（1/10 以下）
- D) リアルタイム性（1 ミリ秒以下）

【平成 23 年度の成果一覧】

研究開発項目別の成果を次に示す（詳細は第 2 章参照）。

- ・ Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム仕様書（Rev.3.0）
- ・ Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム
- ・ Android™リアルタイム性能評価環境・改良版リアルタイム性能評価環境
- ・ 評価システム仕様書

第2章 本論

平成23年度の本研究開発では、Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームの仕様 Rev.3.0 を策定し、仕様に基づいて実装を進めた。また、Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームのソフトウェア性能評価環境として、評価システムの開発を進めている。完了次第、その性能を評価する。以下に、各ステップにおける研究開発の詳細について記載する（図5）。

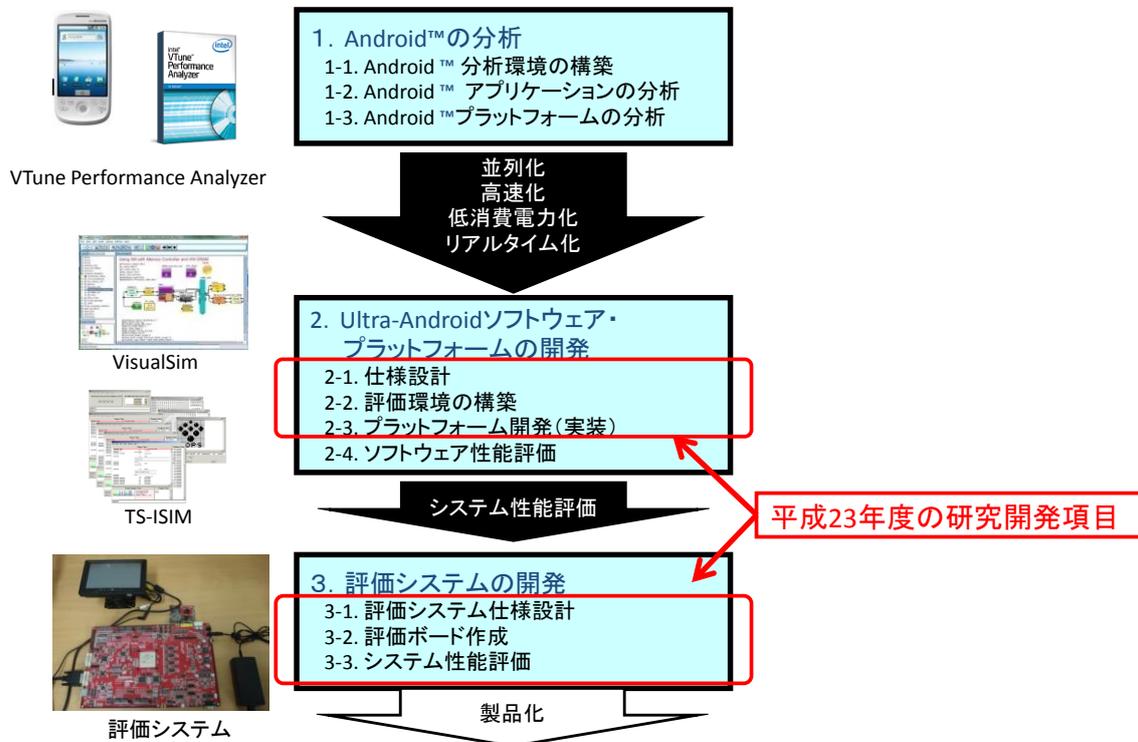


図5 研究開発のステップ

2-1 ①. Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームの開発

2-1-1 ①-1. 仕様設計

◆Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム仕様書作成ステップ

- (1) Android™ソフトウェア・プラットフォーム（バージョン2.2）仕様書の作成
- (2) Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム仕様書の作成

(1) Android™ソフトウェア・プラットフォーム仕様書の作成

Android™ソフトウェア・プラットフォーム仕様書は、並列分散処理化が可能な部分を明確にするために、UMLのクラス図とシーケンス図を用いて表現することにした。

- ①クラス図：モジュール間の依存関係の明確化「見える化」
- ②シーケンス図：処理順序とモジュール間のAPIの明確化「見える化」

【Android™ソフトウェア・プラットフォーム仕様書作成自動化の課題と対策】

研究開発開始当初に予定していた Android™ソフトウェア・プラットフォームの仕様書のクラス図及びシーケンス図の自動作成に関しては、次の3つの課題が発生し、一部を手動で行う必要があったため仕様書作成の工数が増大した（図 6）。

- ①複数言語で記述されたソースコード群の場合、自動処理が困難
- ②C言語で記述されたソースコード群の場合、自動処理が困難
- ③バッチ処理化が困難

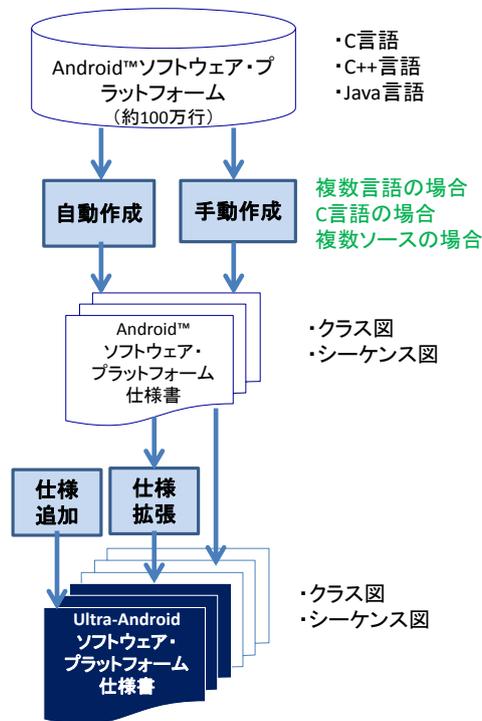


図 6 Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム仕様書作成フロー

(2) Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム仕様書の作成

Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム仕様書は、Android™ソフトウェア・プラットフォーム仕様書に基づいて、機能追加及び機能拡張を3つのステップに分けて定義した（表 2、図 7）。

◆Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム仕様書 Rev. 3.0

平成 23 年度は、代表的なアプリケーションについて性能目標値を達成するために「Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム仕様書 Rev.2.0」に対し、デバイス・ドライバを高速化するためにデバイス・ドライバの仕様を拡張し、「Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム仕様書 Rev. 3.0（基本アプリ対応版）」を作成した（図 8）。

2-1-2 ①-2. Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームの開発(実装)

Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム Rev. 3.0 の仕様に従って、6つのコンポーネントを実装し、基本的なアプリケーション（キー入力など）を用いて、基本機能を確認した。

表 2 Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム仕様書

分類	コンポーネント	Rev. 1.0 (拡張 (変更点) の内容)	Rev. 2.0	Rev. 3.0	製品版	Android™ での役割説明
Application Framework	Activity Manager	アクティビティ状態に応じた プロセッサ配置のスケジューリング			○	アプリケーションのライフサイクルを管理
	Window Manager	ウィンドウごとの機能分散化			○	ウィンドウを管理
	Contents Manager	→			○	アプリケーション間のデータ共有を管理
	View System	機能分散化	○			ユーザインターフェイスを管理
	Notification Manager	リアルタイム情報表示のための 機能分散化			○	ステータスバーへのアラート表示を管理
	Package Manager	→			○	インストールを管理
	Telephony Manager	→			○	電話機能の管理
	Resource Manager	→			○	非コード資源を管理
	Location Manager	→			○	位置情報の管理
	XMPP Service	→			○	メッセージングサービスを管理
Android Runtime	Core Libraries	TOPSTREAMのアーキテクチャの ストリーム処理機能を活用した パフォーマンスライブラリを使用 (算術演算・メモリ転送等)	○			Java言語に準拠したコアライブラリ機能
	Dalvik VM	豊富なレジスタによる高速実行 メソッド呼び出し高速化	○			.dex形式のバイトコードを実行する仮想マシン
Libraries	Surface Manager	→	○			複数アプリケーション間の2D/3D画像合成
	Media Framework	TOPSTREAMのアーキテクチャの ストリーム処理機能を活用した パフォーマンスライブラリを使用	○			ビデオ形式の再生と記録
	SQLite	→			○	リレーショナルデータベース
	OpenGL ES	→			○	3Dグラフィックス・エンジン
	Free Type	→			○	ビットマップとベクタフォントのレンダラ
	WebKit	TOPSTREAMのアーキテクチャの ストリーム処理機能を活用した	○			ブラウザ表示を行うためのHTMLレンダラ
	SGL	→			○	2Dグラフィックスエンジン
	SSL	→			○	セキュアな通信ライブラリ
	libc	→	○			標準的なC言語ライブラリ
Linux Kernel	Display Driver	デバイス毎担当コアで機能分散	○			ディスプレイデバイス
	Camera Driver	デバイス毎担当コアで機能分散		○		カメラデバイス
	Bluetooth Driver	デバイス毎担当コアで機能分散		○		Bluetoothデバイス
	Flash Memory Driver	デバイス毎担当コアで機能分散		○		フラッシュメモリデバイス
	Binder (IPC) Driver	マイクロORBエンジンで実現 (50us程度)		○		共有メモリによるプロセス間通信 (2ms程度)
	USB Driver	デバイス毎担当コアで機能分散		○		USBデバイス
	Keypad Driver	デバイス毎担当コアで機能分散	○			キーボードデバイス
	WiFi Driver	デバイス毎担当コアで機能分散			○	Wifi無線LANデバイス
	Audio Driver	デバイス毎担当コアで機能分散			○	音声デバイス
	Power Manager	デバイス毎担当コアで機能分散		○		電源管理デバイス

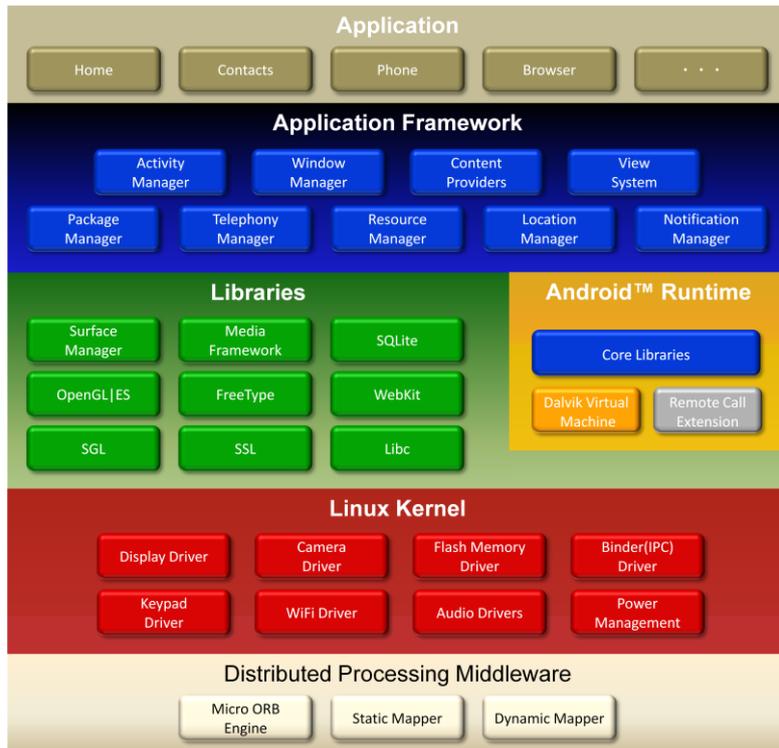


図 7 Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームの構成図

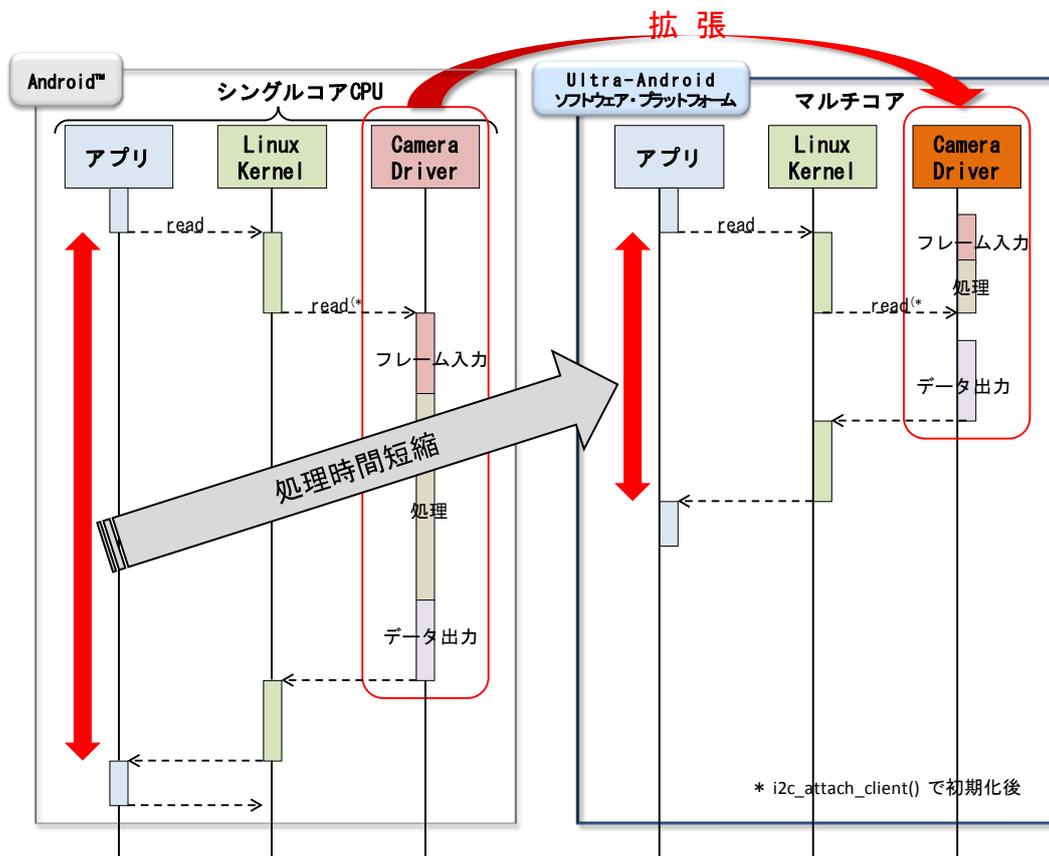


図 8 Android™のマルチコア向け仕様拡張

2-2 ②. 評価システムの開発

次の2つの目的を達成するために Android™スマートフォンの基本機能を模擬する評価システムを開発した。

- ① 定量的性能評価
処理速度、リアルタイム性などの定量的な性能評価
- ② 評価システムの提供
ユーザ候補企業による「Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム」及び「TOPSTREAM™ Ultra-Android」の性能評価

2-2-1 ②-1. 評価システム仕様設計

【評価システムの要件】

<機能要件>

- ① Android™ソフトウェア・プラットフォームが起動すること (Android™2.2 の起動)
- ② 性能評価用アプリケーション (キー入力テキスト表示アプリケーション、モグラたたきゲーム、顔認識アプリ) が実行できること
- ③ 性能評価用ベンチマーク・プログラム (BrwosingBench™、CoreMark™) が実行できること
- ④ 入力機能 (タッチパネル入力、カメラ入力)
- ⑤ 出力機能 (モニタ出力)
- ⑥ システム機能 (アプリケーション・プロセッサを搭載すること (TOPSTREAM™ Ultra-Android))
- ⑦ アプリケーション実行時の処理時間を測定可能なこと (測定精度: 1 ミリ秒)
- ⑧ セットアップ機能
 - ・ Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームを書換可能なこと
 - ・ 性能評価用アプリケーションを書換可能なこと
 - ・ 性能評価用ベンチマーク・プログラムを書換可能なこと

<性能要件>

- ① 最終システムと同等の動作速度で動作すること (入出力: 実速度、アプリケーション・プロセッサ: 50MHz~100MHz)

<その他の要件>

- ① スマートフォンやタブレットをイメージできること
- ② 持ち運び可能であること (サイズ: A4 程度、重さ: 5kg 以下)

<制約条件>

- ① 消費電力の評価は要件から除外する
- ② 無線通信機能は要件から除外する

【評価システムの仕様】

上記の評価システム要件を満たす仕様を検討し、下記のとおり決定した。

○アプリケーション・プロセッサの仕様

ヘテロジニアス・マルチコア・プロセッサ: TOPSTREAM™ Ultra-Android 高速版 (図 9)。

○メモリの仕様

- ・ RAM : DDR2 (動作周波数 : 200MHz、容量 : 256MByte)
- ・ ROM : FPGA 内部 ROM (容量 : 128kByte)

○I/O の仕様

- ・ モニタ : 7 インチ液晶パネル、解像度 : VGA、接続 : DVI
- ・ タッチスクリーン : 静電容量型 (モニター体型)、接続 : シリアル
- ・ カメラ : 小型カメラモジュール、解像度 : VGA、接続 : I2C

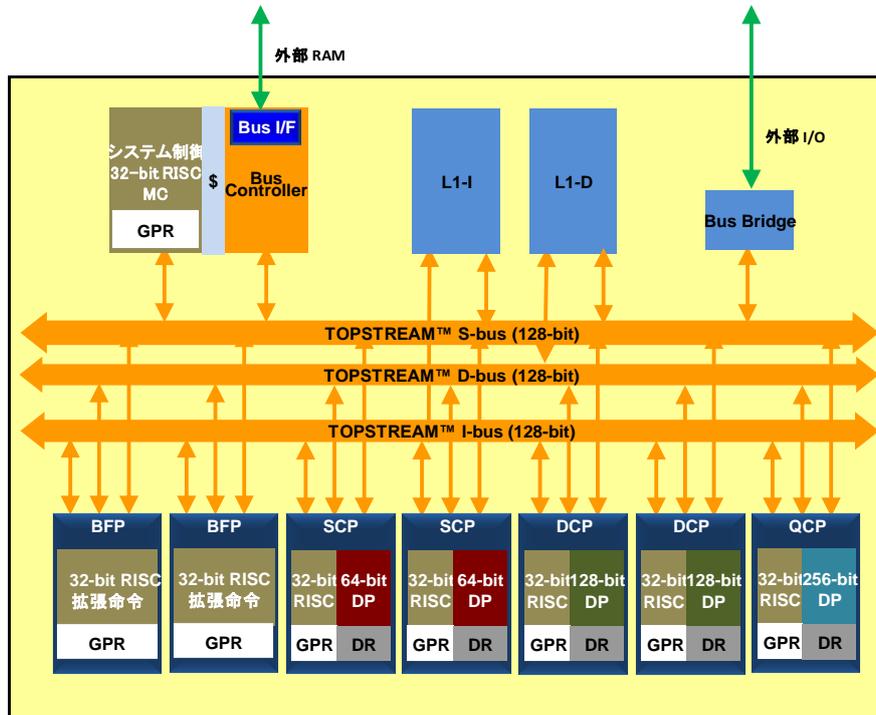


図 9 アプリケーションプロセッサの構成図

【評価システムの構成】 (図 10、図 11)

○FPGA 搭載ボード

「LSI プロトタイプ評価プラットフォーム」 TB-5V-LX330-EX

○タッチスクリーン

・ 型番 : NEWAY CL7669NT-RS

○カメラ・モジュール

・ 型番 : CAMERA30W-OV7670



図 10 評価システム写真

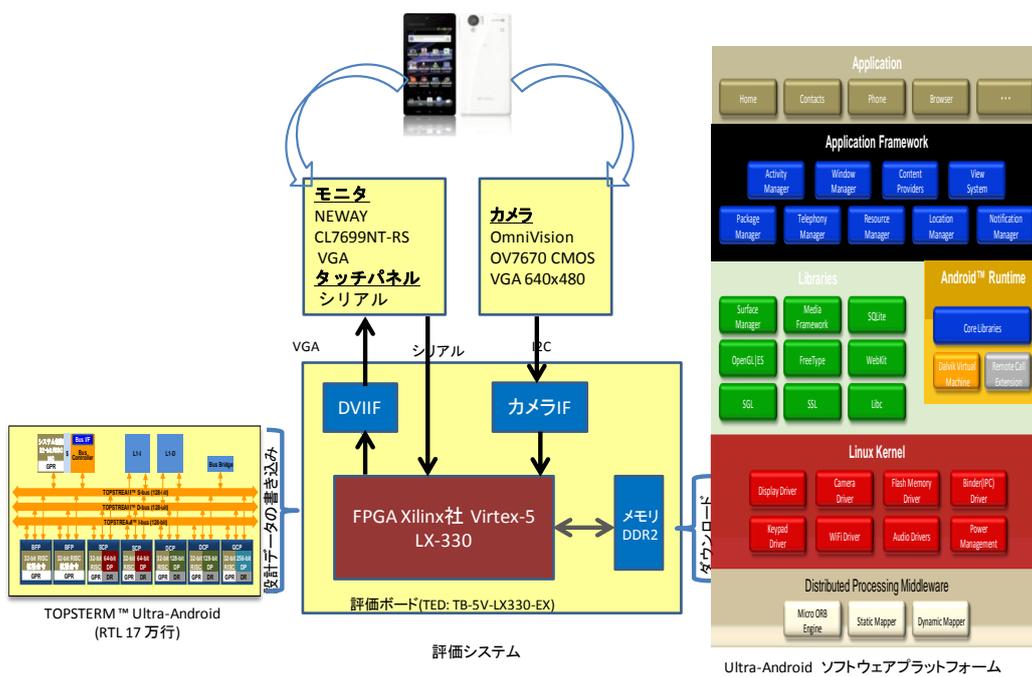


図 11 評価システム構成図

2-2-2 ②-2. 評価システムの作成

本研究開発では、図 12 に示すフローで「TOPSTREAM™ Ultra-Android ヘテロジニアス・マルチコア」と「Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム」の機能検証を行った。

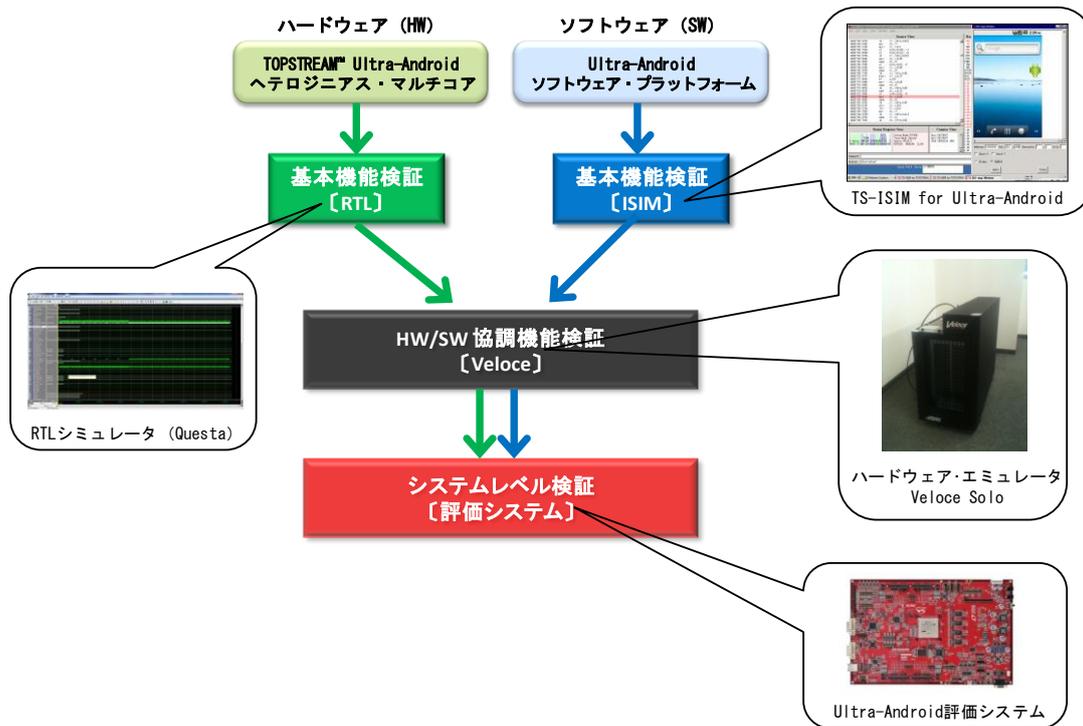


図 12 Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームと TOPSTREAM™ の機能検証

◆Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームと TOPSTREAM™ Ultra-Android の機能検証

(1) 命令セットシミュレータ (ISIM) を用いた基本機能検証

- ・ 検証結果：Android™ が起動することを確認

TS-ISIM for Ultra-Android 上で、Android™ の起動時の画面(GUI)が正しく表示された。

(2) RTL での基本機能検証

- ・ 検証結果：全ての命令テストと機能テストをパスした。

(3) ハードウェア・ソフトウェア協調機能検証

- ・ 検証結果：検証実施中

(4) システムレベル検証

- ・ 検証結果：検証実施中

◆リアルタイム性能評価環境構築

昨年度は、測定対象として ARM プロセッサに既存の Android™ OS を搭載する評価基板 (Armadillo-500-fx) を対象とした FPGA による性能評価システムを開発し、Android™ OS の実時間性能に関する測定を行った¹。本年度は、その成果を踏まえ、新たに測定対象として、独自のヘテロジニアス・マルチコアプロセッサ「TOPSTREAM™ Ultra-Android」を市販の FPGA

¹ FPGA を用いた Android™ OS 性能評価システムの開発、戸田 賢二 (産総研)、大川 猛、宮崎 崇史、松本 祐教 (トプシステムズ)、信学技報、NS2010-159、pp.97-102、2011/01

基板に実装し、それに Android™ OS を対応させた Ultra-Android をターゲットとした性能評価システムを開発した (図 13、図 14、図 15、図 16)。



- FPGA Xilinx Virtex5 (LX330)
- DVI 入出力, RS-232C, GbE, USB 付
- DDR2-SDRAM×2, DDR-SDRAM
- 拡張コネクタ (AMBA バスとして使用)

- FPGA Xilinx Virtex5 (FF1738C 対応)
- PCI-Express カードエッジ(16 レーン)
- DRAM ソケット 2 個、SATA ソケット 8 個、10GbE ポート 6 個装備
- 拡張コネクタで Ultra-Android システムと AMBA バス接続、DVI、USB I/F 装備

図 13 Ultra-Android 用 FPGA 基板

図 14 性能測定用 FPGA 基板 (REX3)

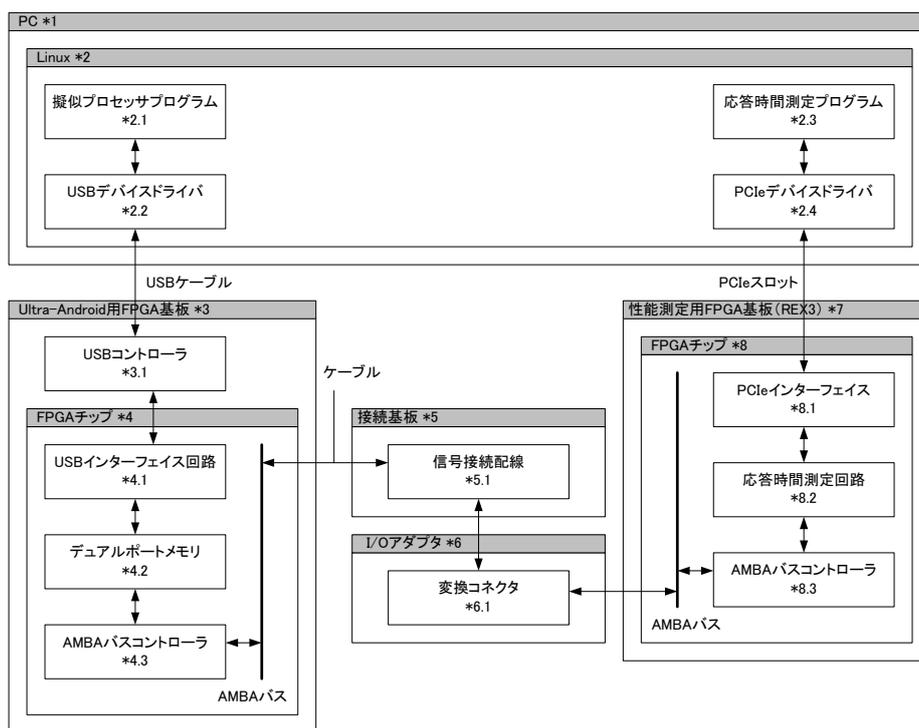


図 15 Ultra-Android 用性能評価システムの構成

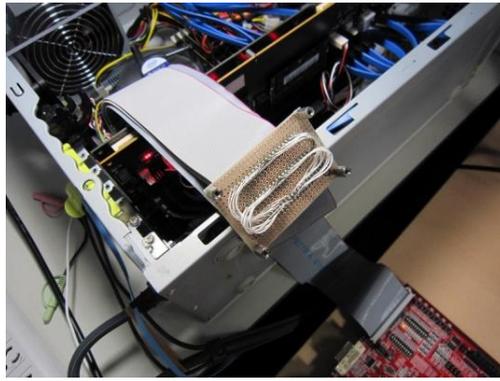


図 16 PC+REX3+IO アダプタ+接続基板+Ultra-Android 用 FPGA 基板

(2) 性能評価システムにおける処理の流れ

システムのブロック間での処理の流れである。

- ① 応答時間測定プログラム→デュアルポートメモリ
- ② デュアルポートメモリ→擬似プロセッサプログラム
- ③ 擬似プロセッサプログラム→デュアルポートメモリ
- ④ デュアルポートメモリ→応答時間測定プログラム

(3) 予備的性能評価

PC 上の擬似プロセッサを用い以下の計測試験を行った。(図 17A、図 18B)

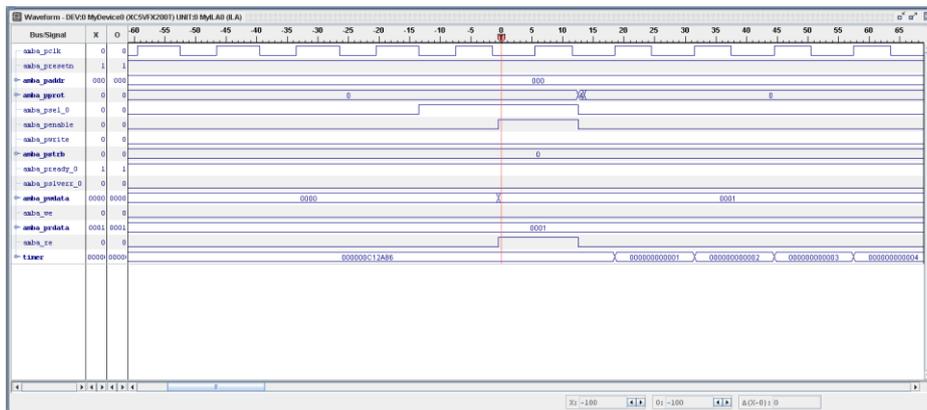


図 17 A. タイマー開始タイミング (AMBA バス上でフラグリード)

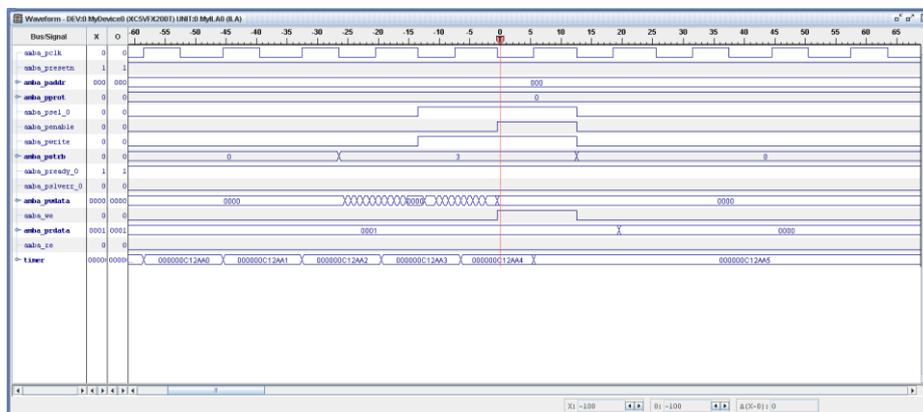


図 18 B. タイマー停止タイミング (AMBA バス上でフラグクリア)

(4) まとめ

性能測定用 FPGA と Ultra-Android プロセッサ基板をバス接続する方式で、以下の機能を有する Ultra-Android の性能評価システムを開発した。

- Ultra-Android システムのバスモニタ
- Ultra-Android 側へ所望のタイミングでの入力発生、及びイベントタイミングの測定

2-2-3 ②-3. システム性能評価

次の指標を測定し評価する。

- ①ソフトウェアの並列化
- ②処理速度
- ③消費電力
- ④リアルタイム性

評価対象アプリケーションは、次のとおりである。

- (1) キー入力テキスト表示アプリケーション(**autotext**) : スマートフォンのキー入力およびキー入力によるテキスト表示を模擬した性能評価用アプリケーション (株式会社トプシステムズが独自に作成)。①ソフトウェア並列化、②処理速度、④リアルタイム性の評価に使用。
- (2) モグラたたきゲーム : ゲームを模擬した性能評価用アプリケーション。①ソフトウェア並列化、②処理速度、④リアルタイム性の評価に使用。
- (3) **BrowsingBench™** : EEMBC が提供するスマートフォンなどのモバイル・デバイスのブラウジング性能を客観的に測定することができるベンチマークソフトウェア。①ソフトウェア並列化、②処理速度の評価に使用。
- (4) **CoreMark™** : EEMBC が提供するプロセッサ・コアの性能を測定することができるベンチマークソフトウェア。①ソフトウェア並列化、②処理速度の評価に使用。
- (5) 顔認識アプリ : 顔認識アプリケーションの性能評価用アプリケーション (株式会社トプシステムズが独自に作成)。①ソフトウェア並列化、②処理速度の評価に使用。

第3章 全体総括

3-1 過年度を含む（平成21年度～平成23年度）研究開発成果

- Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム（仕様 Rev.2.0、Rev.3.0 に基づく）

基本アプリケーションに対して、Android™アプリケーションのソースコードの変更なしでソフトウェア並列化可能であり、さらに高速化、低消費電力化、リアルタイム化が可能な Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームを開発した。

- 評価システム

Android™スマートフォンを模擬できるように策定した評価システム仕様書に従って、汎用 FGPA ボードをベースに評価システムを作成した。

- Android™リアルタイム性能評価環境

Ultra-Android の評価ボードと接続して、アプリケーションのリアルタイム性能を計測・分析することにより、Ultra-Android において1ミリ秒以下のレスポンスが可能な評価システムを作成した。

- 性能評価用アプリケーション

性能評価に使用するアプリケーションとして次の2つを作成した。

- ・ キー入力テキスト表示アプリケーション
- ・ 顔認識アプリケーション

3-2 研究開発後の課題と対応策

研究開発の工程	項目	課題	対応策
Android™の分析	Android™の詳細 CPU 負荷分析	Java のソースコードに 対応した処理時間が測 れない	時間測定用の API を用意する (API の挿入に工数がかかる)
Ultra-Android ソ フトウェア・プラッ トフォームの仕様	Android™仕様書 の自動化	バッチ処理化が困難	自動化するためのプラグインを 作成する (ただしプラグインの 作成には工数がかかる)

3-3 事業化展開

3-3-1 事業化展開

トプスシステムズは、本研究開発と並行して、世界のトップレベルのスマートフォン・メーカーによる採用を目指して、共同開発に向けたコラボレーション、及び国内外の顧客開拓活動を進めてきた。その結果、これらの企業より「Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム」の評価システムに

期待する要件について具体的なアドバイスももらっている。また、現在、国内 6 社、海外 6 社（米国 4 社、韓国 2 社）から、「Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム」の評価システムを用いた評価について要請がある。

平成 24 年 1 月 27 日には、トプスシステムズの 100% 子会社として株式会社 Cool Soft を設立した。株式会社 Cool Soft は、Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム開発と販売、最適化ソフトウェア開発サービス事業等を推進していく（図 19）。



図 19 事業スキーム

3-3-2 実用化目標

本研究開発の成果である「Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム」の製品化は、平成 24 年 12 月末を予定している。ソフトウェア専門の子会社（株式会社 Cool Soft）設立等により製品化の加速と、サポート体制の強化を進めている（図 20）。

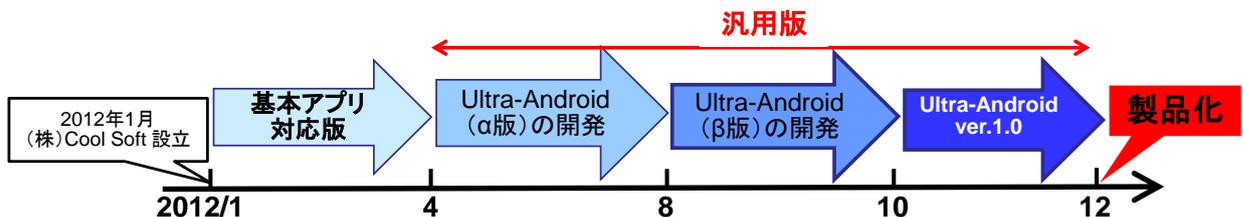


図 20 Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォームの製品化スケジュール

また、本研究開発と並行して株式会社トプスシステムズが開発している TOPSTREAM™ Ultra-Android ヘテロジニアス・マルチコア・プロセッサ（ハードウェア IP 製品）については、スマートフォン・メーカーからの要求に基づいて、次の 2 種類の製品化を目指す。

- (1) TOPSTREAM™ 高速型 Ultra-Android プロセッサ（ハードウェア IP）
- (2) TOPSTREAM™ 低消費電力型 Ultra-Android プロセッサ（ハードウェア IP）

3-3-3 製品展開

「Ultra-Android ソフトウェア・プラットフォーム」の製品化後に、製品展開として、更なる高速化と機能向上を計画している。

付録

付録 1. 専門用語等の解説

【Android™】携帯電話用ソフトウェアのオープンソース・プラットフォーム。ミドルウェア、ユーザーインターフェース、電話帳などの標準的なアプリケーション・ソフトウェアを含んでおり、Windows Mobile や SymbianOS に近い。Linux がカーネルに採用されているが、カーネル以外は Linux 関連技術を使用していない。

【マルチコア】1つのプロセッサ LSI 内に複数のプロセッサ・コアを集積する技術。プロセッサの動作周波数の向上が困難になってきたため、プロセッサの数を増やすことで性能向上を目指す方式。同一のプロセッサ・コアを複数個集積するホモジニアス・マルチコアと、異なる種類のプロセッサ・コアを複数個集積するヘテロジニアス・マルチコアとがある。

【ヘテロジニアス・マルチコア】異種のアーキテクチャをもつマイクロプロセッサを統合したもの。プロセッサ・コアをアプリケーションの処理に特化することにより、ある動作周波数で達成できる演算処理性能を高めることができる。ヘテロジニアス・マルチコア上のソフトウェア処理方式は、機能分散処理になる。

【機能分散処理】複数のコンピュータやプロセッサを利用して、機能を分散して計算処理を行うこと。1台のコンピュータに多数のプロセッサを搭載して処理する方法と、ネットワークを通じて複数のコンピュータを結びつけて処理する方法の2種類に大別できる。ヘテロジニアス・マルチコアによる機能分散処理は、前者になる。

【オブジェクト指向】ソフトウェアの設計や開発において、操作手順よりも操作対象に重点を置く考え方。関連するデータの集合と、それに対する手続きであるメソッドを「オブジェクト」と呼ばれる一つのまとまりとして管理し、その組み合わせによってソフトウェアを構築する。既に存在するオブジェクトについては、利用に際してその内部構造や動作原理の詳細を知る必要はなく、外部からメッセージを送れば機能するため、特に大規模なソフトウェア開発において有効な考え方であるとされている。データやその集合を現実世界の「モノ」になぞらえた考え方であることから、「オブジェクト」指向と呼ばれる。

付録 2. 過年度を含む（平成 21 年度～平成 23 年度）成果発表と論文、展示会出展

■研究発表：3 件（予定を含む）

No.	発表タイトル	学会名	開催日
1	「FPGA を用いた Android™ OS 性能評価システムの開発」	ネットワークシステム研究会 (電子情報通信学会)	2011 年 1 月 20 日～21 日
2	「FPGA を用いた Ultra-Android 用性能評価システムの開発」	ETNET2012 (電子情報通信学会、情報処理学会)	2012 年 3 月 2 日～3 日
3	「Distributed Processing Heterogeneous Multicore / Manycore / 3D Multichip SoC with Zero-Overhead Message Passing and Stream Processing HW/SW mechanism」 <MiniKeynote>	MPSoC 2012	2012 年 7 月 9 日～13 日

■セミナー・講演会：6 件

No.	発表タイトル	セミナー・講演会名	開催日
1	「日本型研究開発ベンチャーで世界 No.1 を目指す！」	JASVA Day Tokyo 2009	2009 年 12 月 9 日
2	「省エネを迫及する ELS 設計! Android～リアルタイム・レイトレーシング」	EDS Fair 2010 出展者セミナー	2010 年 1 月 29 日
3	「Ultra-Android：ヘテロマルチコア対応 Android™ の設計・検証手法」	EDS Fair 2011 出展者セミナー	2011 年 1 月 28 日
4	「スマートフォンのブラウザ性能は、マルチコア化で向上するか」	日経エレクトロニクスセミナー	2011 年 9 月 22 日
5	「Android 端末の高速化・低消費電力化の課題と今後の展望」	CEATEC JAPAN 2011 出展者セミナー	2011 年 10 月 4 日
6	「マルチコア時代のハード・ソフト開発、高速・低消費電力化の勘所」	スマートフォン&タブレット 2011 冬	2011 年 12 月 15 日

■展示会出展による販路開拓：9 件

No.	展示会名	会期	会場
1	CEATEC JAPAN 2010	2010 年 10 月 6 日～9 日	幕張メッセ
2	Embedded Technology 2010	2010 年 12 月 1 日～3 日	パシフィコ横浜
3	2011 International CES	2011 年 1 月 6 日～9 日	米国ラスベガス
4	EDSFair 2011	2011 年 1 月 27 日～28 日	パシフィコ横浜
5	ESEC2011	2011 年 5 月 11 日～13 日	東京ビッグサイト
6	IFA2011	2011 年 9 月 2 日～7 日	独国ベルリン
7	CEATEC JAPAN 2011	2011 年 10 月 4 日～8 日	幕張メッセ
8	Embedded Technology 2011	2011 年 11 月 16 日～18 日	パシフィコ横浜
9	2012 International CES	2012 年 1 月 10 日～13 日	米国ラスベガス

この報告書には、委託業務の成果として、産業財産権等の対象となる技術情報（未出願又は未公開の産業財産権等又は未公開論文）、ノウハウ等の秘匿情報が含まれているので、通例の取扱いにおいて非公開とする。ただし、行政機関の保有する情報の公開に関する法律（平成11年法律第42号）に基づく情報開示請求の対象の文書となります。