



技術白皮書

四核心 CPU 挹注行動裝置之 優勢

目錄

.....	1
多核心 CPU 發展簡介.....	3
更低功耗、更高每瓦效能比.....	4
更快的網頁下載時間.....	4
為耗資源的應用挹注更高效能.....	6
最佳多工作業效能.....	9
更高品質的遊戲體驗.....	9
即時物理特效呈現更逼真的場景.....	10
即時動態材質產生.....	11
總結.....	13
附錄.....	14
文件更新歷史.....	15

多核心 CPU 發展簡介

過去 10 多年來，多核心運算技術在運算革命中一直扮演核心角色。這個變遷始於伺服器 CPU 製造商採用多核心處理器架構來因應不斷提升的效能需求；另一個原因是，單核心處理器在高頻率執行作業時其功耗大幅飆升。多核心 CPU 可用較低的頻率運作，這通常會耗用較少的功耗，也可以透過平行運算來處理，因此可以比單核心處理器更快完成運算工作。

多年來，多核心技術已移至桌上型電腦 CPU 和電視遊樂器。有些電視遊樂器的 CPU 有多達 8 個核心，打造身歷其境、複雜、逼真的遊戲場景。隨後，筆記型電腦也開始搭載多核心 CPU，進一步為行動使用者提供高效能的運算環境。

不久前，就在今年年初，搭載多核心 CPU 的平板電腦和智慧型手機開始大量出貨，以 Tegra 2 的腳步最快，帶來更優質的行動應用，並延長行動裝置的電池續航力。無論 HD 影音播放、3D 遊戲、多工作業、以及 3D 介面就是其中的例子，它們都將目前單核心行動處理器的功能擴大再擴大。

當 Tegra 2 和四核心 CPU 最初引起各界的討論時一相關裝置還沒有推出市場，大家都不看好它們在功耗上的表現，也認為它們對行動裝置的幫助不大，因而大部分都被排除在外。然而，在 NVIDIA 推出 Tegra 2 後，即證實了這些顧慮並不正確，而其他很多業者也跟著推出他們自家的四核心 CPU 產品線。

為了提升更多的效能、延長電池續航力及維持在行動裝置可承受的功耗範圍內，行動處理器將會不斷增加 CPU 的核心數量。

在之前發表的技術白皮書¹中，已討論了很多對稱式多重處理技術 (Symmetrical Multiprocessing) 為行動裝置帶來的優勢，其中大部分都集中在與單核心行動處理器比較下，雙核心 Tegra 2 的優點。

NVIDIA 的 Kal-EI 處理器搭載了一項創新的可變對稱式多重處理 (Variable Symmetrical Multiprocessing, vSMP) 技術。之前的討論沒有提及的部分是，vSMP 中還有第五個 CPU 核心 (「協同處理」核心)，它採用了特別的低功耗矽晶製程，在主動式待機模式、播放音樂，甚至是播放影音時，它可以用低頻率執行各種運算作業。而「四」個主要的核心則用標準的矽晶製程而成，以期達到更高的運作頻率，同時也能在很多運算作業中比四核心解決方案所需的功耗更低。

所有五個 CPU 核心同樣是 ARM Cortex A9 CPU，每一個核心可以根據工作負載的情形來決定開啓和關閉(透過漸進式電源閘控)。

NVIDIA 的 Kal-EI vSMP 架構拓展了四核心處理器的優點，並提供：

- 更低功耗，更高每瓦效能比
- 更快的網頁下載時間
- 為耗資源的應用挹注更高效能
- 最佳多工作業效能

¹ 請參閱「行動裝置中多重 CPU 核心之優點」技術白皮書

- 更高品質的遊戲體驗

更低功耗、更高每瓦效能比

在「可變對稱式多重處理技術—低功耗、高效能的多核心 CPU 架構」技術白皮書中有提及，四核心 CPU 其中一個主要優點是它的功耗比雙核心和單核心 CPU **更低**。

很多人有一個普遍的錯誤觀念：他們認為多核心 CPU 比單核心 CPU 的耗電，因而會大幅縮短電池續航力。但事實上是相反的，因為採用了可變對稱式多重處理技術，Kal-EI 行動處理器中主要的四核心 CPU 架構能做到更省電，並可比其他單核心和雙核心處理器提供更高的每瓦效能比。

在多作業的環境下，為了因應最高效能的需求，單核心 CPU 不僅要用比多核心 CPU 更高的運作時脈和電壓，還需要更長的時間來完成同一項運算作業。多核心 CPU 可用對稱式多重處理技術，並將運算工作分配到多個 CPU 核心。由於工作負載由多個核心分攤，因此每個 CPU 核心都可用較低的運作時脈和電壓來完成一件多執行緒的工作，或者是多工作作業情境中的多項運算作業。再者，由於運作時脈的頻率和電壓都降低了，因此每個核心的功耗也會大幅減少，並能夠比單核心 CPU 提供更高的每瓦效能比。

在《行動裝置中多重 CPU 核心之優點》技術白皮書中，有更多關於多核心 CPU 如何較單核心 CPU 達到更低功耗的說明。

更快的網頁下載時間

採用支援對稱式多重處理技術的多核心處理器之行動裝置，可擁有媲美桌上型電腦等級的網頁瀏覽體驗。如 Google Chrome 和 Mozilla Firefox 等現代瀏覽器都是多執行緒的，並可同時開啓多個不同網頁。Chrome 瀏覽器會獨立處理每個開啓的網頁，而每項處理作業則會管理其執行緒。運算作業和執行緒都可做到高度平行運算。以下圖 1 示意在瀏覽著名的紐約時報網站時，四核心 CPU 系統中的每個核心的使用率。從圖中可見，瀏覽器運用四核心 CPU 中的所有四個核心，而這樣的平行運算技術可為使用者提供更快的網頁瀏覽體驗，其速度會比使用雙核心 CPU 行動裝置瀏覽網頁的速度快很多。四核心 CPU 也可針對支援分頁功能的網路瀏覽器提供更高的效能。以下圖 2 示意當多個分頁開啓在網路瀏覽器上，四個核心的 CPU 使用率。事實上，分頁式的瀏覽器會耗用很多 CPU 的運算運算資源(如圖所示)，甚至可能會完全占用四核心 CPU 的四個核心。

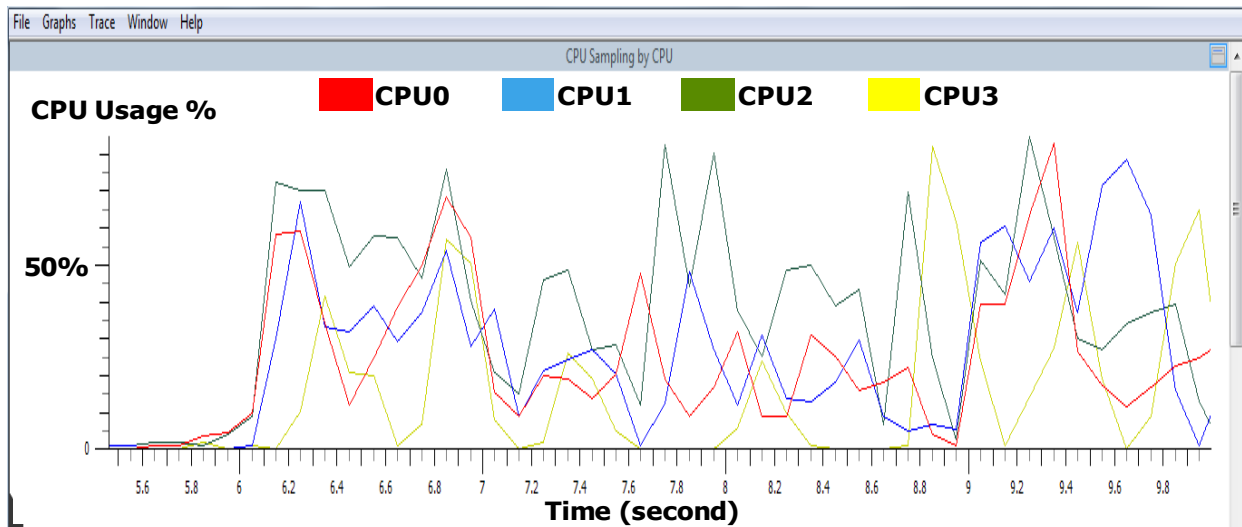


圖 1：網頁瀏覽時四核心CPU中每個核心的使用率²



圖 2：分頁式網頁瀏覽時四核心CPU的使用率

在一個四核心的系統中，作業系統會將多個網頁 script 分配到 CPU 的四個核心中，可大幅加快 JavaScript 網頁的執行速度。從網頁 JavaScript 效能量測軟體 Moonbat 得出的結果顯示，在行動裝置進行網頁瀏覽，四核心 CPU 的速度可比雙核心 CPU 快將近五成。

² 用 Chrome 瀏覽器的 CPU 使用率

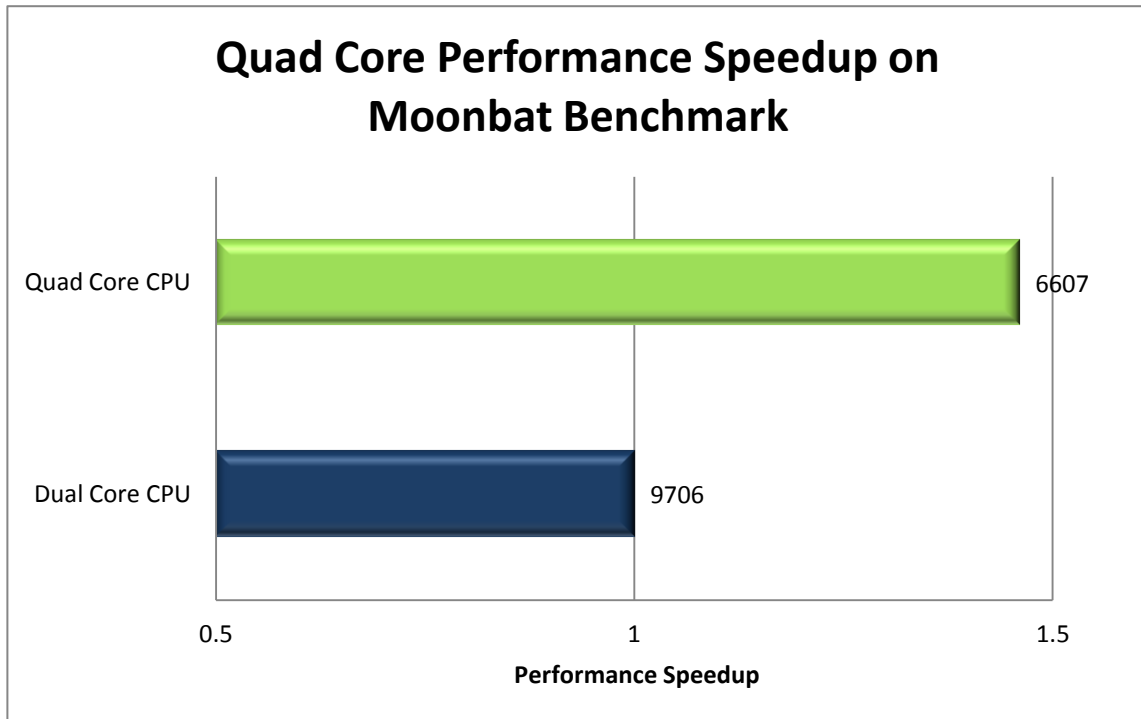


圖 3：四核心在 Moonbat JavaScript 效能量測中的效能優勢

為耗資源的應用挹注更高效能

多核心處理器其中一項主要優勢是，為大量耗用運算資源的應用程式和使用情況提供更多效能。搭載雙核心 CPU 的 NVIDIA Tegra 2 處理器可為照片編輯、影音轉檔、網頁瀏覽及多執行緒遊戲等應用提供更快的運算速度。

搭載四核心 CPU 的行動處理器甚至可以為上述的應用提供快數倍的運算速度，並可讓更多從前無法在行動裝置上執行的有趣應用，現在可以實現了。例如：

- 高畫質影音編輯
- 影像處理
- 音訊/視訊轉檔
- 物理特效模擬
- 大量的生產力應用程式
- 眾多形式的位置辨識運算
- 臉部辨識
- 立體 3D 遊戲與應用
- 掃描病毒
- 檔案壓縮

從熱門行動 CPU 效能量測軟體 Coremark 得出的結果，是針對需要密集型 CPU 運算的多媒體應用的一項重要指標。舉例而言，Coremark 顯示四核心 CPU 的效能是雙核心 CPU 行動處理器的兩倍左右，更是單核心 CPU 行動處理器的約四倍。

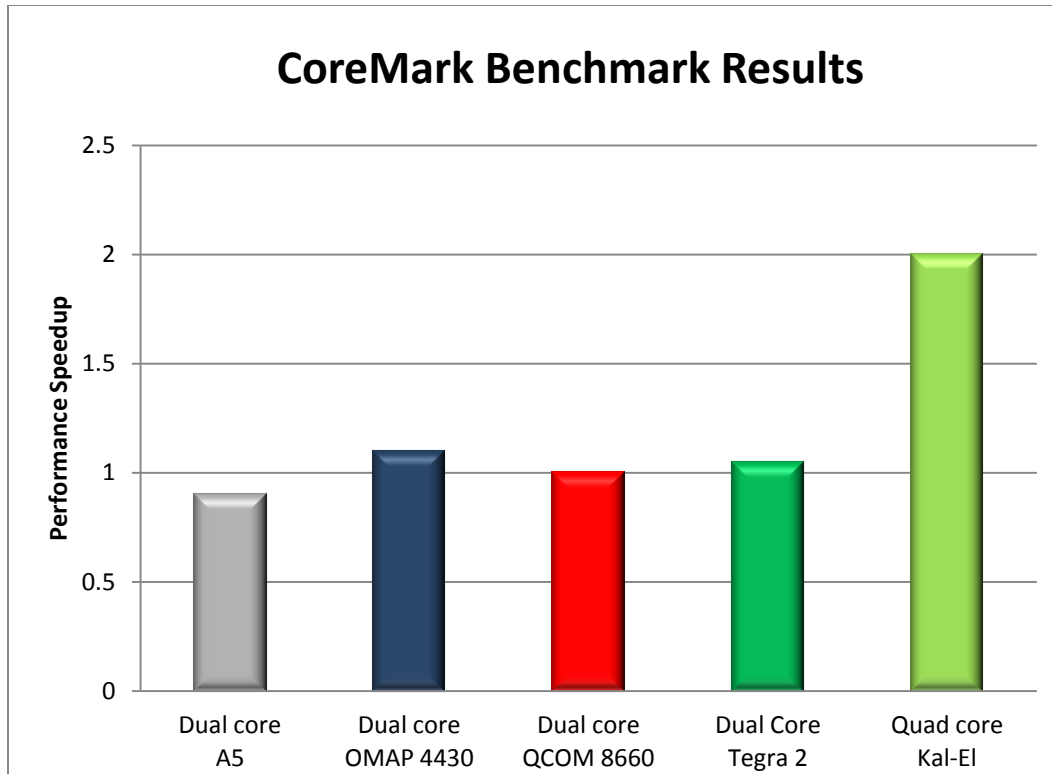


圖 4：多核心 CPU 的 Coremark 評測結果³

如影像處理、音訊/視訊轉檔及檔案壓縮等多媒體應用已可高度支援平行運算，而且能運用對稱式多重處理技術和多核心 CPU 的優勢。由於現在大部分的行動裝置都有一個或多個相機，因此現在使用者普遍都可在行動裝置上進行影像處理。

例如 Photaf 3D Panorama 是一個很熱門的 Android 應用程式，它讓使用者的手機可自動拍攝 3D 全景照片，而且可以即時將影像連接起來讓使用者檢視。沉重的影像處理作業包括有偵測邊緣和連接影像，都可從 Kal-EI 行動處理器中的四核心處理功能受惠。各種效能量測顯示，採用四核心 CPU 的行動裝置在處理和呈現擷取的全景影像時，其運算速度可比雙核心 CPU 的行動裝置大約快兩倍。

³ 雙核心 OMAP4430 以 1GHz 頻率運作、雙核心 QCOM 8660 1.2 Ghz 頻率運作，以及四核心 Kal-EI 以 1GHz 頻率運作

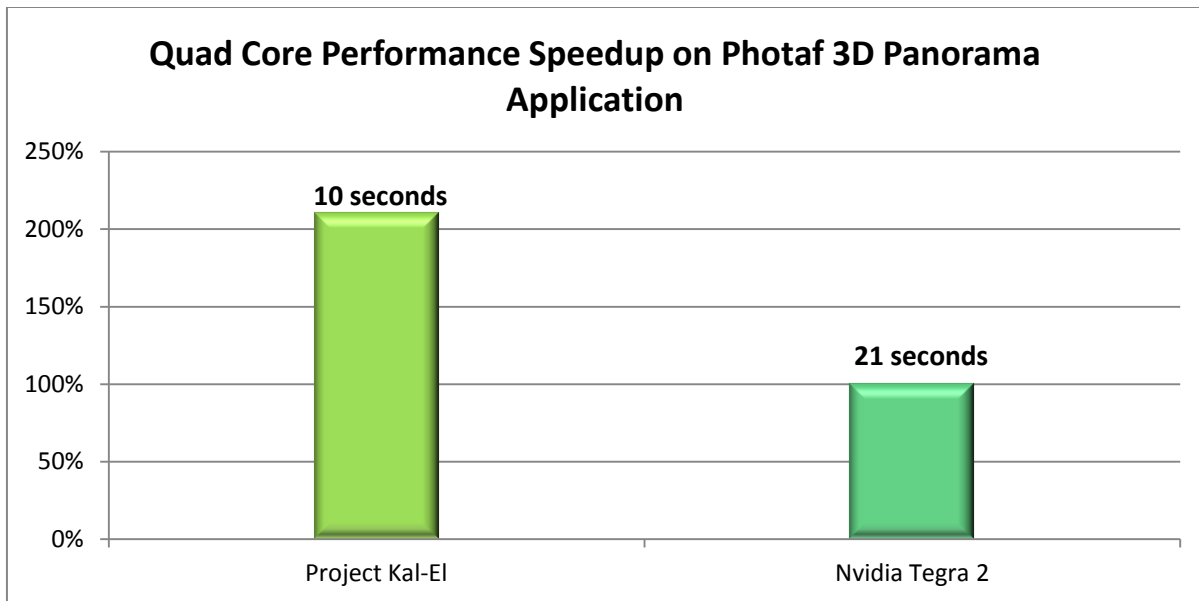


圖 5：在 Photaf 3D Panorama 照片處理應用之效能加速

Linpack 是一個廣泛採用的 CPU 效能評測軟體，可提供一個測量處理器在執行多媒體處理等密集型 CPU 運算作業時所釋出效能之測量方法。有多執行緒特色的 Linpack 效能評測結果顯示，四核心的 Kal-EI 行動處理器帶來的效能比同等級的雙核心處理器效能大約快六成。而針對四核心處理器調校過的實際應用程式，其效能增益甚至更高。

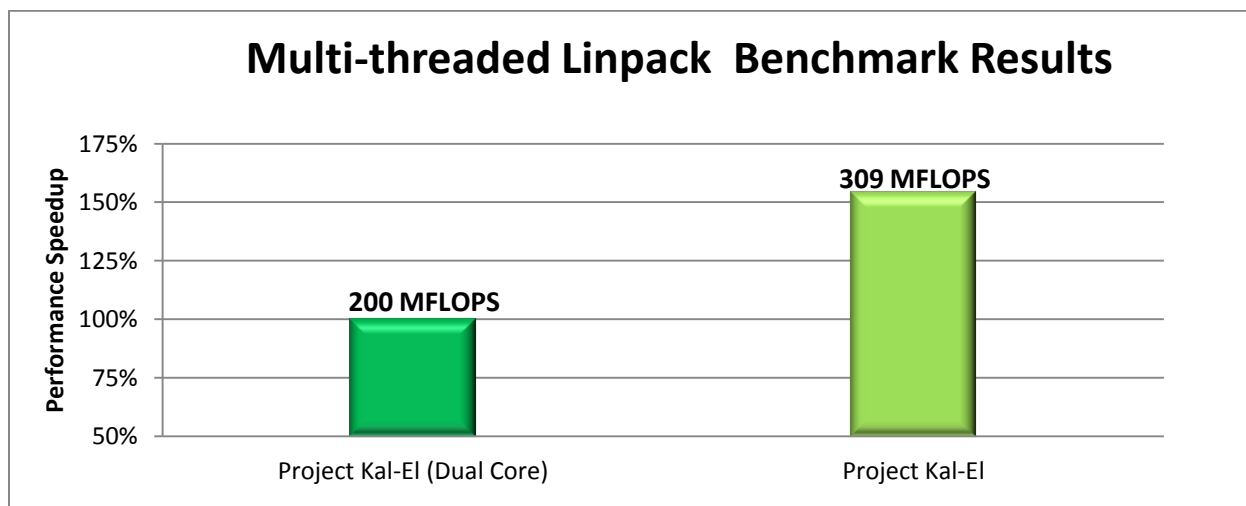


圖 6：多執行緒 Linpack CPU 效能評測顯示的效能擴充⁴

媒體轉檔是另一個可從多重處理技術受惠的應用例子。行動使用者通常透過手機取得音訊和視訊檔案後，會先在手機上編輯這些檔案，然後才會跟朋友和在社交網路上分享。

Handbrake 是一款熱門的影音轉檔應用軟體，它在四核心 CPU 系統上的轉檔速度比在雙核心 CPU 系統上大幅提升。下圖顯示一顆四核心 CPU 為透過 Handbrake 的影音轉檔作業帶來大約快六成的運算速度。

⁴ 結果來自 NVIDIA Project Dal-EI 四核心平台。雙核心 CPU 的分數是由關閉 Kal-EI 平台上兩個 CPU 核心後取得。

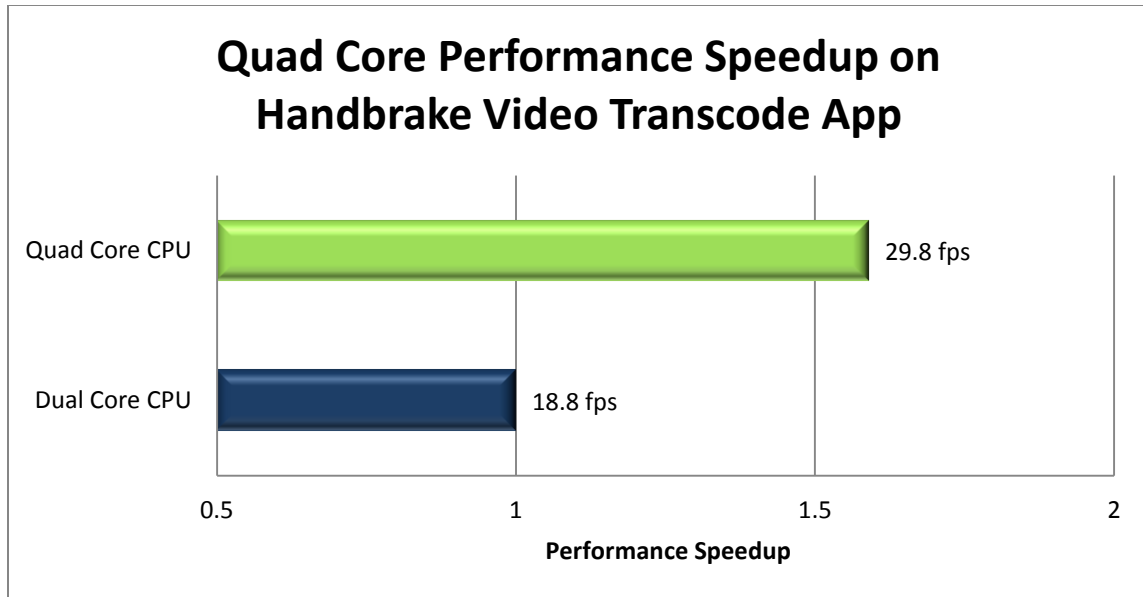


圖 7：四核心 CPU 為 Handbrake 影音轉檔提供之效能優勢⁴

當使用者開始使用四核心 CPU 行動裝置的效能，並將這些裝置視為他們主要的運算裝置時，開發商將會設計更多可以運用四核心運算威力的應用程式。以上討論的例子只是可從四核心 CPU 受惠的小部分例子；然而可以預期的是，會有更多針對照片編輯、影音轉檔、多點視訊會議、多執行緒 java 應用、影音編輯等高階應用，以及其他可在四核心行動裝置上實現的應用例子。

最佳多工作業效能

四核心運算另一項顯而易見的重要優勢是其優異的多工作業能力，可帶來高效能和極快的反應時間。導致系統反應時間慢的原因有很多。例如：CPU 使用率滿載、記憶體頻寬不足、驅動程式堆疊沒有最佳化等，這些都會導致效能不佳和系統反應慢的原因。行動裝置使用者在一般情況下都會同時使用好幾個應用程式。例如，在行動裝置上同時啟用網路瀏覽器、串流音樂、電子郵件同步、社交網路同步和新聞應用程式等應用是很正常的。在這種沈重的多工作業情況下，單核心 CPU 不僅沒有足夠的運算資源來應付多個運算作業，而且在執行沈重的工作負載時，運作時脈的頻率會一直保持「巔峰」狀態。這樣會導致效能不佳，同時功耗也會飆升。

搭載四核心 CPU 的行動裝置，其作業系統可根據目前 CPU 的工作負載和運算作業的優先順序，靈活地將運算作業分配到合適的 CPU 核心中執行。例如，如果兩個 CPU 核心正忙著處理 Android 應用程式更新、檔案壓縮及媒體處理等長時間的運算作業，作業系統可即時將觸控輸入等對延遲率特別敏感的運算作業分配到第三或第四個核心，最終可帶來更快的系統反應。當多項運算作業在同一時間進行時，如果系統採用的是多核心 CPU，排隊等待的運算作業要求則可以較快得以處理。

更高品質的遊戲體驗

現今的電視遊樂器和 PC 都已採用支援對稱式多重處理技術的多核心晶片，而且大部電視遊樂器和 PC 遊戲的編程都能巧妙運用硬體的多核心和對稱式多重處理技術之優勢。目前，大部分遊戲引擎，如 Unreal 3.0、Id Tech 5 和 Frostbite，都是多執行緒的引擎，同時這些引擎越來越朝向作業處理模式，其中每項個別運算作業的「規模」都變小了，但是執行緒的數量則會增加。這些執

行緒會在於音訊、撞擊偵測、人工智慧、使用者輸入處理、遊戲策略和網路通訊。現今所有的遊戲平台都支援很多執行緒，而這個趨勢將延續至未來的平台，而且數量會越來越多。

由於四核心處理器可提供更高的效能，因此即時物理特效和即時產生材質等先進的遊戲功能，現在都可以在行動遊戲上大派用場，並可大幅提升影像品質和提供更逼真的遊戲玩法。

即時物理特效呈現更逼真的場景

當遊戲世界裡能融入撞擊、風、水、引力、動作，以及更多其他真實世界的元素，使用者很自然會期待，這些元素要跟現實世界中發生的情況毫無差異。舉例說，兩個物體碰撞後的結果，理應根據質量、速度和物體的撞擊程度來判定；當風吹過布料時，其隨風而動的表面理應要出現波紋；而物件也應該要對地心引力有相對應的反應。這些效果都取決於玩家在遊戲中的動作，而且真實世界的規律也為遊戲帶來更多逼真的情境，賦予遊戲更身歷其境和引人入勝的特性。大多數高階 PC 和電視遊樂器都有支援這些物理效果模擬，以期能提供極逼真和引發感官反應的遊戲體驗。

將這些特效置入遊戲中，會讓遊戲非常耗效能，因為置入這些效果所需的物理模擬計算都必須根據玩家在遊戲中的即時動作而進行即時運算。現在四核心行動處理器的出現，讓遊戲開發商在設計行動遊戲時加入物理模擬，遊戲的視覺效果不但變得畫面豐富，而且還可以讓玩家感受身歷其境的逼真體驗。在 **Glowball** 遊戲展示⁵中，球與彩桶的碰撞、彩桶散落在地板上、球與布幕的互動都很非常逼真，而且沒有重覆的結果，它們都是根據球的速度、碰撞點和彩桶的質量而產生的。



圖 8：Glowball 動態展示即時物理特效和動態光源技術。左圖為開啓狀態，右圖為關閉狀態。

⁵ <http://www.youtube.com/watch?v=eBvaDtshLY8>

就 Kal-EI 而言，針對動態光源、物理特效和人工智慧，以及其他遊戲所用的 CPU 處理運算作業，都分配到四個核心執行。由於運算作業被分攤了，因此所有核心都不會滿載，而處理器仍有其他運算資源應付後台運算作業，對使用體驗毫無影響。

下圖顯示的效能加速結果，以 Glowball 展示為基礎，採用四核心 CPU 的 Kal-EI 平台和同等級的雙核心 CPU 平台所提供的效能作比較。由採用四核心 CPU 的行動處理器提供的大幅效能提升，可為行動裝置帶來更接近真正電視遊樂器和 PC 等級的遊戲體驗。

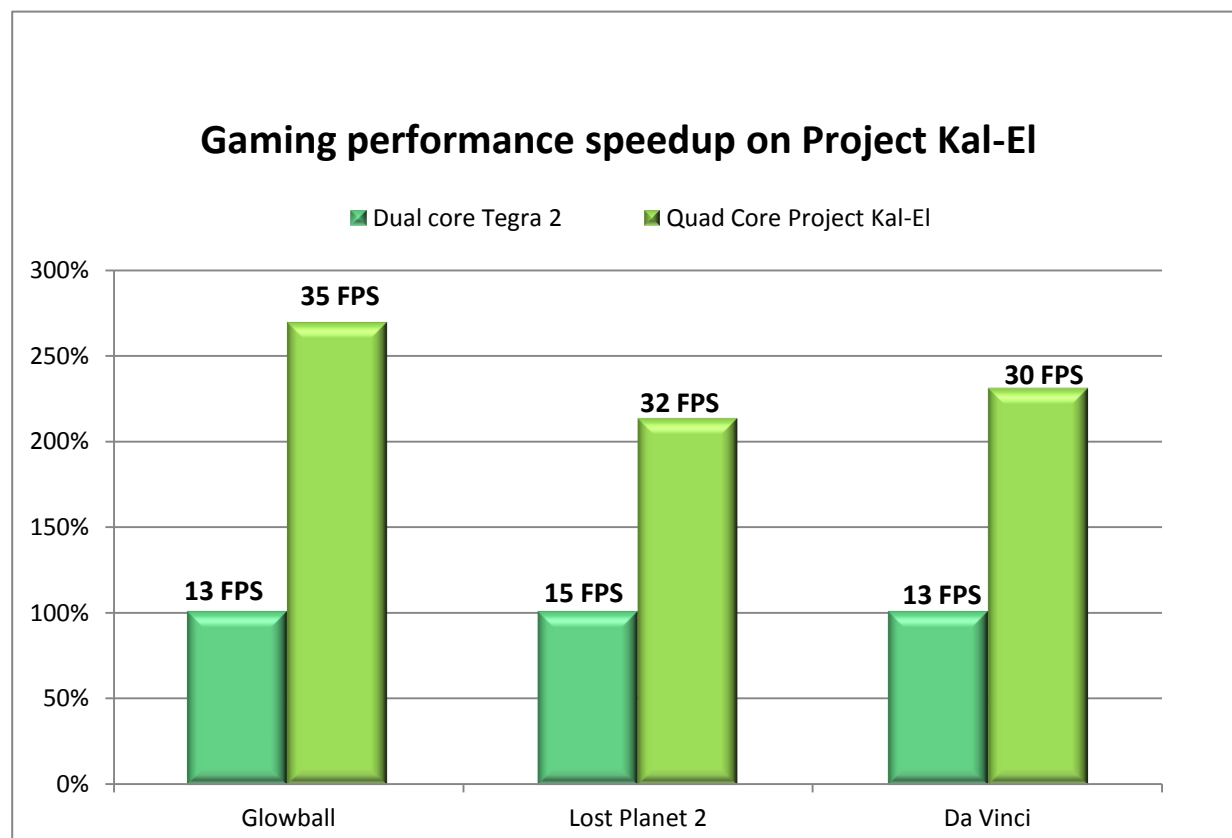


圖 9：四核心行動處理器為先進的遊戲帶來效能效益

即時動態材質產生

當行動遊戲的複雜度和視覺效果提高時，相對使用者下載的檔案大小也會大大增加。遊戲檔案常常都太大了，所以下載該遊戲所需的時間會超過售後消費者如發現不喜歡該遊戲而可退費的 15 分鐘鑑賞期。這不僅會造成消費者的不滿，也會讓檔案太大和下載時間過長成為消費者想購買先進遊戲時的障礙，可能會降低他們的購買意願。

即時動態材質產生技術可讓遊戲開發者在遊戲編程時，可以根據遊戲的進展和狀態即時產生所需的材質。由於材質產生的速度很快，所以在購買遊戲時不需提供這些材質。遊戲開發商可透過這項技術來降低遊戲檔案的大小，其落差會有數倍之多。



圖 10：遊戲中場景的變化都是由 Kal-EI 的四個 CPU 核心進行即時運算而產生

動態材質產生還有更多優點。遊戲在編碼時，其中遊戲場景可以根據玩家對遊戲的動作和客製化編程而有所改變。舉例而言，在遊戲中玩家可以有改變天氣的選項，再根據選定的天氣狀況視情況動態地產生會改變場景的相關材質。因此這個技術能在不大量增加檔案尺寸或增加遊戲編程複雜度的情況下，幫助提供極具互動性的遊戲體驗。

然而，在執行即時動態材質產生技術時，其高度密集的運算作業很耗效能，它需要四核心 CPU 提供的效能。由 Allegorithmic 設計的 Windmill 動態材質產生動態展示，即透過動態材質產生技術，只用了 900KB 的基本材質素材即時製作了超過 300MB 的材質素材。換言之，如果遊戲開發商在這個遊戲中沒有使用動態材質產生技術，這個遊戲的檔案大小約 300MB；而使用了動態材質產生技術後，開發商則可將遊戲的檔案大小降到大約 1MB。即時製作這種大型材質素材需要大量的 CPU 運算資源，而單核心和雙核心行動處理器則無法符合這種運算需求。用雙核心行動處理器執行即時材質產生技術，將會讓兩個運算核心負載過重，終而讓遊戲體驗變差。四核心行動處理器不但能輕易掌握這種運算作業，而且還有充裕的效能來處理其他後台運算作業。

採用四核心 CPU 的行動裝置將可成為行動遊戲的轉折點。四核心行動處理器提供的運算能力將可大幅加速針對行動裝置開發電視遊樂器和 PC 等級遊戲的步調。而四核心行動處理執行的遊戲也會提升更好的影像品質和逼真度，這都可為行動遊戲體驗樹立新的標竿。

總結

很多年前，桌上型電腦 CPU 已從單核心 CPU 架構轉移至雙核心架構，但消費者開始體會到多核心 CPU 的優點則只是這幾年的事。這是因為軟體業者運用多核心 CPU 威力的需求並沒有即時反應在桌上型電腦上。除了用多個運算核心應付不同應用的多工作業外，真正可運用多個 CPU 核心的多執行緒瀏覽器和應用，也是在多核心 CPU 面世後的短短幾年內才出現。今天桌上電腦正享用著多核心 CPU 帶來的眾多優點。

在行動領域，單核心 CPU 架構轉移至多核心架構的過程比 PC 快了許多。行動軟體業者將在桌上型電腦領域達到的成果拿來支援多核心行動 CPU 的發展。現在廣泛使用的行動軟體已可支援多工作業和多執行緒技術。

從 Linux 發展而來的 Android 作業系統因而可擁有多工作業和多執行緒技術的原生型支援。Android 2.3 和 Android 3.0/3.1/3.2 版本已加入多個可運用多核心 CPU 運算威力來提升作業系統能力的功能。

行動瀏覽器(如 Firefox 和 Webkit)乃基於它們的桌上型版本發展而來，因此也同樣有多執行緒技術原生型支援。支援 Android 3.0 的全新瀏覽器不但可提供多執行緒技術，還有分頁瀏覽功能。這些瀏覽器可運用多核心 CPU 帶來的更多運算效能，提供更快和更好的網路瀏覽體驗。

由於行動遊戲的成長快速，遊戲開發商將受歡迎的 PC 和電視遊樂器的遊戲引擎導入行動裝置上。這些遊戲引擎原本是針對多核心桌上型 PC 平台開發的，因此可在行動處理中運用多核心 CPU 為行動遊戲玩家提供眾多既有的優點。四核心 CPU 為開發人員提供大量運算效能，也可讓他們在遊戲中加入眾多先進的物理特效、人工智慧、撞擊偵測/防被、虛擬材質貼圖技術、更佳的網路可用性等其他功能。

四核心 CPU 和可變對稱式多重處理技術(在「可變對稱式多重處理技術—低功耗、高效能的多核心 CPU 架構」技術白皮書中有更多關於可變對稱式多重處理技術之資訊)可讓行動處理器進一步提升效能極限，並讓應用和遊戲開發商設計出全新的行動體驗，重要的是更可為熱門的使用例子延長電池使用時間。

附錄

測試平台使用的 Coremark 編譯設定
Project Kal-EI (雙核心模式, 每核心運作頻率 1 GHz) CoreMark 1.0 : 5532 / GCC4.4.1 -O3 -mcpu=cortex-a8 -funroll-loops -falign-loops=8 -fgcse-sm -fno-tree-vectorize -marm / Heap / 4:PThreads
Project Kal-EI (四核心模式, 每核心運作頻率 1 GHz) CoreMark 1.0 : 11667 / GCC4.4.1 -O3 -mcpu=cortex-a8 -funroll-loops -falign-loops=8 -fgcse-sm -fno-tree-vectorize -marm / Heap / 4:PThreads
OMAP4430 (每核心運作頻率 1 GHz) CoreMark 1.0 : 5673 / GCC4.4.1 -O3 -mcpu=cortex-a8 -funroll-loops -falign-loops=8 -fgcse-sm -fno-tree-vectorize -marm / Heap / 4:PThreads
QC8660 (每核心運作頻率 1.2 GHz) CoreMark 1.0 : 5690 / GCC4.4.1 -O3 -mcpu=cortex-a8 -funroll-loops -falign-loops=8 -fgcse-sm -fno-tree-vectorize -marm / Heap / 4:PThreads

表格 1 測試平台使用的 Coremark 編譯設定

文件更新歷史

版號	說明
1.0	初版
1.1	加入測試平台使用的Coremark 編譯設定表

Notice

ALL INFORMATION PROVIDED IN THIS WHITE PAPER, INCLUDING COMMENTARY, OPINION, NVIDIA DESIGN SPECIFICATIONS, REFERENCE BOARDS, FILES, DRAWINGS, DIAGNOSTICS, LISTS, AND OTHER DOCUMENTS (TOGETHER AND SEPARATELY, "MATERIALS") ARE BEING PROVIDED "AS IS." NVIDIA MAKES NO WARRANTIES, EXPRESSED, IMPLIED, STATUTORY, OR OTHERWISE WITH RESPECT TO MATERIALS, AND EXPRESSLY DISCLAIMS ALL IMPLIED WARRANTIES OF NONINFRINGEMENT, MERCHANTABILITY, AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, NVIDIA Corporation assumes no responsibility for the consequences of use of such information or for any infringement of patents or other rights of third parties that may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of NVIDIA Corporation. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. NVIDIA Corporation products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of NVIDIA Corporation.

Trademarks

NVIDIA, the NVIDIA logo, Tegra, CUDA, FERMI and GeForce are trademarks or registered trademarks of NVIDIA Corporation in the United States and other countries. Other company and product names may be trademarks of the respective companies with which they are associated.

Copyright

© 2011 NVIDIA Corporation. All rights reserved.