

【訪談】「我還以為是真的紙」 - 揭密三星 Color E-Paper 開發故事： 呈現 250 萬色彩、無需持續供電的數位看板新解方

從菜單看板、折扣資訊到促銷廣告，數位看板已成為零售場所傳遞訊息的重要媒介。如今，一款創新的顯示設備問世，無需持續供電便能呈現影像內容。

三星日前推出全新 32 吋 Color E-Paper - 一款超低功耗的數位看板解決方案，能夠呈現豐富且高品質的視覺效果。

該款創新產品採用三星獨家的彩色影像演算法技術，為三星電子影像顯示 (VD) 事業部與三星研究院的共同研發成果。

三星新聞中心採訪了這項開發成果幕後的兩位關鍵人物 - 影像顯示事業部的 Daewoong Cho 與三星研究院的 Iljun Ahn，深入瞭解有關 Color E-Paper 的更多故事。



▲ 左為三星研究院 Iljun Ahn；右為影像顯示事業部 Daewoong Cho

顛覆想像：超薄、超輕、超低功耗

Color E-Paper 為數位看板樹立全新標竿 - 重新定義硬體設計、運作方式與內容表現力。

全球推出的 32 吋 Color E-Paper (型號 EM32DX) 擁有超薄外型，最薄處僅 8.6 毫米，結構輕巧，含電池重量僅 2.5 公斤。



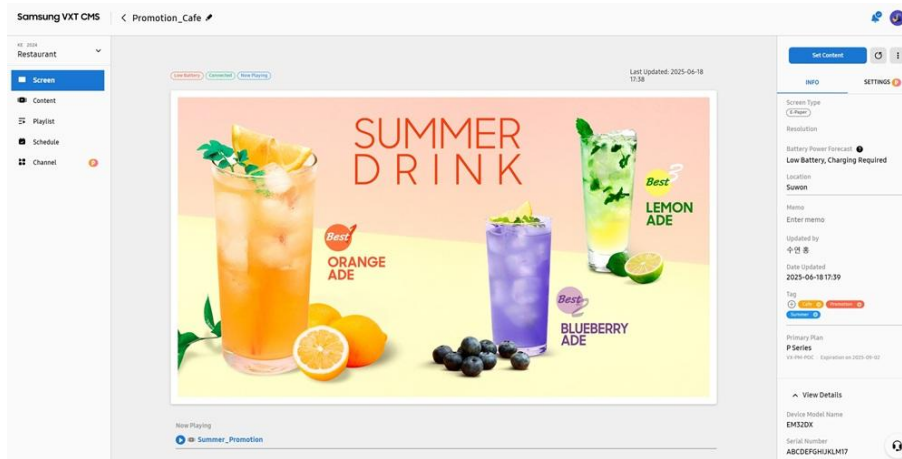
▲ 影像顯示事業部 Daewoong Cho

Color E-Paper 硬體開發人員 Cho 表示：「產品採用極致輕薄設計，便於安裝於各類空間，即使是在狹小環境中亦不受限。憑藉高度靈活性，Color E-Paper 不僅適合作為咖啡館入口的菜單看板，亦可作為呼應季節氛圍、喚起情感共鳴的室內展示裝置。」

Color E-Paper 的一大優勢在於其超低功耗表現，於顯示靜態影像的耗電量低至 0.00W^(註一)。僅靠電池即可長時間維持畫面顯示，為零售等商用環境大幅降低能源使用，變更顯示內容時亦僅需極少電力。此外，本產品延續三星對永續發展的承諾，外殼採用可回收塑膠材質製成，並搭配環保包裝。



▲ 使用者可透過三星 VXT 平台，輕鬆製作、替換與管理 Color E-Paper 內容



▲ 三星 VXT 平台透過專屬演算法優化內容可視性，並提供預覽功能，於展示前確認色彩準確度，結合多項便捷設計，全面強化 Color E-Paper 的整體使用體驗

無需持續供電即可運作的顯示器

Color E-Paper 超低功耗的秘密，在於其獨特的影像顯示方法。



▲ 三星研究院 Lion Ahn

參與本產品影像強化技術開發的 Ahn 表示：「傳統 LCD 看板透過背光來顯示影像，而 Color E-Paper 則如同紙本印刷，將六種彩色數位墨水精準排列於指定位置，呈現細膩自然的畫面質感。正是這種獨特的顯示方式，讓畫面更加賞心悅目。」

SAMSUNG

顯示器由數百萬個微杯結構 (microcup) 組成，每個微杯含紅、黃、白、藍四色墨水顆粒。當對微杯施加電訊號時，特定顏色的墨水顆粒會浮至表面，藉此呈現六種豐富色彩。

Ahn 表示：「這個過程與墨水附著於紙張的印刷原理十分相似。影像一旦成形，便可半永久地保留於螢幕上，無需持續供電即可維持顯示。」

三星獨家技術：六種色彩即可打造豐富影像

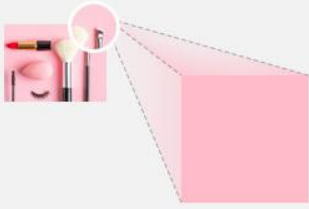
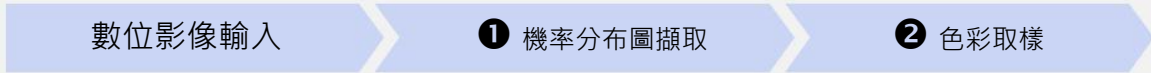
Color E-Paper 的優勢不僅止於節能，其搭載三星電子自主研發的彩色成像演算法，僅以六種色彩便能呈現鮮明且自然的視覺效果。

Ahn 表示：「傳統產品在準確還原輸入色彩方面仍存在一定限制，常伴隨失真與雜訊等問題。為克服這些挑戰，影像顯示事業部與三星研究院攜手合作，提出一套專為解決此問題而設計的方案。」

開發彩色成像演算法的構想源自人眼視覺系統 (HVS)，其核心在於提升色彩表現力與畫面可見度。此演算法建基於人眼對色彩的感知特性，相較於單一像素的色彩，眼睛更容易感知畫面中某一區域的平均色調。

Ahn 補充：「運用該項視覺特性，我們能夠自然地組合六種色彩，營造出多樣的視覺色調。關鍵在於調整各種色彩組合的比例與排列方式，盡可能降低色彩失真。」

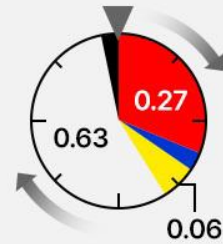
彩色成像演算法



粉紅色 (RGBs)

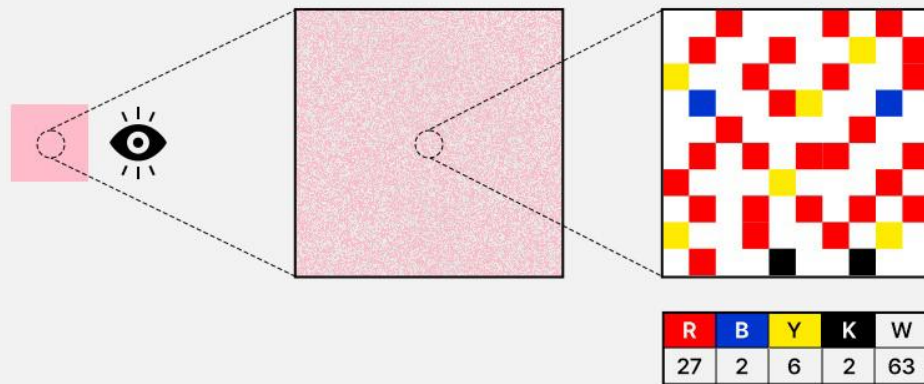


粉紅色 (六色)



藍雜訊基礎隨機取樣

Color E-Paper 輸出



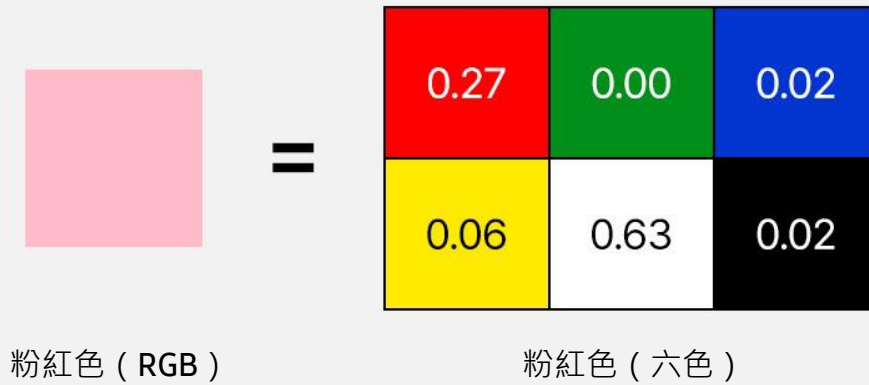
▲ Color E-Paper 採用彩色成像演算法的色彩渲染流程

計算色彩比值：機率分布圖擷取

傳統電子紙仰賴誤差擴散^(註二)技術，透過有限的色彩組合呈現近似的數位影像。雖然此方法具有一定成效，但也存在明顯缺點，包括容易出現視覺失真，以及運算速度較慢。

為克服這些限制，三星設計一套創新方法，透過計算特定色彩放置在任意區域中的分布機率，以實現更精確且自然的色彩呈現。

彩色成像演算法 ① 機率分布圖擷取



▲ 彩色成像演算法以機率分布形式計算特定色彩的權重

Color E-Paper 藉由計算色彩的機率權重，僅以六種色彩即可呈現近 250 萬種不同色調，色彩豐富度較傳統方法的約 6 萬種色調提升 40 倍，帶來更細緻、自然的視覺體驗。

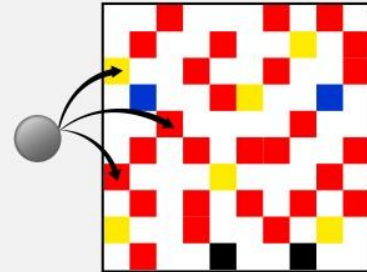
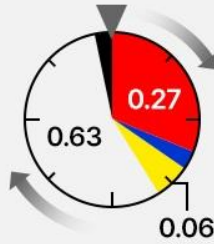
優化色彩排列：色彩取樣技術

除了色彩比例以外，色彩排列方式對於影像的演色性 (color rendition) 同樣關鍵。三星開發團隊以機率分布圖為基礎，導入藍雜訊取樣技術^(註三)，逐像素配置色彩，確保畫面渲染均勻且平順。

彩色成像演算法 ② 色彩取樣 (藍雜訊取樣)

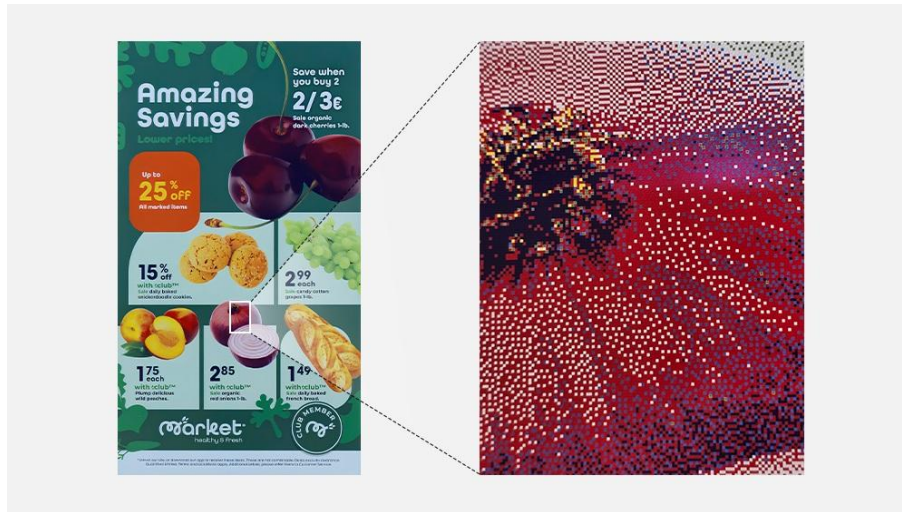
0.27	0.00	0.02
0.06	0.63	0.02

粉紅色 (六色)



R	B	Y	K	W
27	2	6	2	63

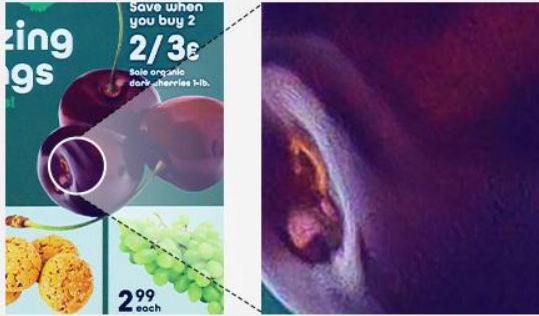
▲ 藍雜訊取樣技術流程



▲ 左圖為三星 Color E-Paper 顯示器以鮮明色彩呈現生鮮商店的促銷資訊；右圖為洋蔥的放大特寫，展現多種色彩組合如何自然渲染豐富的色調與層次

該項先進的彩色成像演算法技術可有效降低眼睛疲勞，並呈現邊界柔和和自然的影像效果，帶來如同印刷品般的視覺體驗。

傳統方法



色階斷層使色彩呈現等高線條紋

彩色成像演算法技術



平順的漸層渲染效果

▲ 三星的彩色成像演算法技術克服傳統電子紙缺點

備受全球讚譽、前景可期的技術

「我以為那是真紙！」、「電源線在哪裡？」 - 第一次看到彩色電子紙的人，常常驚訝於它的真實感與無須持續供電的特性。該項創新技術在今年歐洲最大的顯示技術展會歐洲整合系統展 (Integrated Systems Europe · ISE) 備受矚目，並榮獲三項「最佳產品獎」 (Best of Show) ，廣受業界矚目與肯定。

Daewoong Cho 表示：「據我所知，某間過去始終堅持採用類比看板的全球知名品牌，在 ISE 2025 展會上看到 Color E-Paper 展示後，開始認真評估導入數位化方案，這讓我深感自豪。」

Ilgun Ahn 表示：「Color E-Paper 擁有自然如紙的生動畫質，將為各類商業場域帶來煥然一新的顧客體驗。三星規劃將推出多種尺寸選擇，滿足從小型到大型的顯示需求。我們持續投入研發，致力提升渲染效能，實現更廣泛的色彩表現。三星研究院將與影像顯示事業部持續緊密合作，邁向下一項顯示技術的創新突破。」

憑藉顛覆性的能源效率與卓越的色彩準確度，三星 Color E-Paper 正在引領數位看板技術的進化浪潮。三星產品開發團隊秉持持續創新的精神，致力於提升商業空間的視覺體驗，為未來顯示技術樹立全新標竿。

註一：功率測量值係依據國際電工委員會 IEC62301 標準得出。根據此標準，平均功率低於 0.005W 即表示為 0.00W。

SAMSUNG

註二：此方法會將影像在量化過程中產生的誤差，依指定比例分散至相鄰像素，藉此在整體畫面中降低誤差對視覺的影響，達到擴散誤差的效果。

註三：有別於白雜訊，藍雜訊集中於高頻光譜，能形成細緻且間距均勻的圖樣，避免出現大面積斑點，進而在顯示器上呈現更平滑自然的影像效果。