

# 寬動態範圍 (WDR)

提供鑑識價值的 WDR 解決方案

2017 年 10 月

# 目錄

1. 摘要	3
2. 簡介	4
3. 寬動態範圍場景	4
4. 攝影機動態範圍的限制	5
4.1 畫素大小和曝光時間	5
4.2 雜訊和位元深度	6
4.3 顯示影像	6
5. 擴展攝影機動態範圍的一般方法	6
5.1 使用雙重或多重曝光	6
5.2 使用雙重或多重靈敏度畫素	6
5.3 使用對比增強	7
5.4 使用局部對比增強	7
6. 安迅士攝影機中的 WDR 影像	7
6.1 安迅士描述的 WDR 效能	7
6.2 安迅士 WDR 解決方案	8
7. 以 dB 表示的動態範圍能力	9
8. WDR 影像中的假影	10

## 1. 摘要

極暗與極亮區域的場景，對攝影機都具有很高的挑戰性。在安全監控中，此類寬動態範圍 (WDR) 場景的典型範例包括入口、停車場和隧道，這些地方的外部光線和陰暗的內部之間有很大的對比。直接日照而有深色陰影的戶外場景也會造成問題。

目前市面上已發展出多種方法，讓攝影機能夠更精確重現完整的場景內容。沒有一種技術可以適用於所有場景和情況，而每種方法都有缺點，包括一般稱為假影的多種異常圖像。

安迅士提供不同的 WDR 解決方案，包括兩種鑑識解決方案，可為困難場景的影像帶來革命性的改進。這些解決方案看到場景陰暗部分更多細節，而不會讓明亮部分過度曝光的能力無可匹敵，並可提供極具鑑識價值的影像。

安迅士 WDR 解決方案：

- > 鑑識 WDR 結合雙重曝光和局部對比增強方法。可提供專為最高鑑識可用性調整的影像。此技術可套用最新影像處理演算法，有效減少可見雜訊和假影。鑑識 WDR 也適合動態場景以及超高解析度攝影機。
- >
- > WDR - 鑑識擷取結合雙重曝光和局部對比增強方法。可提供專為最高鑑識可用性調整的影像。
- >
- > WDR - 動態擷取使用雙重曝光方法，融合曝光時間不同的影像。動態範圍會受到假影限制，例如和位移及閃爍相關的假影。
- >
- > WDR - 動態對比使用動態範圍相當有限，但假影極少的對比增強方法。因為只使用一次曝光，這個解決方案在包含大量位移的場景中表現很好。

攝影機的動態範圍能力通常以 dB 值表示，但實際 WDR 效能很難測量，也會依據其他因素而定，例如場景的複雜度、場景中的實際位移量以及攝影機的影像處理能力。

安迅士著重於鑑識可用性和影像品質，而不仰賴高 dB 值。因此具有特定指定動態範圍的安迅士攝影機，其表現可輕易超越具有較高 dB 值的競爭攝影機。

## 2. 簡介

標準監控攝影機很難處理寬動態範圍場景，也就是明亮等級差異很大的場景。這份白皮書說明攝影機動態範圍有限的技術原理，描述達成良好 WDR 效能的可用方法，並呈現安迅士提供最高鑑識價值和可用性的 WDR 解決方案。

## 3. 寬動態範圍場景

動態範圍是指一個場景或影像中，最暗和最亮區域之間的明亮等級差異。因此具有寬動態範圍的場景，同時包含極亮和極暗的區域。在監控中的典型範例包括：

- > 外面有日光而室內環境陰暗的入口處。
- > 外面有日光而室內明亮等級低的停車場或隧道。
- > 直接日照且有深色陰影的戶外場景。
- > 有大量窗戶反射光線的辦公大樓或購物中心

下面是使用傳統監控攝影機擷取的寬動態範圍場景範例。

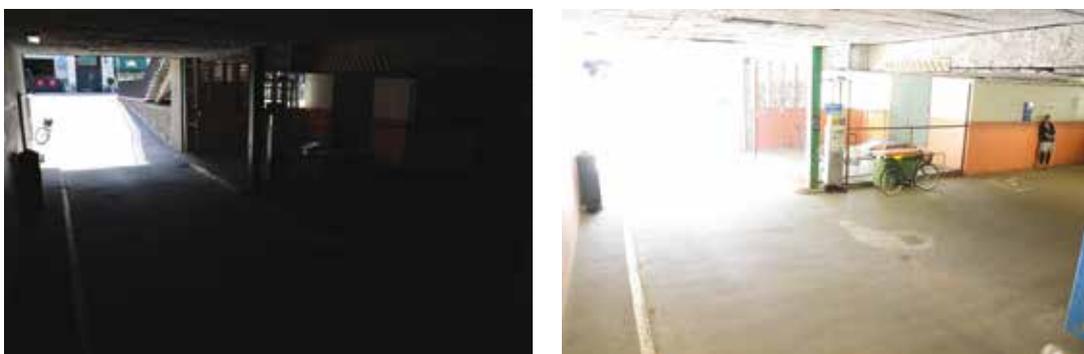


圖 1 和 2：具有寬動態範圍的典型監控場景：停車場內側和入口。這兩個影像使用不同曝光時間拍攝，左側影像時間較短，右側影像時間較長。

攝影機可依據使用哪種曝光時間，呈現明亮的入口及外側或停車場陰暗內側。傳統攝影機無法在一張影像中擷取完整場景內容。

下列影像在長曝光時間影像中內嵌短曝光時間影像，以及在短曝光時間影像中內嵌長曝光時間影像。傳統攝影機顯然會漏掉場景中的重要物件。



圖 3 和 4：和前面相同的場景。左側影像顯示短曝光時間漏掉的細節。右側影像顯示長曝光時間漏掉的細節。

要擷取完整場景內容，需要具備 WDR 能力的監控攝影機。可在一張影像中擷取兩種極端情況，也就是同時清楚顯示明亮入口和停車場內陰暗處的細節。不過使用傳統攝影機時，動態範圍會受到一些因素限制。

## 4. 攝影機動態範圍的限制

傳統攝影機動態範圍有限的主要原因，與攝影機感應器如何擷取光線、如何處理影像以及光線性質有關。更實際而言，動態範圍會依據畫素大小、曝光時間、雜訊以及位元深度而定。

### 4.1 畫素大小和曝光時間

光線由稱為光子的離散能量束組成。場景中的光線強度增加時，表示會有較多光子進入攝影機。但攝影機或其影像感應器在每個曝光間隔時間內，只能偵測到有限數量的光子。

影像感應器由數百萬個對光敏感的點組成，這些點稱為畫素，能夠將擷取的光子轉換為電子。形成影像時，會測量每個畫素的電子數量，提供擷取場景中不同部分的明亮等級資訊。

每個畫素具有特定大小，在飽和之前只能保留特定數量的電子。在現代攝影機中，我們希望達到最大畫素數量，但因為成本原因，會維持較小的整體感應器尺寸而使畫素大小受限。

對於寬動態範圍場景，長曝光時間會讓影像明亮部分的畫素飽和。透過縮短曝光時間並在較短時間內收集光子，可避免較明亮部分內的光子滿溢。不過較短曝光時間也可能表示較暗區域內只會擷取極少量光子。由於光的粒子特性以及稱為光子散粒雜訊的現象，這些影像區域會看到明顯雜訊。畫素的正確曝光時間是可達到最大訊噪比 (SNR) 的曝光時間，因此影像明亮部位的畫素曝光時間會比較暗部位的畫素短。

## 4.2 雜訊和位元深度

在畫素層級，動態範圍的定義為最大訊號強度除以雜訊基準。雜訊基準會決定在所有雜訊源總和強度上，可區分的最低訊號強度。部分雜訊源自負責計算電子並產生畫素讀數的類比數位轉換器之瑕疵。另一類雜訊是光子散粒雜訊，即使採用完美設備也無法避免。所有雜訊都會導致畫素值無法反映真實場景的真正強度。

位元深度表示用於擷取單一畫素資訊的位元數量，可決定能夠偵測的明亮等級數量。安全監控攝影機通常具有 10 位元的位元深度。較大的位元深度在理論上可增加能夠偵測的明亮等級數量，但實際上只有在感應器畫素夠大且雜訊夠少時，才會增加影像品質。如果感應器資料雜訊很多，那麼增加位元數量並沒有什麼幫助。

## 4.3 顯示影像

關於位元深度，也必須牢記安全專業人員用於監看監控影像的一般監視器，每個色彩通道的位元深度只有 8 位元。這表示將感應器的 10 位元轉換為監視器的 8 位元的演算法，對於達成良好 WDR 效能非常重要。

# 5. 擴展攝影機動態範圍的一般方法

目前已研發出不同方法避開攝影機的動態範圍限制，並達成 WDR 影像。這些方法有時會結合使用以產生更好的結果。沒有任何單一方法適用於所有應用，因為每種方法都會引入稱為假影的不同異常圖像。在一種應用中可能看不到的假影，可能讓另一種應用完全不實用。常見假影的說明請參見第 8 節。

## 5.1 使用雙重或多重曝光

使用融合演算法，可將以不同曝光時間擷取的多組影像結合形成單一影像。這是最常見的動態範圍擴展方法。不過由於循序擷取，此方法會引入和場景中位移有關的假影。通常閃爍光源和快速位移會造成問題，因為物件可能在兩次擷取之間移動位置。影像處理也可能造成條紋雜訊。因此假影包括：

- > 閃爍
- > 位移殘影和鬼影
- > 雜訊

## 5.2 使用雙重或多重靈敏度畫素

採用此方法時，攝影機使用的影像感應器包含兩種或更多種光線靈敏度不同的畫素。因此單次曝光時會產生兩張影像，一張較暗而一張較亮，分別對應到每一組畫素。最終 WDR 影像透過結合這些影像而產生。相鄰畫素的靈敏度差異通常會有限制，例如固定的靈敏度比，限制此方法能夠達到的動態範圍。由於同時曝光，可避免和位移及閃爍有關的假影，但可能會改為引入其他類型的假影。例如，此方法會造成解析度降低（因為形成影像的畫素數量較少），可能會在影像中產生摩爾紋和階梯效應。

還有，結合兩組畫素的處理可能複雜，且在某些情況下造成其他問題。典型的假影：

- > 摩爾紋和階梯效應
- > 雜訊
- > 色偏
- > 模糊

### 5.3 使用對比增強

這是一種數位方法，使用曝光不足影像，以數位方式讓最暗的區域變亮。此方法並未真正擴展擷取的動態範圍，但可改進最終影像中的偵測可能性，尤其是可能會過曝的區域。對於動態範圍有限而包含大量位移的場景非常有用。引入的典型假影包括：

- > 較暗區域內的條紋雜訊
- > 某些區域內的灰階很少
- > 異常顏色

### 5.4 使用局部對比增強

傳統攝影機使用全域方法調整色調曲線，這表示同樣的轉換會套用到影像中的所有畫素。也可以使用局部方法，在感應器的不同區域以不同方式調整色調曲線。這並未真正擴展擷取的動態範圍，但透過調節對比提供強大的視覺化工具，可在動態範圍低的螢幕上產生更清晰的影像。典型假影依據此方法使用的強度而定，包括：

- > 鬼影
- > 卡通化
- > 缺乏對比
- > 顏色雜亂

## 6. 安迅士攝影機中的 WDR 影像

安迅士提供多種 WDR 影像解決方案，結合第 5 節所述的一些通用方法和最先進的影像處理及程序以減少假影。

### 6.1 安迅士描述的 WDR 效能

在安迅士，我們選擇從幾個重要面向衡量我們的 WDR 解決方案。決定哪種解決方案適合特定監控個案時，應依據個案情況以不同方式衡量這些面向。這些面向的依據實際使用情況和主觀判斷進行評估。

面向	意義
位移	避免位移和閃爍相關假影的效果如何？
延伸範圍	實際的動態範圍。與 dB 值相關。
外觀	在困難場景中重現影像的效果如何？

表 1：用於決定 WDR 效能的面向。

位移面向評量，總結解決方案擷取位移場景，而不引入取樣技術相關假影的能力。閃爍的處置是這個面向中的一項重要因素，另一項是避免融合假影。

延伸範圍面向評量，總結在維持影像監控可用性的情況下，影像最亮和最暗部分之間的亮度差異有多大。

外觀面向評量，總結解決方案重現困難光線條件，但仍讓安全監控人員可在電腦螢幕上檢視影像的能力。目標不是盡可能重現高度逼真的場景，因為這會讓觀看者看不到細節。

## 6.2 安迅士 WDR 解決方案

攝影機的動態範圍通常由 dB 值指定，這與前一節描述的延伸範圍面向有關。不過為了在一般監控場景中提供可用性和細節，安迅士 WDR 解決方案的位移和外觀面向優先性，高於延伸範圍面向。這個優先性表示安迅士攝影機可能提供比 dB 值表示的動態範圍更好的影像。考量到假影減少和可用性改善，具有較低 dB 值的安迅士攝影機，性能可輕易超越別家公司 dB 值較高的攝影機。關於 dB 值的更多細節，請參閱第 7 節。

安迅士 WDR 解決方案如下所列。

**鑑識 WDR** 結合雙重曝光和局部對比增強方法。可提供專為最高鑑識可用性調整的影像。此技術可套用最新影像處理演算法，有效減少可見雜訊和假影。鑑識 WDR 也適合動態場景以及超高解析度攝影機。

**WDR - 鑑識擷取** 結合雙重曝光和局部對比增強方法。可提供專為最高鑑識可用性調整的影像。

**WDR - 動態擷取** 使用雙重曝光方法，融合曝光時間不同的影像。動態範圍會受到假影限制，例如和位移及閃爍相關的假影。

**WDR - 動態對比** 使用動態範圍相當有限，但假影極少的對比增強方法。因為只使用一次曝光，這個解決方案在包含大量位移的場景中表現很好。

表 2 列出安迅士 WDR 解決方案依據性能面向得到的評分。

WDR 解決方案	位移	延伸範圍	外觀
	避免位移和閃爍相關假影的效果如何？	實際的動態範圍。與 dB 值相關。	在困難場景中重現影像的效果如何？
鑑識 WDR	+++	+++	+++++
WDR - 鑑識擷取	++	+++	+++
WDR - 動態擷取	+	+	++
WDR - 動態對比	+++++	-	-

表 2。依據位移、延伸範圍和外觀面向評量的安迅士 WDR 解決方案。

依據表中的評分，整體表現最佳的 WDR 解決方案為鑑識 WDR，相較於 WDR - 鑑識擷取，可改善位移面向和外觀面向。但這些鑑識解決方案可為困難場景的影像帶來革命性的改進。這些解決方案看到場景陰暗部分更多細節，而不會讓明亮部分過度曝光的能力無可匹敵，並可提供極具鑑識價值的影像。

由於鑑識解決方案的優先目的為鑑識可用性，會增亮所有陰影並增強細節，讓影像呈現和我們習慣看到的廣播影像非常不同的樣貌。使用鑑識 WDR 攝影機時，會將場景的動態範圍壓縮到低很多的動態範圍，而不損失細節。這可讓影像針對檢視最佳化而不會造成眼睛疲勞，以便在安全監控中心內讓專業員工檢閱即時和錄製影像。

圖 5 和 6 比較用兩種不同攝影機擷取的場景：左邊是不具 WDR 能力的網路攝影機，右側是具備鑑識 WDR 的安迅士攝影機。使用鑑識 WDR 時，在背光室內和戶外的細節都清晰可見。



圖 5 和 6：具有強烈背光的室內場景。不具 WDR 能力 (左側) 的傳統網路攝影機，和具備鑑識 WDR 的安迅士攝影機 (右側) 之間的比較。

## 7. 以 dB 表示的動態範圍能力

攝影機的動態範圍能力通常以 dB 值表示，這和第 6 節所述的延伸範圍面向有關。

dB 值測量攝影機可擷取的最亮物件輻射率和最暗物件輻射率之間的比率。如果比率為 1000:1，dB 值為 60 dB，計算方式為比率的對數 (這個例子為 3) 乘上 20。

最暗的可偵測等級定義為感應器畫素的雜訊基準，因為低於這個等級的任何訊號都會被雜訊淹沒。依據這項定義，良好的影像感應器通常可達到約 70 dB 的動態範圍。使用 WDR 技術，我們可以在不改變攝影機實際 dB 值的情況下，增加實際的動態範圍或延伸範圍。

不過 dB 值和延伸範圍都無法完全表示攝影機的動態範圍能力。WDR 影像的品質也會依據使用哪種 WDR 方法，是否殘留任何可見假影以及影像處理的品質而定。第 6 章提到的外觀面向和位移面向可總結出上述某些因素。

下方右側影像以 dB 值低於左側影像的攝影機拍攝。在這個寬動態範圍場景中，dB 值較低的攝影機產生的影像品質顯然更適合影像監控，和預期的結果不同。dB 較低的攝影機顯然具有其他功能，例如更好的影像處理，可改進其 WDR 能力。



圖 7 和 8：以 dB 值不同的攝影機擷取的背光室內影像。右側影像以 dB 值低於左側影像的攝影機拍攝，與預期結果不同。

## 8. WDR 影像中的假影

本節說明最常見的一些假影和其成因。

- > 位移殘影  
位移殘影是錄製影像在單一圖框之間改變時發生，可能是場景中快速移動或曝光時間太長而造成。
- > 鬼影  
使用多重曝光產生一張影像時，可能會在不同位置擷取到同一個移動物件。雖然這個情況本身可能讓影像出現鬼影外觀，但因為不同亮度物件的位移殘影幅度不同，影像可能會變得更不清楚。例如移動物件在較暗部分看起來，會比在明亮部位中更模糊。
- > 閃爍造成的假影  
所有類型的攝影機中，都可能出現閃爍燈光造成的假影。由於通常會假設照明不變，日光燈等調變光源通常會帶來問題。依據攝影機類型，引入的假影可能呈現條狀或可見脈衝。
- > 條紋雜訊  
影像中特定數量的隨機分佈雜訊通常可接受。不過在數位處理中，讀出畫素值時的技術困難，有時會產生可見的條狀雜訊。
- > 卡通化和過度銳利化  
WDR 影像可能包含太多重現色調和增強細節，以致難以在標準監視器上顯示。導致顯示的影像可能出現明顯的卡通化及不自然風格。
- > 色偏  
畫素處理方式不同的方法，可能會引入色彩重現假影，例如錯誤的顏色或太多顏色。

- > **紫邊**  
紫邊或藍邊是因為鏡頭色差，而可在影像銳利邊緣旁看到紫邊的效應。色差是不同顏色的光線在鏡頭內折射不相等，因此在感應器上略微偏移或失焦。此效應通常在感應器的邊緣較強烈。WDR 攝影機對色差的靈敏度高於傳統攝影機，因為影像暗色部分的色調對映幅度較大。
- > **鏡頭耀光和光暈**  
光線進入任何光學鏡頭系統時，一些光線不會適當聚合而會在鏡頭系統內散射或閃耀。部分光線會由設計減少彈射光的內部擋板聚集，但部分也會到達影像感應器上的錯誤位置，造成不同類型的假影。

最常見的假影是鏡頭耀光，大部分鏡頭朝向日光等強烈光源時會發生。另一種稱為光暈的效應，會在影像的較大區域上降低對比和色彩飽和度。影像中有強烈光源、寬動態範圍場景、前方鏡頭髒污或鏡頭系統入塵時，這兩種效應都特別麻煩。透過在攝影機上安裝防塵罩可減少耀光和光暈，但期望達到更大延伸範圍的 WDR 攝影機，仍會受到光學系統中散射光的限制。

## 關於安迅士

安迅士透過打造網路解決方案，協助改善安全與創新企業營運模式，讓世界變得更聰明且更安全。身為網路影像產業領導者，安迅士提供影像監控與分析、門禁管理及音訊系統產品與服務。安迅士在50多個國家擁有超過3,000名專職員工，並與全球合作夥伴合作提供客戶解決方案。安迅士成立於1984年，總部位於瑞典，並以AXIS名稱於斯德哥爾摩那斯達克證交所掛牌上市。

關於安迅士的更多資訊，請參閱本公司網站 [www.axis.com](http://www.axis.com)。