

Compte rendu de lecture

Kuassi Pierre DOVODJ

2024-11-25

Contents

1	Introduction	2
2	Présentation de la méthode	2
2.1	Principe général	2
2.2	Critères de qualité	2
2.3	Fusion multi-échelle	3
3	Résultats expérimentaux	3
3.1	Mise en pratique avec la démo	3
3.2	Analyse des résultats obtenus	4
3.3	Impact des paramètres	7
4	Discussion : Avantages et limites	7
4.1	Avantages	7
4.2	Limites	7
5	Conclusion	7

1 Introduction

L'imagerie à grande plage dynamique, ou HDR (High Dynamic Range), est une technique qui permet de capturer et de restituer les détails d'une scène à la fois dans les zones très sombres et très lumineuses. Cela surmonte les limites des capteurs d'appareils photo traditionnels, qui n'arrive pas à capturer toute la gamme de luminosité d'une scène. L'article proposé sur le site IPOL présente une méthode appelée **Exposure Fusion**, qui combine plusieurs images prises avec des expositions différentes pour produire une seule image fusionnée.

Ce compte rendu a pour objectif de présenter la méthode **Exposure Fusion** d'exposer certains résultats obtenus ainsi que les retours concernant les paramètres utilisés, et d'analyser les avantages et les limitations de cette méthode.

2 Présentation de la méthode

2.1 Principe général

La fusion d'exposition (**Exposure Fusion**), introduite en 2009 par Mertens et al., est une technique HDR qui combine une séquence d'expositions pour créer une image LDR de haute qualité, sans passer par une étape HDR intermédiaire. Elle utilise la pyramide laplacienne pour fusionner les meilleures parties de chaque image. Quatre étapes principale sont nécessaire pour cette méthode. A savoir:

- On commence par l'analyse de chaque pixel des différentes images à fusionner en mesurant le *contraste* C , la *saturation* S et la *bonne exposition* E .
- On attribut a chaque pixel un poids basé sur ces critères.
- Les poids sont ajustés pour s'assurer que leur somme est égale à 1 pour chaque pixel.
- L'image finale est créée via des pyramides Laplaciennes pour garantir une transition douce entre les zones des différentes images d'entrée.

2.2 Critères de qualité

Comme décrit précédemment, les critères de qualité sont le **contraste**, la **saturation** et la **bonne exposition**. Voyons comment ces critères sont calculés et utilisés pour évaluer la qualité de chaque pixel.

- **Contraste**: utilise la valeur absolue d'un filtre laplacien discret appliqué à la version en niveaux de gris de l'image. Elle est définie par

$$C_k(x) = \left| \frac{1}{3} \sum_{c=1}^3 u_{c,k}^* * K_{\text{Laplacian}} \right|(x)$$

, où $K_{\text{Laplacian}}$ est donné par :

$$K_{\text{Laplacian}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- **Saturation**: c'est l'écart type de la couleur du pixel.

$$S_k(x) = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{c'=1}^3 \left(u_{c',k}(x) - \frac{1}{3} \sum_{c=1}^3 u_{c,k}(x) \right)^2}$$

- **Bonne exposition** mesure la proximité du canal de couleur de chaque pixel par rapport à la valeur médiane de 0,5 à l'aide d'une courbe de Gauss avec une valeur de σ .

$$E_k(x) = \prod_{c=1}^3 \exp \left(-\frac{(u_{c,k}(x) - 0.5)^2}{2\sigma^2} \right).$$

Une fois ces qualités mesurées, la qualité ou le poids w_k de chaque pixel est obtenu en calculant le produit des trois métriques, chacune élevée à la puissance correspondant au poids attribué à chaque métrique ($\omega_s, \omega_c, \omega_e$) qui sont par défaut égaux à 1. Ses poids sont après normalisés. On a :

$$w_k(x) = C_k(x)^{\omega_c} \times S_k(x)^{\omega_s} \times E_k(x)^{\omega_e}$$

$$w_k(x) = \frac{w_k(x)}{\sum_{i=1}^N w_i(x)}$$

2.3 Fusion multi-échelle

Chaque image dispose a présent d'une carte de poids normalisée, mais les utiliser directement pour fusionner les images crée des défauts visibles à cause des transitions brusques entre les zones. Pour éviter cela, les auteurs utilisent une technique appelée fusion multi-échelle.

- Ils décomposent chaque image en plusieurs niveaux de détails grâce à une pyramide Laplacienne qui est calculée en prenant la différence entre chaque niveau de la pyramide Gaussienne et une version suréchantillonnée du niveau suivant pour capturer les détails de l'image à chaque niveau.
- Les poids des pixels sont aussi organisés en plusieurs niveaux avec une pyramide Gaussienne qui est construite en réduisant progressivement la taille de l'image d'origine grâce à un sous-échantillonnage de pas deux à chaque étape jusqu'à ce que l'image soit réduit à un seul pixel.
- La fusion mélange les détails des images d'entrée en utilisant les poids, et à la fin, tous les niveaux sont combinés pour obtenir une image finale lisse et naturelle ce processus appelé effondrement de la pyramide (collapse).

Cette fusion est obtenu grace à la formule suivante :

Soit :

- $L\{u\}$: La pyramide Laplacienne de l'image d'entrée u .
- $G\{w\}$: La pyramide Gaussienne des poids w .
- l : Le niveau d'échelle dans les pyramides.

L'opération de fusion est alors définie par :

$$L\{v\}^l(x) = \sum_{k=1}^N G\{\hat{w}\}_k^l(x) \cdot L\{u\}_k^l(x)$$

3 Résultats expérimentaux

Ici, nous présenterons quelques expériences réalisées avec cette technique.

3.1 Mise en pratique avec la démo

Dans cette expérience, j'ai utilisé la démo en ligne d'Exposure Fusion disponible sur le site IPOL, en utilisant les images fournies par la démo, comprenant une image sous-exposée, une correctement exposée et une surexposée. La démo accepte une séquence d'images qui sont données sous forme de fichier ZIP. Les formats d'images acceptés incluent PNG, JPEG, TIFF, PPM et BMP, et toutes les images doivent être en 3 canaux (RGB). De plus, les images plus grandes que 1200x900 sont automatiquement redimensionnées. J'ai ajusté les paramètres, comme les poids de la saturation, du contraste, de la bonne exposition ($\omega_c, \omega_s, \omega_e$) et découpage final/normalisation robuste(pourcentage de saturation du blanc et pourcentage de saturation du

noir). La démo ne permet pas de modifier la valeur de σ . Nous supposons donc qu'elle a été conçue avec une valeur optimale de σ , située entre 0.1 et 0.2. On a aussi le choix d'enregistrer l'image préliminaire ou pas. L'algorithme nous fournit en sortie l'image fusionnée ainsi que les poids associés à chaque image entrée.

3.2 Analyse des résultats obtenus

L'expérience a été réalisée sur plusieurs séquences d'images mais ici je présenterai les résultats d'une séquence qui contient trois images, en testant différentes valeurs des paramètres pour la séquence. Voici les résultats obtenus :

- **Séquence d'image**



Figure 1: Nous avons ci-dessus respectivement les entrées 1, 2 et 3.

- **Les poids**

L'image montre les cartes de poids attribués par l'algorithme à chaque image d'entrée pour différentes valeurs des paramètres. Ces poids reflètent l'importance relative de chaque image dans le processus de fusion, en fonction des paramètres w_c , w_s et w_e . Ses carte de poids sont importants pour guider le processus de fusion mais et on constate que les paramètres influencent fortement leur répartition.

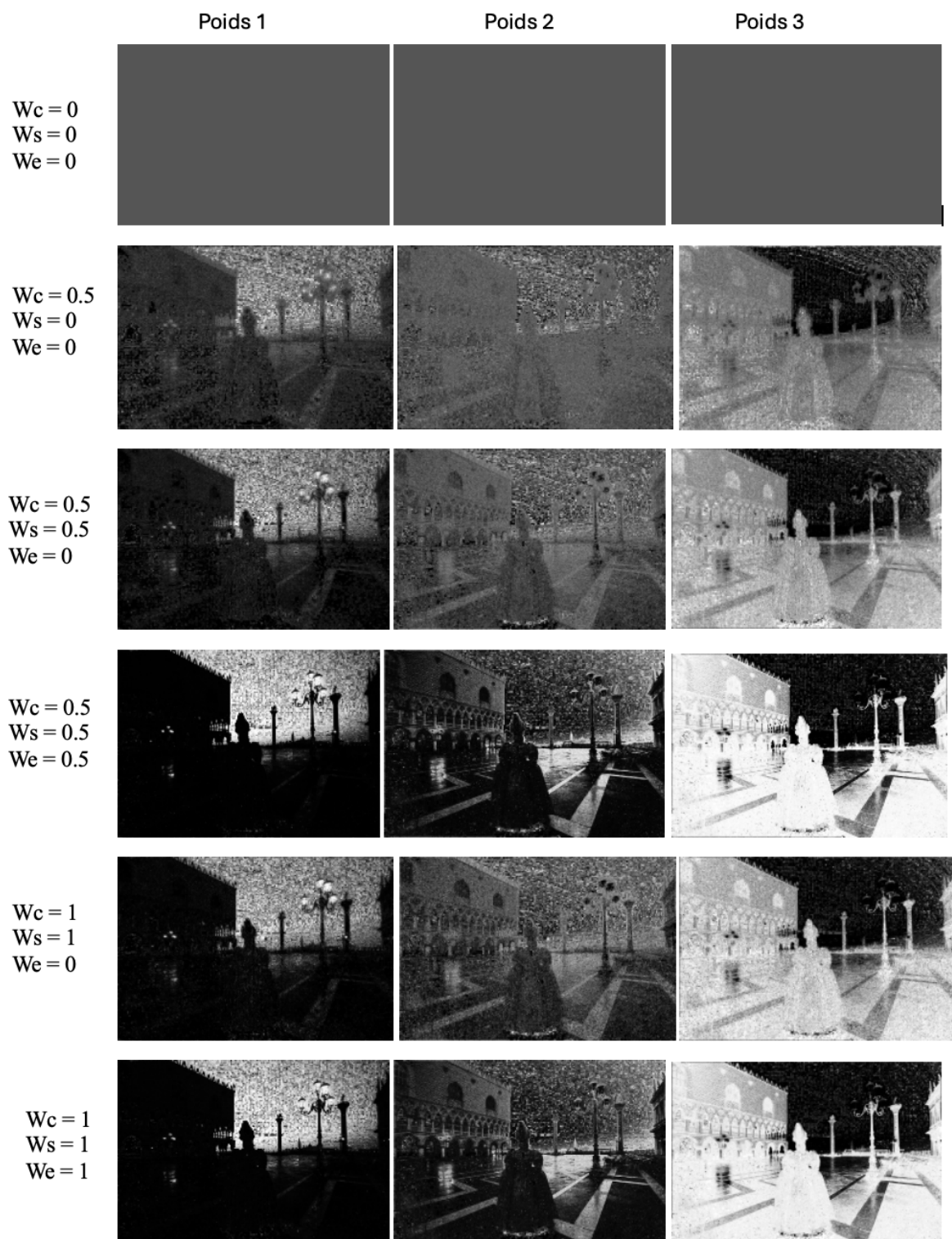


Figure 1: Les poids de chaque image de la séquence d'entrée pour différentes valeurs des paramètres



Figure 3: Images fusionnées

Ces images sont les images fusionnées pour différentes valeurs des paramètres ω_s , ω_c et ω_e . Elles présentent un bon équilibre entre les zones sombres et lumineuses, aussi les détails sont bien préservés. Néanmoins les images fusionnées montrent clairement l'influence des paramètres sur le rendu final. On a également constaté que la qualité de l'image finale dépend fortement de la qualité des images de la séquence. Nous allons analyser ses impacts dans la section suivante.

3.3 Impact des paramètres

Les paramètres de fusion jouent un rôle clé dans le rendu final des images, en influençant directement la netteté, les couleurs, et la gestion de la lumière. Voici les principaux effets observés:

- Contraste (ω_c) : Met en valeur les détails et les contours de l'image. Un ω_c élevé rend les images plus nettes et précises, mais peut amplifier le bruit ou créer des artefacts dans les zones fortement contrastées.
- Saturation (ω_s) : Accentue l'intensité des couleurs. Rend les couleurs plus vives et dynamiques. Un ω_s trop élevé produit des couleurs artificielles et peu réalistes.
- Bonne exposition (ω_e) : Équilibre les zones sombres et lumineuses. Améliore la lisibilité globale, en rendant les zones sous-exposées plus visibles et en atténuant les zones surexposées mais des valeurs excessives peuvent réduire le contraste naturel, rendant l'image plate.

Équilibre ($\omega_c = 0.5$, $\omega_s = 0.5$, $\omega_e = 0.5$) produit une image naturelle, avec des couleurs vibrantes, des détails nets, et une exposition homogène.

La combinaison maximale ($\omega_c = 1$, $\omega_s = 1$, $\omega_e = 1$) donne une image très accentuée, mais avec un d'effet qui semble irréaliste.

En conclusion pour un résultat naturel, il serait judicieux d'utiliser des valeurs intermédiaires ($\omega_c = 0.5$, $\omega_s = 0.5$, $\omega_e = 0.5$).

4 Discussion : Avantages et limites

Voici les principaux avantages et limites de la méthode, qui montrent ses points forts mais aussi ses défauts.

4.1 Avantages

- La fusion améliore la qualité des images en combinant les détails, les couleurs et la luminosité.
- Les paramètres ω_s , ω_c et ω_e permettent d'ajuster la fusion selon les besoins.
- Les défauts des images d'origine sont réduits grâce à la fusion.
- L'automatisation pourrait rendre l'utilisation plus simple et rapide.

4.2 Limites

- Les paramètres doivent être bien choisis, sinon il y a un risque d'ajouter des défauts comme du bruit ou des artefacts.
- Les réglages manuels prennent du temps et peuvent être difficiles à réaliser.
- Le résultat dépend beaucoup de la qualité des images utilisées.
- Le traitement peut être lent, surtout pour des images de grande taille.

5 Conclusion

Cet article explique une méthode simple et efficace pour fusionner des images, en utilisant des cartes de poids pour mélanger le contraste, la saturation et l'exposition. Elle permet d'améliorer la qualité des images, mais dépend beaucoup des réglages et de la qualité des photos utilisées. Cette méthode est intéressante, mais pourrait être améliorée pour mieux gérer des situations plus compliquées.