

# Өндөр нягтшилтай цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэц

Э. Билгүүн, Б. Сүхнаран, Д. Номин-Эрдэнэ, Б. Ганбат\*  
Электроник, холбооны инженерчлэлийн тэнхим  
Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль  
Монгол Улсын Их Сургууль  
Улаанбаатар, Монгол  
\*ganbat@seas.num.edu.mn

**Хураангуй** —Нүдний шилгүйгээр гурван хэмжээст дүрсийг харах боломжтой дэлгэцийн нэг болон Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийг томоор хийхэд цуглуулагч линзээс болоод томоор хийж боломжгүй байдаг болон хоёр цэгэн үүсгэгчийн хоорондох зайгаар тодорхойлогдох нягтшил бага гэсэн дутагдал байдаг. Энэхүү судалгааны ажлын зорилго нь томоор хийж болох өндөр нягтшилтай Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэц хийх юм. Нэмэлт гэрлийн үүсгүүр болон линз матриц ашиглаж Цэгэн гэрэл үүсгэгч хоорондох зайг багасгасан. Симуляцын үр дүнгээс харахад бидний дэвшүүлж байгаа шинэ санаа нь цэгэн гэрэл үүсгэгчийн хоорондох зайг 3 дахин багасгаж байгаа буюу нягтшилыг 3 дахин ихэсгэж байна.

**Түлхүүр үг** — Нийлмэл дүрсэн дэлгэц; 3D дэлгэц; Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэц

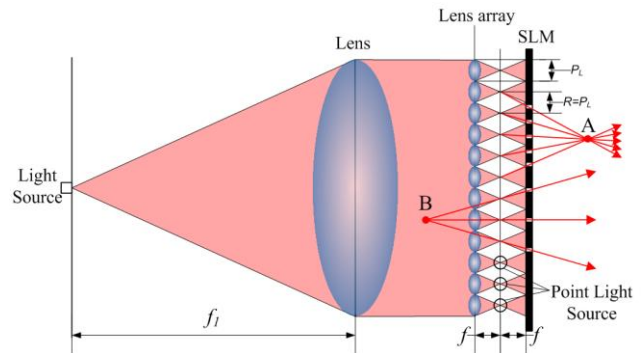
## I. ОРШИЛ

Шилгүйгээр гурван хэмжээсээр (3D) хардаг Hologram [1], Auto stereoscopic [2], Rotating screen [3], Integral imaging [1, 4] гэх мэт олон дэлгэц байдаг. Эдгээр дундаас Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэц [5] нь олон давуу талтай болохоор эрдэмтэд идэвхтэй судалж байна. Хэдий тийм боловч харагдах өнцөг бага нарийвчлал муу гэсэн дутагдалтай талтай байна. Нягтшилыг сайжруулах Alam болон бусад хүмүүсийн дэвшүүлсэн арга нь механик хөдөлгөөн хийдэг, элементар дүрсийг өөрчилдөг цэрэг сул талтай [6]. Чой болон бусад хүмүүсийн арга нь өөрчлөгдөг хаалтыг ашиглаж нягтшилыг сайжруулсан боловч өндөр хурдтай төхөөрөмж шаардагддаг сул талтай [7]. Энэхүү судалгааны ажилд бүтцийн хувьд хялбар болгох болон нарийвчлалыг хэрхэн сайжруулах шинэ аргын талаар танилцуулна.

## II. БҮТЭЦ БОЛОН СУЛ ТАЛУУД

Уламжлалт цэгэн гэрэл үүсгэгчийн бүтцийг Зураг 1-д үзүүлэв. Цуглуулагч линзийн фокусын цэг дээр байрлаж байгаа гэрэл үүсгэгчээс гарсан цацрагууд линзээр нэвтэрч параллель цацрагууд буюу хавтгай долгион болж тархана. Эдгээр параллель цацрагууд олон жижиг линз буюу элементар линзүүдээс тогтох линз матрицаар нэвтэрч элементар линз болгоны фокусын цэг дээр цуглана. Линз болгоны ард цуглаж байгаа цацрагууд олон гэрэл үүсгэгч юм шиг харагдах учраас эдгээрийг Цэгэн гэрэл үүсгэгч гэж нэрлэдэг. Линз матрицаас  $2f$  зайд байгаа SLM нь гурван хэмжээст биетийн хоёр хэмжээст буулгалтын дагуу гэрлүүдийг модуляцалж гурван хэмжээст дүрсийг линз матрицын өмнө болон хойно үүсгэж чаддаг. Зураг 1-д А

болон В цэгүүд линз матрицын өмнө хойно үүсэж байгааг үзүүлэв.



Зураг 1. Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн бүтэц

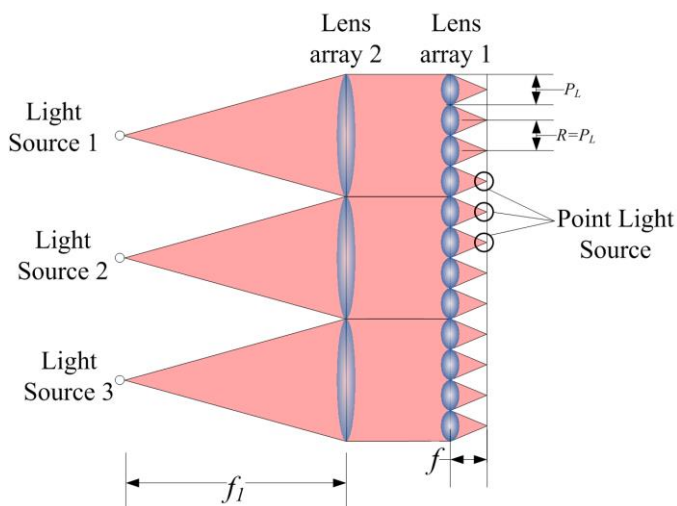
Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийг томоор хийхэд том хэмжээтэй хийхэд Цуглуулагч линзээс болоод овор хэмжээ нь их болдог. Параллель цацраг үүсгэх зориулалттай цуглуулагч линз хэдий хэмжээний том болно фокусын урт (F) урт болдог. Фокусын урт богино линз нь зузаан болдог учраас өртөг өндөртэй болдог гадна линзийн гажилтууд нь ихэсдэг сул талтай.

Цэгэн гэрэл үүсгэгчийн өөр нэг дутагдалтай тал нь нарийвчлал буюу хоёр цэгэн гэрэл үүсгэгчийн хоорондох зай юм. Энэ нь элементар линзийн хэмжээгээр тодорхойлогдог. Жишээ нь элементар линзийн өндөр 1 мм гэрэл нарийвчлал нь 1мм болох бөгөөд энэ нь одоогийн хэрэглээнд хангалттай биш юм. Энгийн LCD дэлгэцийн цэгийн хэмжээ нь дунджаар 0.25 мм болоод байна. Тиймээс Цэгэн гэрэл үүсгэгчийн нарийвчлалыг сайжруулах зайлшгүй шаардлагатай болоод байна.

## III. ХОЁР ЛИНЗ МАТРИЦЫН АРГА.

### A. Төвийн тусгал

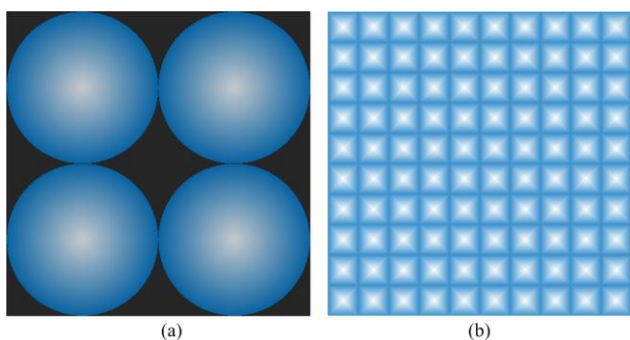
Цэгэн гэрэл үүсгэгчийн том хэмжээтэйгээр хийхэд тулгардаг овор хэмжээ нь том болдгийг дутагдлыг сайжруулахын тулд бид хоёр линз матриц ашигласан бөгөөд шинэ аргын бүтцийг Зураг 2-д үзүүлэв.



Зураг 2. Давхар линз бүхий Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэц.

Нэг дүгээр линз матриц нь уламжлалт аргын линз матрицтай адилхан үүрэгтэй буюу цэгэн гэрлүүдийг үүсгэх зориулалттай. Зураг 2-д үзүүлснээр 2-р дугаар линз матрицын элементар линз болгоны ард фокусын цэг дээр нэмэлт гэрэл үүсгэгчдийг байрлуулна. Ингэснээр гэрэл үүсгэгчдээс гарсан гэрэл линз матрицаар нэвтрээд хавтгай долгион буюу параллель цацрагууд болно. Эдгээр 1-р линз матрицаар нэвтрэч элементар линз болгоны ард цэгэн гэрэл үүсгэнэ. Хоёр дугаар линз матрицын фокусын урт  $f_2$  нь Зураг 1-д үзүүлсэн том линзийн фокусын уртаас бага учраас дэлгэцийн овор хэмжээ багасах давуу талтай болно (линзийн гажиг). Жишээ нь 50 мм диаметртэй цуглуулагч линзийн хамгийн бага фокусын урт нь 50 мм байдаг.

Зураг 3-д уламжлалт том линзээр хийсэн болон шинэ аргаар буюу нэмэлт линз матриц ашигласан гэрэлтүүлгийн хэсгийг урдаас нь харсан байдлаар дүрсэлж үзүүлэв. Зураг 3-д Том дэлгэц хийхийн тулд туршилтад зориулсан линз олныг ашиглаж болох ч эдгээр нь дугуй хэлбэртэй байдаг учраас Зураг 3(а) үзүүлсэн шиг гэрэлгүй мужууд буюу хар өнгөтэй хэсгүүд гарч ирдэг.



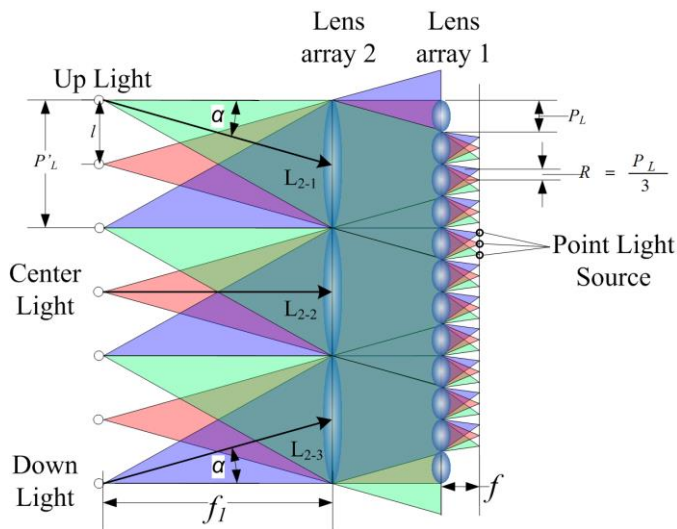
Зураг 3. Параллель цацрагийг (а) линзээр үүсгэх (b) тэгш өнцөгт линз матрицаар үүсгэх.

Эдгээрийн оронд Зураг 2-д үзүүлсэн шиг олон гэрлийн үүсгүүр линз матриц ашигласнаар энэ асуудлыг шийдэж

болохыг Зураг 3(б) үзүүлэв. Энэ манай шинэ аргын бас нэг давуу тал юм.

### В. Нягтшил ихэсгэх шинэ арга

Өмнө дурдсанчлан цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн нягтшил нь хоёр цэгэн гэрлийн хоорондох зайгаар тодорхойлогдог бөгөөд уг зайг багасгах арга нь линзийг хэмжээг багасгах. Гэтэл линзийн хэмжээг багасгах боломжгүй юм. Зураг 4-д шинэ аргын бүтцийг үзүүлэв.



Зураг 4. Нэмэлт гэрэлтүүлэг болон линз матрицтай шинэ аргын бүтэц.

Элементар линз болгон нэг цэгэн гэрэл үүсгэдэг болохоор энэ зай нь элементар линзийн хэмжээтэй тэнцүү байдаг. Хоёр дугаар линз арай фокусын хавтгай дээр оптик гол тэнхлэг дээр биш нэмэлт үүсгэгч нэмснээр 1-р линз матриц эдгээр гэрлийг мөн адилхан фокусын хавтгай дээр оптик гол тэнхлэгээс тодорхой зайн цуглуулж байгааг Зураг 4-д үзүүлэв. Ингэснээр нэг жижиг линз нэг биш олон цэгэн гэрэл үүсэгчийг бий болгох боломжтой болно. Нэмэлт гэрлийн үүсгүүрээс ирэх эдгээр нэмэлт цэгэн гэрэл үүсгэгч нь хоёр цэгэн гэрлэн үүсгэгчийн хоорондох зайг багасгаснаар нягтшилыг нэмэгдүүлнэ. Жишээ нь Зураг 4-д үзүүлсэн Up Light буюу  $L_{2-1}$  линзийн оптик гол тэнхлэг дээр байрлаж байгаа гэрэл үүсгэгчээс гарах цацрагууд Фокусын цэг дээр байгаа үүсгүүрийн цацрагууд линзээр нэвтрээд чиглэлээ өөрчлөхгүй болон линзээр нэвтрээд хязгааргүй өсгөлттэй болно гэдгээс тод хар сумаар дүрсэлсэн чиглэлд параллель цацрагууд болж тархана. Эдгээр цацрагууд нь 1-р линз матрицаар нэвтрээд фокусын хавтгай дээр оптик тэнхлэгээс доор цуглаж шинэ цэгэн гэрэл үүсгэгчийг бий болгоно. Эдгээрийг ногоон өнгөөр Зураг 4-д дүрслэв. Үүнтэй адилхнаар Down Light буюу  $L_{2-3}$  линзийн оптик гол тэнхлэгээс доор байрлах гэрэл үүсгэгчээс гарах цацрагууд 1-р линз матрицаар нэвтрээд элементар линз болгоноо оптик гол тэнхлэгийн дээд талд фокусын хавтгай дээр шинэ цэгэн гэрэл үүсгэгчдийг бий болгоно. Эдгээр Зураг 4-д ягаан өнгөөр дүрслэв.

Нэмэлт Up Light болон Down Light үүсгэгчид нь 2-р линз матрицаар нэвтрээд өөр өөр чиглэлд тархах бөгөөд эдгээр 1-р линз матрицаар нэвтрээд элементар линз

болгоны оптик гол тэнхлэгийн доор болон дээр үүснэ. Өөрөөр хэлбэл 1-р линз матрицын элементар линз болгон гурван өөр чиглэлээр тусаж байгаа параллель цацрагуудын фокусын хавтгай дээр дээр гурван өөр цэгт цуглуулж гурван цэгэн гэрэл үүсгэчийг бий болгоно. Шинэ цэгэн гэрэл үүсгэчийн зайн элементар линзийн гурваны нэгтэй ( $P_L/3$ ) тэнцүү бол үүсэж байгаа бүх цэгэн гэрэл үүсгэчийн хоорондох зайтай тэнцүү болно. Үүнээс цэгэн гэрэл үүсгэчийн хоорондох зай 3 дахин бага болно. Тиймээс нягтшил буюу цэгэн гэрэл үүсгэчийн хоорондох зайгаар тодорхойлогдог хэмжигдэхүүн маань 3 дахин сайжирна гэсэн үг.

Цэгэн гэрэл үүсгэчийн хоорондох зай  $P_L/3$  тэнцүү гэдгээс хоёрдугаар линзийн матрицын фокусын урт, тусгалын өнцөг гэх мэт параметруудийг тооцоолъё. Тусгалын өнцөг  $\alpha$  олбол:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{P_L}{3f}\right). \quad (1)$$

Энд:  $f$  нь 1-р линз матрицын фокусын урт,  $P_L$  1-р дүгээр линз матрицын нэг линзийн хэмжээ. Уг өнцгийг ашиглаад нэмэлт гэрлийн үүсгүүр нь 2-р линз матрицын хоёр линзийн хооронд байна гээд фокусын уртыг олбол:

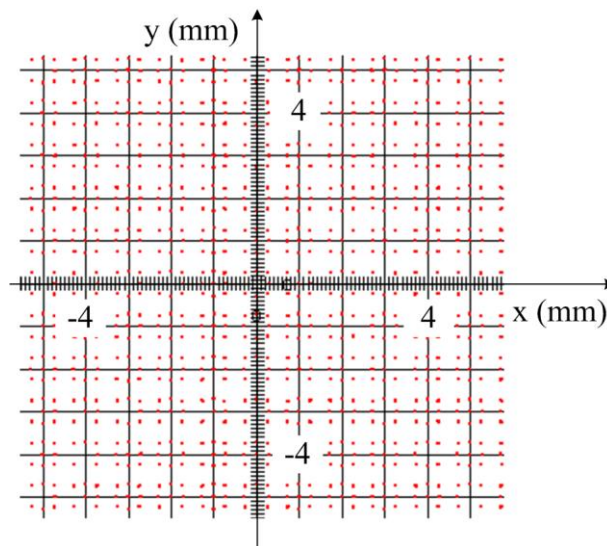
$$f_1 = \frac{P'_L}{\tan(\alpha)} \quad (2)$$

Энд:  $P'_L$  нь 2-р линзийн матрицын линзийн хэмжээ.

#### IV. Үр дүн

Нэг дүгээр линз матрицаар хамгийн өргөн хэрэглэгдэг линз матриц болох хэмжээ  $f_1=1$  мм болон фокусын урт 3 мм, 2-р дугаар линз матрицын нэг линзийн хэмжээ 4 мм гээд тусгалын өнцгийг Томьёо 1 ийг ашиглаж олбол  $\alpha=7$ . Томьёо 2-оос  $f_1=36$  мм гэж олдоно. Эдгээр параметруудийг ашиглаж оптик дизайн хийдэг Light Tools 6.0 программ ашиглаж нэгдүгээр линз матрицын фокусын хавтгай дээр цэгэн гэрлүүд хэрхэн үүсэж байгааг Зураг 5 харуулав.

Хэвтээ босоо тэнхлэгийн дагуу цэгэн гэрэл үүсгэчийн координат мм ээр өгөгдсөн. Симуляцын үр дүнгээс харахад  $P_L=1$  мм зайд буюу 1-р линз матрицын элементар линзийн хэмжээтэй тэнцүү зайд 4 цэг байна. Эдгээр цэг хоорондох зайн нь  $P_L/3$  тэнцүү байна.



Зураг 5. Цэгэн гэрлийн хавтгай дээр үүсэн цэгэн гэрлүүд.

#### V. Дүгнэлт

Нэг том цуглуулагч линзээр параллель цацрагууд үүсгэдэг байсныг нэмэлт гэрлийн болон линз матриц ашиглаж үүсгэснээр томоор Цэгэн гэрэл үүсэгч дэлгэцийг тоомоор хийх боломжтой болсон. Дээд доод хоёр нэмэлт гэрлийн үүсгэгчийг 2-р линз матрицын ард тавь өгснөөр 1-р линз матриц нь элементар линз болгон 3 цэгэн гэрэл үүсгэж байгаа бөгөөд эдгээр нь нягтшилыг 3 дахин нэмэгдүүлж өгсөн. Тоног төхөөрөмж байхгүй гэс Light Tools програм ашиглаж симуляц хийсэн. Цаашид тоног төхөөрөмж худалдаж авснаар туршилт хийх бүрэн боломжтой юм.

#### НОМ ЗҮЙ

- [1] T.-C. Poon, Digital Holography and Three-Dimensional Display. New York :Springer, 2006.
- [2] M. M. Halle, "Autostereoscopic displays and computer graphics," Computer Graphic, ACM Siggraph, vol. 31, no. 2, pp 58–62, 1997.
- [3] Knut Langhans, Daniel Bezecky, Dennis Homann, Detlef Bahr, Carsten Vogt, Christian Blohm, Karl-Heinz Scharschmidt, "New portable FELIX 3D display," Proc. SPIE 3296, pp. 204, 1998.
- [4] G. Lippmann, "La Photographie Integrale," Comptes-Rendus Academic des Sciences, vol. 146, pp. 446, 1908.
- [5] Yunhee Kim, Joohwan Kim, Jin-Mo Kang, Jae-Hyun Jung, Heejin Choi, and ByoungHo Lee, "Point light source integral imaging with improved resolution and viewing angle by the use of electrically movable pinhole array," Opt. Express, vol. 15, pp. 18253-18267, 2007.
- [6] Ashraful Alam, Ganbat Baasantseren, Munkh-Uchral Erdenebat, Nam Kim S, and Jae-Hyeung Park "Resolution Enhancement of Integral Imaging Three-Dimensional Display Using Multi-Directional Elemental Images," Journal of the Society for Information Display, vo.; 20(4), pp. 175–234, 2012
- [7] H. Choi, S. -W. Min, S. Jung, J. -H. Park, and B. Lee, " Multiple-viewing-zone integral imaging using a dynamic barrier array for three-dimensional displays, " Appl. Opt, vol. 11, pp. 927-932. 2003.