

Цэгэн Гэрэл Үүсгэгч Дэлгэцийн Харагдах Өнцгийн Анализ

Б.Дэнсмаа, Б.Ганбат

Монгол Улсын Их Сургууль, Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан Инженерчлэлийн сургууль
 Электроник, Холбооны инженерчлэлийн тэнхим
 Улаанбаатар хот, Монгол улс
densmaa2012@gmail.com, ganbatb@gmail.com

Хураангуй— Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн харагдах өнцгийг элементар линзийн хэмжээ болон фокусын зайнаас хамааруулж тодорхойлдог боловч бодит туршилтын үр дүнгээр харагдах өнцөг нь өөр өөр байдаг. Тиймээс энэ судалгааны ажлаар харагдах өнцгийг тодорхойлох шинэ аргыг танилцуулна. Шинэ арга нь гурван хэмжээст цэгийн үүсгэгч байгаа хамгийн захын хоёр цацрагийн хоорондох өнцгөөр тодорхойлсон. Тооцооллын үр дүнгээс харагдах өнцөг нь нийлмэл цэгийн байрлалаас хамаарч байрлалаас хамаардаг өөр өөр байна.

Түлхүүр үг — *Integral image; 3-D display; Point Light Source Display (PLSD)*

I. УДИРТГАЛ

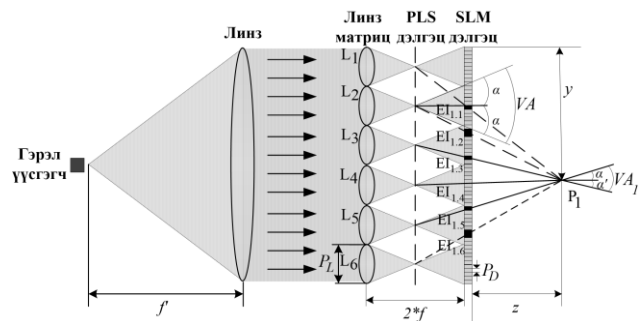
Гурван хэмжээст дэлгэцийн технологиуд нь Стериоскоп дэлгэц [1], Автостериоскоп дэлгэц [2], Holography дэлгэц [3, 4], Нийлмэл гурван хэмжээст дүрсийн дэлгэц [5, 6] юм. Эдгээрээс нийлмэл гурван хэмжээст дэлгэцийн технологи нь тусгай нүдний шилгүйгээр гурван хэмжээст дүрсийг боломжтой. Энэ технологи нь гурван хэмжээсээр хархад тусгай хэрэгсэл буюу нүдний шил шаардахгүй, босоо болон хэвтээ тэнхлэгийн дагуу гурван хэмжээсээр харах, байгалийн бүх өнгө болон хөдөлгөөнт зургийг харуулах, олон хүн нэгэн зэрэг харах гэх мэт давуу талтай. Хэдий тийм боловч харагдах өнцөг бага, нягтаршил бага, гүний хэмжээ бага гэсэн дутагдалтай талуудтай юм.

S. Jung [7] нийлмэл гурван хэмжээст дэлгэцийн харагдах өнцгийг линз матрицын шилжилтээс хамаарч ба ихэсгэх боломжтой гэж үзсэн. Олон судалгааны ажлууд [8] байдаг боловч яагаад харагдах өнцөг бага байдаг болон зайнаас хамааруулж тооцсон арга алга байна. Иймд зайнаас хамаарч харагдах өнцөг яаж өөрчлөгдөж байгаа болон уламжлалт аргаас бага байгааг энэ судалгааны ажилд танилцуулна.

II. ЦЭГЭН ГЭРЭЛ ҮҮСГЭГЧ ДЭЛГЭЦ

Нийлмэл гурван хэмжээст дүрсийг цэгэн гэрэл үүсгэгч арга ашиглан үүсгэхэд гэрлийн үүсгүүр, цуглуулагч линз, линз матриц, SLM (Spatial Light

Modulator) ашигладаг. Зураг 1-д үзүүлснээр гэрэл үүсгэгчээс гарсан цацрууд эхний цуглуулагч линзийн фокусын цэг дээр байрлах ба гэрэл үүсгэгчээс гарсан цацрууд линзээр нэвтэрч параллель цацрагууд болж линз матриц буюу олон жижиг цуглуулагч линзээр нэвтэрч линз болгоны ард фокусын цэг дээр цуглана. Линз болгоны ард цугласан цацрагууд нь олон жижиг гэрэл үүсгэгч мэтээр харагдах учраас цэгэн гэрэл үүсгэгч гэж нэрлэдэг. Эдгээр цугласан гэрлүүд нь SLM нэвтэрч модуляцлагдаад элементар дүрсийг үүсгэнэ.



Зураг 1. Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн бүтэц, харагдах өнцөг

Зураг 1-д үзүүлснээр P_1 цэгээс линз тус бүрийн фокусын цэгрүү чиглэсэн шулуун татвал. Эдгээр шулуунууд нь SLM дэлгэц дээр огтлолцсон цэгийг $E_{I_{1,1}}, E_{I_{1,2}}, E_{I_{1,3}}, E_{I_{1,4}}, E_{I_{1,5}}, E_{I_{1,6}}$ гэсэн элементар дүрс үүснэ. Элементар цэг нь харгалзах линз бүрийн ард байх ёстой. Гэтэл $E_{I_{1,1}}, E_{I_{1,2}}, E_{I_{1,6}}$ нь L_1, L_2, L_6 линзийн ард байхгүй тул элементар цэг болж чадахгүй гэх мэтээр шалгасаар $E_{I_{1,3}}, E_{I_{1,4}}, E_{I_{1,5}}$ элементар цэг мөн. Гурван хэмжээст цэгээс SLM дээр үүсэх элементар цэгийг дараах томъёогоор олно.

$$y = \left(i - \frac{1}{2}\right) + \left(P_L * \left(i - \frac{1}{2}\right) - P_D * i\right) * \frac{f+z}{f} \quad (1)$$

Энд:

y -дэлгэцийн оройгоос цэг хүртлэх зай, i - линзийн индекс, P_L -линзийн хэмжээ, f -фокусын зай, z -линз матрицаас нийлмэл гурван хэмжээст дүрс хүртлэх зай, P_D -дэлгэцийн нэг цэгийн хэмжээ.

Ш. ЦЭГЭН ГЭРЭЛ ҮҮСГЭГЧ ДЭЛГЭЦИЙН ХАРАГДАХ ӨНЦГИЙГ ТОДОРХОЙЛОХ

Нийлмэл гурван хэмжээст дэлгэцийн харагдах өнцгийг [9] гэж тодорхойлсон. Томъёо 2-оос хархад харагдах өнцөг элементар цэгийн хэмжээ болон фокусын уртаас хамаарч байна.

$$VA = 2 * \alpha = 2 * \arctan\left(\frac{P_L}{2 * f}\right) \quad (2)$$

Зураг 1-д үзүүлснээр уламжлалт аргаар цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн харагдах өнцгийг VA гэж тэмдэглэсэн бөгөөд P_1 цэгийн харагдах өнцөг нь VA_1 гэж тэмдэглэсэн. VA, VA_1 өнцгүүд хоорондоо тэнцүү биш байгааг Зураг 1-ээс харж болно. P_1 цэг нь уг цэгийг байгуулж байгаа цацгуудын огтлолцол дээр үүсдэг. Тиймээс харагдах өнцөг байгуулж байгаа цацгуудаар тодорхойлогдоно. Энэ нь бид нарын дэвшүүлж байгаа шинэ арга юм. Тухайн цэгийн харагдах хамгийн захын хоёр цацрагийн хоорондох өнцгөөр тодорхойлно. Зураг 1-ээс харахад VA_1 өнцгийн утгыг $\alpha + \alpha'$ нийлбэр бөгөөд дараах томъёог гаргаж болно.

$$VA = \arctan\left(\frac{y - \left(i - \frac{1}{2}\right) * P_L}{f + z}\right) + \arctan\left(\frac{\left(j - \frac{1}{2}\right) * P_L - y}{f + z}\right) \quad (3)$$

Энд:

i - цэгийг үүсгэх хамгийн эхний линзийн индекс, j - цэгийг үүсгэх хамгийн сүүлийн линзийн индекс. Томъёо (3)- аас харахад гурван хэмжээст цэгийн харагдах өнцөг нь элементар линзийн хэмжээ цэгийн байрлалаас хамаарч байна.

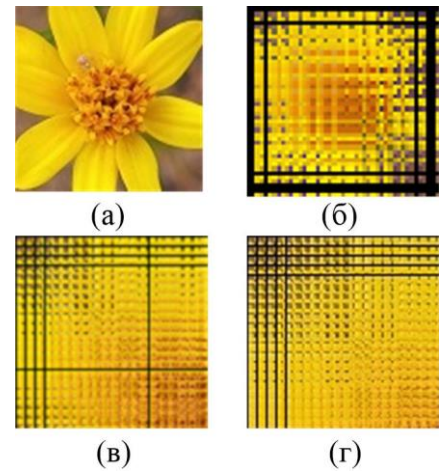
IV. ТОЦООЛОЛЫН ҮР ДҮН

Томъёо 1 дагуу цэгэн гэрэл үүсгэгч бүхий дэлгэцийн аргаар элементар дүрс үүсгэхдээ хүснэгт 1-д үзүүлсэн параметруудийн дагуу бодсон.

ХҮСНЭГТ 1. ТООЦООЛЛЫН ПАРАМЕТРУУД.

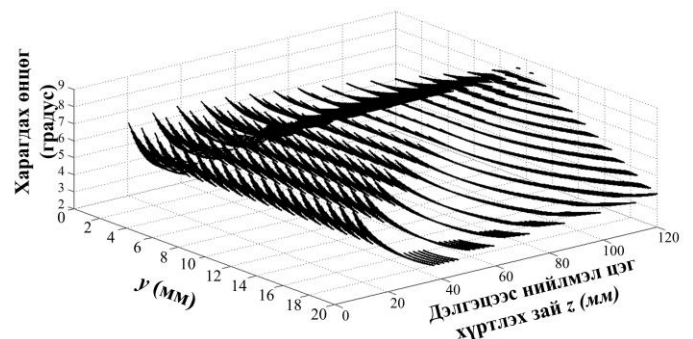
№	Зориулалт	Үзүүлэлт
1	Линзүүдийн тоо	20 (X) x 20 (Б)
2	Линзийн хэмжээ	1мм (X) x 1 мм (Б)
3	Фокусын зай	3.3 мм
4	SLM дэлгэцээс линз матриц хүртэлх зай	2*3.3 мм

Элементар дүрс үүсэх алгоритм нь цэг бүрийг харгалзах линзийн ард байгаа байгаа эсэхийг шалгаад нөхцөл биелсэн тохиолдолд элементар цэг хадгална. Иймд Зураг 2(а)-д нийлмэл дүрсийг буюу гурван хэмжээст зургийг, Зураг 2(б)-д $z=9.9$ мм, Зураг 2(в)-д $z=36.3$ мм, Зураг 2(г)-д $z=62.8$ мм элементар дүрсийг үзүүлэв. Эдгээр зургуудын харагдах өнцгүүд нь өөр өөр тул ялгаатай элементар дүрсүүд үүссэн.



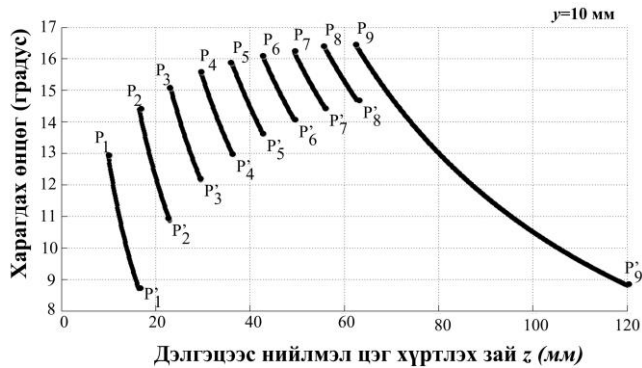
Зураг 2. Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн аргаар элементар дүрс үүсгэх. (а) Гурван хэмжээст нийлмэл дүрс. (б) $z=9.9$ мм. (в) $z=36.2$ мм. (г) $z=62.9$ мм зайд үүсэх элементар үзүүлэв.

Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн нийлмэл гурван хэмжээст цэгийн харагдах өнцгийг Хүснэгт 1-ийн параметруудийн дагуу 0-120 мм зайд Томъёо 2-оор тооцоолсон. Зураг 3-д z ба y зайнаас хамаарч харагдах өнцөг өөрчлөгдөж байгааг харуулав. Зураг 3-аас хархад 0-63 мм зайд харагдах өнцөг нь ихсэж харин 63-120 мм зайд буурч байгааг нийлмэл цэгийн байрлалаас хамаарч харагдах өнцөг нь өөр өөр гэсэн үг. Зураг 3-ыг у тэнхлэгийн дагуух зай $y=10$ мм дээр зүсэж Зураг 4-д үзүүлэв.



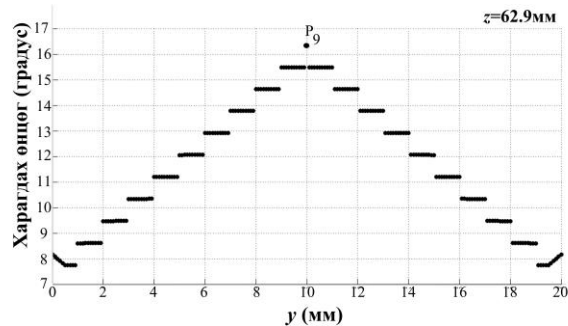
Зураг 3. Нийлмэл цэгүүдийн харагдах өнцгүүдийг у тэнхлэг, линз матрицаас 120 мм хүртэлх зай z тэнхлэгийн дагуу тооцоолсон байдал

Зураг 4-д харуулснаар хамгийн бага харагдах өнцөг нь P_1 цэг $z=9.9$ мм зайд 12.97° , P'_1 цэг $z=16.3$ мм зайд 8.75° байгаа нь харагдах өнцөг нь захын хоёр цацрагийн хоорондох өнцгөөр тодорхойлогдог бөгөөд зай ихсэхээр оройн өнцөг нь багасдаг холбоотой юм. Харин $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9$ цэгүүдийн харагдах өнцгүүд нь өссөн нь нийлмэл цэгийн байрлалаас хамаарч ихсэн байна. Хамгийн их харагдах өнцөг нь 16.33° ба уламжлалт аргаар тодорхойлсон утга буюу 17.23° -аас бага байна.



Зураг 4. Нийлмэл цэгүүдийн харагдах өнцгүүдийг линз матрицын төв дээр тооцоолсон байдал.

Зураг 5-д үзүүлснээр P_9 цэг нь хамгийн их харагдах өнцөгтэй ба дэлгэцийн төвд байрлана. Дэлгэцийн хоёр захруу тэгш хэмтэйгээр харагдах өнцөг нь ижил хэмжээтэй багассан байна. Энэ нь $z=62.9$ мм зайд хаанаас харахаас хамаарч харагдах өнцөг өөр өөр байна. Төвд нийлмэл дүрс байна гэж үзвэл захын өнцгүүдийн харагдах өнцөг нь багасгаж байна. Жишээ нь: баруун доод булан буюу y тэнхлэгийн 0-2 мм зайд, мөн зүүн доод булан буюу y тэнхлэгийн 18-20 мм зайд байрлах цэгүүд нь линз матрицын захад байрлах учир элементар дүрсийн цацрагуудын тоо багасаж харагдах өнцгүүд нь 8.1° - 7.7° байна.



Зураг 5. Нийлмэл цэгүүдийн харагдах өнцгүүдийг линз матрицын төв дээр тооцоолсон байдал

V. ДҮГНЭЛТ

Элементар цэг нь линз матрицаар нэвтэрсэн цацрагуудын нийлбэрээр үүсдэг бөгөөд элементар линзийн хэмжээнээс бага байдаг. Иймд элементар цэг үүсэн цацрагуудын захын хоёр цацрагаар цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн харагдах өнцгийг тодорхойлсон. Тооцооллын үр дүнд нийлмэл цэгүүдийн харагдах өнцөг нь элементар линзийн хэмжээ, фокусын урт, нийлмэл цэг байрлалаас хамаарч байна. Уламжлалт аргаар тооцоолсон харагдах өнцөг нь 17.23° байсан бол шинэ аргаар хамгийн их харагдах өнцгийн нь 16.33° байна.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] J. L. Fergason, S. D. Robinson, C. W. McLaughlin, B. Brown, A. Abileah, T. E. Baker, and P. J. Green, "An innovative beamsplitter-based stereoscopic/3D display design," Proc. SPIE 5664, pp. 488-494, 2005.
- [2] N. A. Dodgson, "Autostereoscopic 3D displays," Computer 38(8), pp. 31-36, 2005.
- [3] B. P. Ketchel, C. A. Heid, G. L. Wood, M. J. Miller, A. G. Mott, R. J. Anderson, and G. J. Salamo, "Three-dimensional color holographic display," Appl. Opt. 38(29), pp. 6159-6166, 1999.
- [4] T. Mishina, and M. Okui, "Reconstruction of three-dimensional images of real objects by electronic holography," in Digital Holography and Three-Dimensional Imaging, OSA Technical Digest (CD) (Optical Society of America, 2008).
- [5] G. Lippmann, "La Photographie Integrale," Comptes-Rendus Academie des Sciences 146, 446, 1908.
- [6] Stern, and B. Javidi, "Three dimensional Sensing, Visualization, and Processing using Integral Imaging," Proceedings of IEEE Journal, special issue on 3-D technologies for imaging and display, 94, 591-607, 2006.
- [7] J.-H. Park, S.W. Min, S.Jung, and B.Lee, "Analysis of viewing parameters for two display methods based on integral photography," Appl. Opt, 40, 52175232, 2001.
- [8] Ganbat Baasantseren, Jae-Hyeung Park, Ki-Chul Kwon, and Nam Kim, "Viewing angle enhanced integral imaging display using two elemental image masks," 3 August 2009 / Vol. 17, No. 16 / OPTICS EXPRESS 14408
- [9] B. Lee, J.-H. Park, and S.-W. Min, "Three-dimensional display and information processing based on integral imaging," in Digital Holography and Three-Dimensional Display, T.-C. Poon, eds. Springer, New York, USA, 2006.