

Трайбо Цахилгаан Үзэгдэлд Суурилсан Периметер Хамгаалалтын Систем

А.Одгэрэл, И Юн Чол
ШУТИС, КТМС, Компьютерийн Техник Хангамжийн Тэнхим
“GES” ХХК, Шинэ Технологи Хөгжүүлэлтийн Баг
odgerel55@gmail.com, ceo@iges.co.kr

Хураангуй—Энэ судалгааны ажил нь хоёр өөр төрлийн материалыг хооронд нь үрэхэд үүсдэг трайбо цахилгаан цэнэг үүсэх үзэгдэл (triboelectric effect) дээр үндэслэсэн. Судалгааны ажлаар хамгаалах объектын хашаанд бэхлэсэн мэдрүүр кабельд гадны хүчний үйлчлэлээр деформац үүсэх үед кабелийн доторх зэс дамжуулагчид ба метал хамгаалалтын хооронд трайбо цахилгаан үзэгдэлийн нөлөөгөөр маш бага хэмжээний цахилгаан статик цэнэг үүсэх бөгөөд үүссэн цэнэгийг мэдрэч объектод халдлага болсоныг илрүүлж дохиолол өгдөг хамгаалалтын системийг судлан хөгжүүлж амьдралд нэвтрүүлсэн. Энгийн холбооны метал хамгаалалт (telecommunication shielded cable) бүхий кабелийг мэдрүүр кабелиар ашиглана. ASU нь (Analog Sensing Unit) маш бага хэмжээний цахилгаан цэнэгийг мэдрэч таних ба SCU нь (Sensitivity Control Unit) салхи, шуурга ихтэй орчины таагүй нөхцөлд хуурамч дохиоллоос сэргийлэх төхөөрөмж юм. Хашааны болон байгаль орчины нөхцөлүүдийг сайн тооцож чадвал уг систем нь 100%-ийн найдвартайгаар гадны халдлагаас объектыг сэргийлж болохыг туршилтаас харагдсан болно.

Түлхүүр үг—Мэдрүүр кабель; Дохиолол; ASU; SCU

I. УДИРТГАЛ

Улс орны хөгжлийг дагаад сүүлийн үед олон чухал үйлдвэр, объектуудын бүтээн байгуулалтууд хийгдэж байна. Эдгээр томоохон аж үйлдвэрүүд болон улсын онцгой объектуудыг орчин үеийн дэвшилтэд технологиуд ашиглан, найдвартай хамгаалахыг шаардаж байна. Хашааны хамгаалалтын систем нь 3 үе шаттайгаар дэвшилтэд технологиуд ашиглан хөгжиж байна. Хөгжүүлэлтийн 2-р үед тэлэлт (tension), чичиргээ болон соронзон хүчний мэдрүүрүүд ашигласан системүүдийг түлхүү хөгжүүлж байсан бол 3-р үеэс пезо цахилгаан (Piezo electric), шилэн кабель, микро долгион цахилгаан цэнэг ашигласан системүүд түлхүү хэрэглэгдэж эхэлсэн [1].

Туннел диодын онцлог шинжийг ашиглан цэнэгийн хэмжээг таних төхөөрөмжийн судалгааны ажил хийгдсэн байна [2]. Мөн [3] судалгааны ажилд полимер (Polyelectric) мэдрүүрийг ашиглан цахилгаан цэнэгийн хэмжээг өсгөх төхөөрөмж хийсэн. Шилэн кабель ашигласан хашааны хамгаалалтын систем нь халдлага болсон байрлалыг тогтоох боловч системийн үнэ нь хэт өндөр, засвар үйлчилгээний зардал өндөр байдаг дутагдалтай [4, 5]. Пезо цахилгаан үзэгдэл дээр үндэслэсэн микрофоник (Microphonic) кабелийг

ашигласан хашааны хамгаалалтын системийг ашиглаж байна [6].

Кабельд гадны хүчний нөлөөгөөр үүсэж байгаа маш бага хэмжээний цэнэгийн өөрчлөлтийг тусгай алгоритм ашиглан боловсруулж, аюулгүй, найдвартай ажиллагаатай системийг хөгжүүлсэн. Хоёр өөр төрлийн материалыг хооронд үрэхэд орчинд нь (-), (+) цэнэгүүд үүсэх үзэгдэлийг трайбо цахилгаан үзэгдэл (triboelectric effect) гэж нэрлэдэг. Энэ үзэгдэл дээр үндэслэн цахилгаан цэнэгийг таних ASU (Analog Sensing Unit) ба мэдрэмжийг нь автоматоор тохируулах SCU (Sensitivity Control Unit) төхөөрөмжүүдийг хөгжүүлсэн.

Хашааг давах, эвдлэхийн тулд ойролцоогоор 8-20 кг хүч шаардлагатай бөгөөд энэ хүчний үйлчлэлээр кабелийн хашаанд бэхлэгдсэн хэсэгт деформаци үүсч халдлага болсоныг дохиолол өгч мэдээнэ. Мэдрүүр кабельд тусдаа тэжээлийн хүчдэл хэрэггүй учир цас, бороо, аянга, цахилгаан зэрэг байгалийн үзэгдэлүүд, жижиг ан амьтан, өндөр хүчдэлийн шугам зэрэг нь төхөөрөмжийн хэвийн ажиллагаанд ямар нэгэн нөлөө үзүүлэхгүй, хуурамч дохиолол өгөх магадлал маш багатай. Системийг суурилуулахад хялбар, засвар үйлчилгээний өртөг нь бага зэрэг олон давуу талтай. Байгаль цаг агаар, орчины байдал болон хашааны төрлөөс хамааран төхөөрөмжийн мэдрэмжийг мэдээллийн төвөөс програмын аргаар эсвэл SCU төхөөрөмж нь өөрөө автоматаар тохируулна.

II. СИСТЕМИЙН ДИЗАЙН БА ШИЙДЭЛ

A. Системийн бүтэц

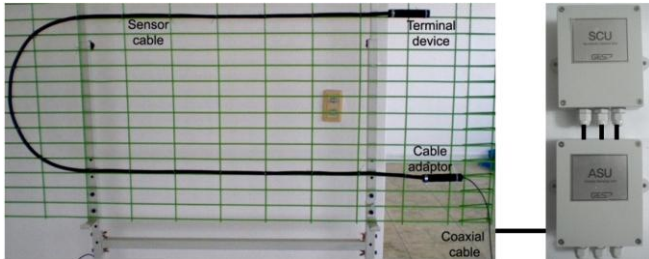
Мэдрүүр кабельд 10-15 хос дамжуулагч бүхий метал хамгаалалттай энгийн холбооны кабелийн ашиглана.



Зураг. 1. Мэдрүүр кабель

Зураг 1-д системд ашиглаж байгаа мэдрүүр кабелийг үзүүлэв.

Нэг төхөөрөмжид холбох кабелийн урт нь 500м-ээс хэтрэхгүй, хамгийн богинодоо 1.5м байна. Мэдрүүр кабелийн мэдрэсэн дохиолол мэдээллийг ASU болон SCU төхөөрөмжүүд рүү дамжуулахад РК-50, 58 төрлийн коаксиал кабелийг ашиглана. Энэ кабелийн урт нь хамгийн ихдээ 5.000м байна. Зураг 2-г хамгаалалтын системийн ерөнхий бүтцийг харуулав.



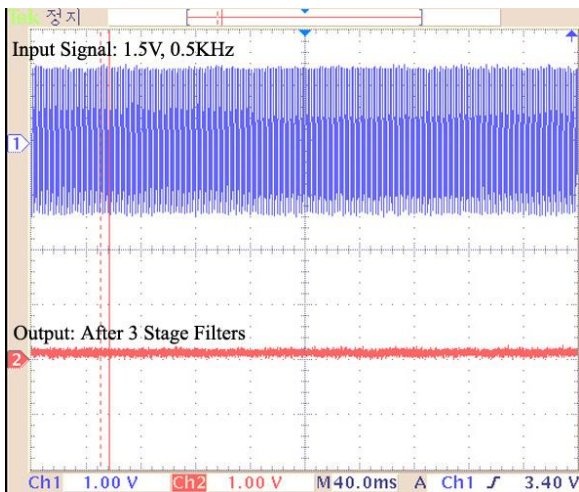
Зураг 2. Системийн бүтэц

Мэдрүүр кабель бэхэлсэн хашааг давах эсвэл эвдлэх оролдлого хийх үед кабель дотор (-), (+) цэнэгүүд үүсч хуваагдана. Хуваагдсан (-) цэнэгүүд нь коаксиал кабелиар дамжин ASU & SCU-рүү хүрч дохиолол өгөх зарчмаар систем ажиллана.

Мэдрүүр кабелийг хашааны өндөр, төрөл, бүтэц, хэмжээ, хэлбэр (уян, хатуу, цемент), суурилуулах орчины нөхцөл (цас, бороо, уул, тал, хөндий, далайн эрэг) зэргээс хамааруулж 2-5 эгнээгээр 25-30 см-ийн зайтайгаар төмөр утсаар хашаанд бэхлэнэ.

В. ASU-ийн ажиллах зарчим

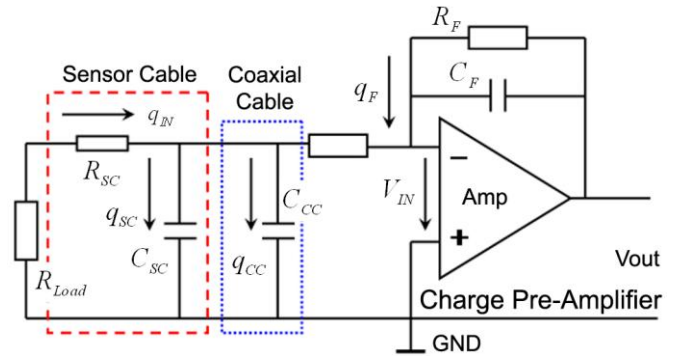
ASU нь мэдрүүр кабелиас гадны хүчний үйлчлэлээр үүссэн маш бага хэмжээний цэнэгийг урьдчилсан цэнэг өсгүүрээр (Charge Sensitive Pre-amplifier) дамжуулан хүчдэлийн утгад шилжүүлнэ. Өндөр нарийвчлал бүхий 3 шатлалтай шүүлтүүрээр гадны шуугианыг шүүж, дахин үйлдлийн өсгүүрээр өсгөж дараагийн шат руу дамжуулна.



Зураг 3. Шуугианыг шүүсэн дохионы хэлбэр

Зураг 3-г ASU-ийн оролтонд 1.5В-ын далайц бүхий 500Гц-ийн давтамжтай шуугиан хэлбэрийн дохио өгч гаралтандаа хэрхэн шүүж байгааг харуулав.

ASU нь 20 шатлал бүхий гараар мэдрэмжийг тохируулах боломжтой. Мөн ASU нь мэдрүүр болон холбогч коаксиал кабелийг таслах ба богино холболт болсон үед дохиолол өгнө. Зураг 4-г ASU-ийн бүтцийн гол хэсэг болох цэнэгийн урьдчилсан өсгүүрийн бүтцийг харуулав.



Зураг 4. Цэнэгийн урьдчилсан өсгүүр

Мэдрүүр кабель дээр үүссэн цэнэг дараах томъёоны дагуу задрана.

$$q_{IN} = q_{SC} + q_{CC} + q_F \quad (1.1)$$

$$q = V * C \text{ -ээс} \quad (1.2)$$

$$q_{IN} = V_{IN} (C_{SC} + C_{CC}) + V_{OUT} * C_F \quad (1.3)$$

Халдлага болох үед үйлдлийн өсгүүрийн (-), (+) оролтон дахь хүчдэлийн зөрүү $V_{in} \neq 0$ байна. V_{out} -ийг үйлдлийн өсгүүрийн өсгөлтийн коэффициентээр тооцвол:

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = - \frac{R_F}{R_{MAIN}} \quad (1.4)$$

$$R_{MAIN} = R_{LOAD} + R_{SC} \quad (1.5)$$

(1.3) ба (1.4)-ээс гаралтын хүчдэл ба оролтын цэнэгийн хэмжээ 2-ын холбоо дараах тэгшитгэлээр илэрхийлэгдэнэ.

$$V_{OUT} = \frac{q_{IN} * R_F}{(R_{LOAD} + R_{SC}) * (C_{SC} + C_{CC}) + R_F * C_F} \quad (1.6)$$

(1.6) тэгшитгэлээс харвал R_{load} , C_f , R_f , C_{cc} нь тодорхой утгуудыг агуулах бөгөөд мэдрүүр кабельд гадны хүчээр үйлчлэх үед кабелийн багтаамж, дотоод эсэргүүцэл хоёр нь өөрчлөгдөж цахилгаан статик цэнэг үүснэ.

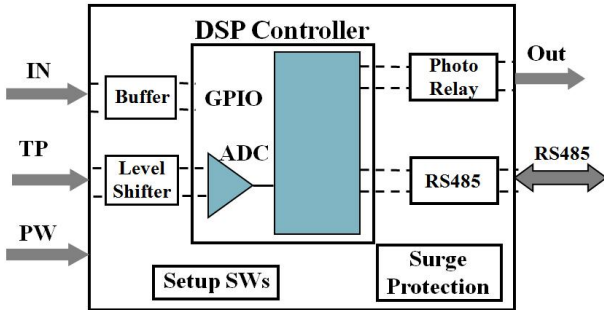
С. SCU-ын ажиллах зарчим

SCU-д өндөр хүчин чадал хурдтай TMS320F2812 32 битийн DSP (Digital Signal Processing) микроконтроллер ашигласан.

SCU нь гадаад орчины нөлөөнөөс (салхи, шуурга) хувьсан өөрчлөгдөж байгаа мэдрүүр кабелийн оролтын сигналд дүн шинжилгээ хийж мэдрэмжийг автоматаар тохируулна. Жишээ нь: салхи, шуурга ихтэй үед

мэдрэмжийг бууруулж, бага үед ихэсгэх зарчмаар ажиллана.

Оролтын сигналын хугацаа, далайц болон давтамж гэсэн 3 хэмжигдэхүүнд шинжилгээ хийж жинхэнэ эсвэл хуурамч дохиолол гэдгийн ялгаж өгнө. Сигналын давтамжид Фурьегийн дискрет хувиргалт ашиглан шинжилгээ хийнэ. Мөн ASU-ийн мэдрэмжийг програмын аргаар мэдээллийн төвөөс тохируулж болно. RS485 стандартын дамжуулалтаар мэдээллийн төв рүү үүссэн дохиолол болон ASU & SCU-ийн төлвийг мэдээлнэ. Зураг 5-д SCU-ийн дотоод бүтцийг харуулав.



Зураг 5. SCU-ийн дотоод бүтэц

III. Туршилт, үр дүн

Туршилтад хэлбэр, хийсэн материал, өндөр зэргээс нь хамааруулан 5ш хашааг сонгон авсан. Зураг 6-д дээрээ өргөст спирал бүхий торон хашаанд мэдрүүр кабелийг 4 эгнээгээр бэхэлсэн байдлыг харуулав.

Туршилтаас харахад жинхэнэ халдлага болох үеийн давтамжийн зурвас нь $1\text{Гц} \pm 0.5\text{Гц}$ байсан ба өөр давтамжтай үүсч байгаа бусад сигнал нь салхи шуурга гэх мэт байгалийн үзэгдэлээс болж үүсэж байсан.

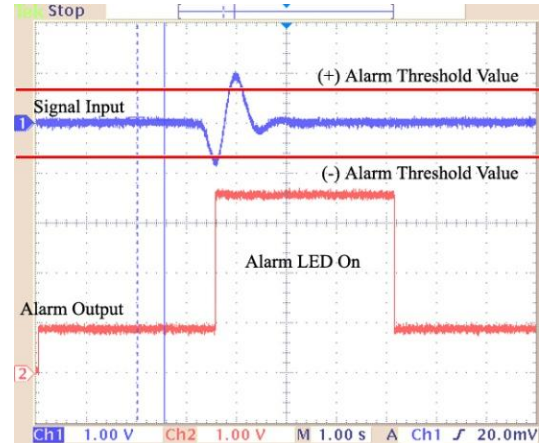


Зураг 6. Мэдрүүр кабель бэхэлсэн туршилтын хашаа

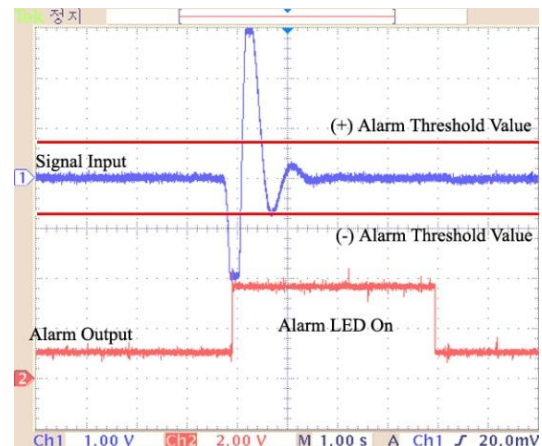
Хашааны төрлөөс хамаарч уян нарийн төмрөөр хийсэн хашаанд 8кг, хатуу төмрөөр хийсэн хашаанд 20кг-аас ихгүй гадны хүчийг Pull/Push Gauge багажийг ашиглан өгч мэдрэмжийг нь шалгасан. Дараах 4 аргаар туршилт хийгдсэн.

1. Шат ашиглах: Шатыг хашаанд түшүүлэн тавьж давах

2. Хашааг давах: Хашаанаас татаж дээгүүр нь давж гарах
3. Хашааг цохих: Хашааг гадны биетээр цохиж доржилт үүсгэх
4. Хуурамч дохиолол: Салхи, шуурга, бороо гэх мэт байгалийн үзэгдэлтэй ойролцоо шинж чанар бүхий хүчийг хашаанд өгч туршилт хийсэн.



Зураг 7. Мэдрэмж бага үед өөрчлөгдөж байгаа оролт / гаралтын сигнал



Зураг 8. Мэдрэмж их үед өөрчлөгдөж байгаа оролт / гаралтын сигнал

Зураг 7, 8-д ASU-ийн мэдрэмжийг 5 ба 12 дээр тохируулж ижил 8кг-аас ихгүй хүчээр хашааг татах ба түлхэхэд үүсэх оролтын болон дохиолол үүсч байгаа сигналын хэлбэрийг харуулав. Салхи, шуурга ихтэй далайн эрэг, тал, хөндий, уулын нөхцөлд хуурамч дохиолол үүсэх магадлал өндөр тул SCU төхөөрөмж нь мэдрэмжийг автоматаар бууруулна.

IV. Дүгнэлт

ASU, SCU тус бүрдээ зохиогчийн эрх нь баталгаажиж патент авсан төхөөрөмжүүд бөгөөд аюулгүй, найдвартай ажиллагааны бүх төрлийн стандарт тестүүд хийгдсэн болно. Одоогоор БНСУ-ын дараах газруудад уг системийг хяналтын камертай (CCTV) хамт хэрэглэж байна.

- Пухан хот дахь ПОСКО төмөрлөгийн үйлдвэр
- Бусан хотын атомын цахилгаан станц
- Танжин хотын Хөндэйгийн төмрийн үйлдвэр
- Сугчу далайн боомт
- Дунхэй далайн боомт

Уг системийг Монгол улсын төрийн тусгай хамгаалалтанд байдаг онцгой объектууд, улсын хил, шүүхийг шийдвэр биелүүлэх газар болон барилга, төмөрлөг, уул уурхай зэрэг томоохон үйлдвэрүүд, аж ахуйн нэгжүүдэд уг системийг нэвтрүүлэх бүрэн боломжтой.

НОМ ЗҮЙ

- [1] NISE East Electronic Security Systems Engineering Division "Perimeter Security Sensor Technology Handbook" North Charleston, South Carolina, 1997.
- [2] Robert J. Locker, "Minimum Charge Detection using Selected Tunnel Diodes and Charge Multiplying Semiconductors" IEEE Transactions on Nuclear Science, pp. 382-388, February 1966.
- [3] D. Setiadi, H. Weller, T. D. Binnie "A Polyelectric Polymer infrared sensor array with charge amplifier readout" Elsevier Science Sensors and Actuators, pp. 145-151, February 1999.
- [4] ZINUS Co., Ltd "Fiber Optic Mesh Security Fence" September 2006.
- [5] Fiber SenSys Co., Ltd "Fiber Optic Intrusion Detection System" 2006.
- [6] GPS Standard "Microphonic Cable Perimeter Security Brochure" 2007.