

Зигби Модулын Хөгжүүлэлт ба Зайн Туршилт

* Аюурзана Одгэрэл, ** Пүмбүүрэй Бумдүүрэн
*, ** ШУТИС, МХТС, Электроникийн Салбар
Э-Мэйл: odgerel55@must.edu.mn, bumduuren@must.edu.mn

Хураангуй—Энэ судалгааны ажлаар чип болон дайпол антен ашигласан утасгүй өгөгдөл дамжуулах Зигби модулыг (ZigBee Module) хөгжүүлж саадтай болон саадгүй орчинд өгөгдөл хэр хол зайд дамжиж байгааг туршсан. Зигби модулын радио өгөгдөл дамжуулалтанд Radiopulse компаний 2.4ГГц-ын давтамж ашигладаг MG2455-F48 чипийг ашиглалаа. Уг чип нь 2.4ГГц-ын давтамж гаргах RF модул болон 8051 төрлийн микроконтроллер гэсэн 2 хэсгээс бүрдэнэ. Онолын хувьд дайпол антен ашигласан үед модул 1000м хүртэлх зайд өгөгдөл дамжуулдаг. Гэвч тухайн хэрэглээнээсээ шалтгаалж хол өгөгдөл дамжуулах шаардлагагүй мөн овор хэмжээ нь жижиг байх хэрэглээнд орчин үед чип антенг өргөнөөр ашиглаж байна. Чип антен ашиглах үед саадгүй орчинд 100м хүртэлх зайд өгөгдөл дамжиж байв. Дайпол антен ашигласан модулын RF хэсгийн PCB дизайн дээр алдаа гарч 60м-ээс дээш өгөгдөл дамжихгүй байв. Зигби модулд рид свич, температур болон фото мэдрүүрүүдийг холбож туршилт хийсэн. Уг модулыг бүх төрлийн ойрын зайн утасгүй өгөгдөл дамжуулалтанд ашиглаж болно.

Түлхүүр үг—Чип антен, дайпол антен, MG2455-F48

I. УДИРТГАЛ

Орчин үед технологи хөгжихийн хэрээр электрон техникийн системүүдэд утасгүй технологиудыг түлхүү ашиглаж байна. Утасгүй технологи нь техник, эдийн засгийн хувьд олон давуу талуудтай. Утасгүйгээр ойрын зайд өгөгдөл дамжуулах RF, Bluetooth, UWB, Зигби (ZigBee) гэх мэт олон стандартууд боловсруулагдан хэрэглэгдэж байна. Эдгээрээс сүүлийн үед Зигби технологийг дэлхий даяар өргөн хэрэглэж байна. Зигби (Zigzag + Bee) гэдэг нь зөгийн цэцэг дамжин бал цуглуулахдаа цэцэгнүүдийн байрлал, хоорондын зай, чиглэлээр үүсгэсэн замаар өгөгдөл дамжуулалт болон сүлжээний топологи үүсгэж байгааг илэрхийлсэн үг юм.

Зигби технологийг IEEE 802.15.4 стандартад зохицон ажилдаг, өртөг багатай, овор хэмжээ жижиг, цахилгаан бага зарцуулдаг байхаар тооцон боловсруулсан байдаг [1]. Мөн Од (1:1) /Star/, Кластер мод (1:n) /Cluster tree/, Мэш (1:n) /Mesh/ төрлийн сүлжээнүүд үүсгэх боломжтой. 50КБ хэмжээтэй хамгийн хялбархан энгийн өгөгдөл дамжуулах протоколтой. Сүлжээний багтаамж нь хамгийн ихдээ 65,536 Зигби модул хоорондоо холбогдож өгөгдөл солилцох боломжтой байдаг [2]. Уг модульд ашиглаж буй MG2455-F48 Зигби чипийн өгөгдөл дамжуулах хурд нь 250Kbps ~ 1Mbps. Зигбигийн стандарт протокол нь ZigBee 2006, 2007, PRO гэсэн хувилбаруудаар боловсруулагдан хөгжиж байна [3].

Дараах гурван үүрэг бүхий Зигби модул байна.

- 1) Зигби Зохицуулагч - ZC (ZigBee Coordinator)
- 2) Зигби Чиглүүлэгч - ZR (ZigBee Router)
- 3) Зигби төгсгөлийн төхөөрөмж - ZED (ZigBee end device)

ZR нь сүлжээний ерөнхий зохицуулагчийн үүргийг гүйцэтгэх бөгөөд тухайн сүлжээнд нэг л байна. ZR нь сүлжээг өргөтгөхөд ашиглах бөгөөд ирсэн өгөгдөлийг бусад модулууд руу чиглүүлэгч хийж өгнө. ZED-д мэдрүүрүүд холбоотой байх ба мэдрүүрийн мэдээллийг ZR болон ZC-ээр дамжуулан мэдээллийн төв рүү авна.

Зигби модулуудын тэжээлийн асуудлыг батерей ашиглан шийддэг. Батерейны ажиллах хугацаа хязгаарлагдмал учир энергийг хэмнэх нь чухал асуудлуудын нэг юм. Орчин үед модулын энергийн хэмнэлтийг түүнд ашиглаж байгаа өгөгдөл дамжуулах протоколоор нь дамжуулж хийх болсон. Мэш болон кластер мод топологиудаар сүлжээ үүсгэсэн бол нэг модулаас нөгөө модул руу хамгийн үр ашигтайгаар өгөгдөлийг чиглүүлж, дамжуулах алгоритм хэрэгтэй болно. MAC-I, MAC-II, Flooding, Gossip, LEACH зэрэг рүүг хийдэг протоколууд боловсруулагдан хөгжүүлж байна [4, 5, 6]. Програмын аргаар биш техникийн аргаар модулд холбогдсон мэдрүүрүүдийн тэжээлийг удирдаж энергийг хэмнэж болохыг [7, 8] ажлаар судалжээ.

Зигби өгөгдөл дамжуулах модулд ашиглаж байгаа MG2455-F48 чип нь 2.4ГГц радио долгионоор өгөгдөл дамжуулах хэсэг болон 8051 төрлийн микроконтроллерыг хамтад нь агуулсан SoC (System on Chip) чип юм. Кэйлийн компайлар (Keil Compiler) ашиглан кодоо бичнэ. Мөн уг чип нь 3 төрлийн энерги хэмнэлтийн горимтой (power down mode), 96KB програмын санах ойтой. Батерейгаа хянах боломжтой, дотроо температурын мэдрүүртэй гэх мэт давуу талуудтай.

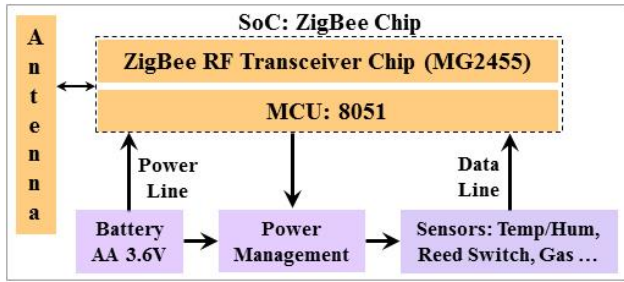
Антену төрөл, хэмжээнээс хамаарч 100м ~ 1000м хүртэл зайд өгөгдөл дамжуулах боломжтой. Дайпол (Dipole) ашигласан үед саадгүй орчинд 1000м, чип антен ашигласан үед саадгүй үед 100м хүртэлх зайд өгөгдөл дамжуулах боломжтой юм. Бид энэхүү судалгааны ажлаар чип антен ашиглан туршилт хийсэн.

II. ЗИГБИ МОДУЛЫН ДИЗАЙН БА ШИЙДЭЛ

A. Модулын бүтэц

Зигби утасгүй өгөгдөл дамжуулах чипээр БНСУ-ын Радиопульс (Radiopulse) компанид хийсэн MG2455-F48-

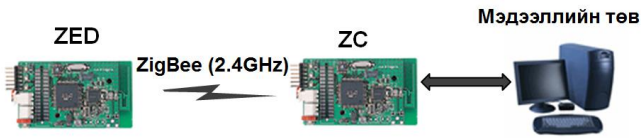
г сонгосон. Уг чип нь дотроо 8051 төрлийн микроконтроллэрыг агуулсан байдаг.



Зураг 1. Зигби модулын бүтэц

Зураг 1-д Хөгжүүлсэн Зигби модулын бүтцийг харуулав.

Amotech компаний (ALA931C5, 2dBi) чип антен ашигласан. Мөн Vitro Cell-ийн ТЕKCELL загварын 3.6В, 2400 mA/h баттерейг ашигласан. ZC нь мэдээллийн төвийн компьютертай холбогдож тэжээлээ авна. ZED батерейгаар тэжээгдэж ZC-рүү мэдрүүрийн өгөгдөлөө дамжуулна. Туршилтанд зураг 2-т үзүүлсэн шиг бүтцийн дагуу 1 ZC, 1 ZED ашигласан. ZC ба ZED хардвэй бүтцийн хувьд бүгд ижил бөгөөд програмын аргаар үүргийг нь тодорхойлдог. Зураг 2-т туршилт хийсэн Зигби модулын бүтцийн диаграмыг харуулав.



Зураг 2. Туршилтын диаграм

Модулуудыг нэг суваг дээр тохиргоо хийж, хаягуудыг өөр өөрөөр өгч програмчласны дараа асаахад хоорондоо групп үүсгэж мэдээлэл солилцох боломжтой болно. Мэдээлэл хэрхэн орж гарч байгааг ZC-тэй холбогдсон мэдээллийн төв дээр хянана.

III. Туршилт, ҮР ДҮН

A. Чип антен ашигласан модулын туршилт

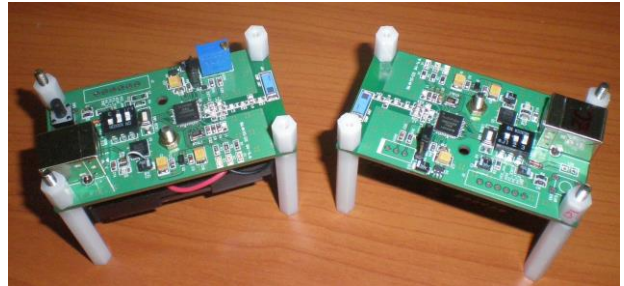
Чип антен ашигласан модулыг хөгжүүлж төрөл бүрийн орчин, зайд туршсан. Туршилтын нөхцөл:

- Орчин: Саадгүй, модулууд бие биенээ харна
- Суваг: Channel-11 (2405MHz)
- Пакетын хэмжээ: 127 байт (Удирдлагын 120 байт + Өгөгдөл 7 байт)

Рид свич (Reed Switch), фото болон температур мэдрүүрүүдийг модулд холбож Tx Power буюу өгөгдөл дамжуулж байгаа чадлыг 8dBm болон 0dBm туршилт хийсэн. Өгөгдөлийн байтад мэдрүүрүүдийн утга багтана. Модулын гадуур хамгаалах хайрцаг байхгүй. ZED-ээс товчлуур дарахад 127 байт өгөгдөл ZC-рүү дамжуулах бөгөөд ZC өгөгдөлийг хүлээн авсан тохиолдолд хариу (ACK) дохиог илгээнэ.



Зураг 3. Өөд өдөөсөө харсан чип антентай Зигби модул



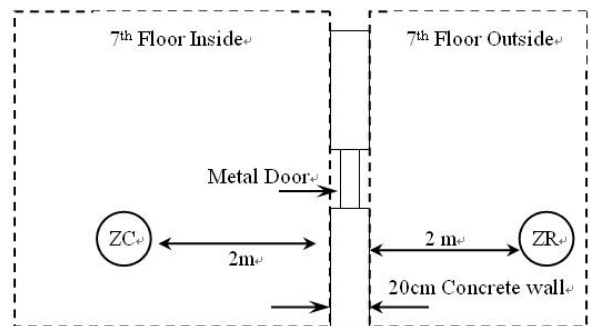
Зураг 4. Өнцөг үүсгэн байрласан чип антентай Зигби модул

Зураг 3 болон 4-д чип антен ашигласан модулын туршилт хийх үеийн 2 байрлалыг харуулав. Хүснэгт 1-д саадгүй орчинд хийсэн туршилтын үр дүнг харуулав.

Хүснэгт. 1. ZED болон ZR дохионы чадал 8dBm, 0dBm байх үеийн зайн туршилтын үр дүн

Tx Power=+8dBm, Rx Power=+8dBm (ACK)			Tx Power=0dBm, Rx Power=0dBm (ACK)		
Зай(м)	Үр дүн	Тайлбар	Зай(м)	Үр дүн	Тайлбар
10	Тийм	Зураг 4	10	Тийм	Зураг 4
30	Тийм		30	Тийм	
50	Тийм		50	Тийм	
70	Тийм		65	Тийм	
80	Тийм	Зураг 5	75	Тийм	Зураг 5
90	Тийм		90	Үгүй	
100	Тийм		100	Үгүй	
105	Үгүй		105	Үгүй	

Хүснэгт 1-ээс харахад модулын дамжуулах дохионы чадал их үед хол зайд өгөгдөл дамжиж байна. Мөн зураг 4-д үзүүлсэн шиг модулуудын антен хоорондын өнцгийг тохируулвал өгөгдөл хол дамжиж байна.



Зураг 5. Саадтай орчны туршилтын диаграм

Зураг 5-д үзүүлсэн шиг ZC-г 20см зузаан бетонон хана, төмөр хаалга бүхий өрөөн дотор байрлуулж ZR-ийг өрөөнөөс гаргаж туршилт хийсэн.

Хүснэгт. 2. Саадтай орчинтой үеийн туршилтын үр дүн

Tx Power=+8dBm		
Зай(м)	Үр дүн	Тайлбар
3,5	Тийм	7 давхар гадаа
5	Тийм	Шатаар уруудах
7	Тийм	6 ба 7 давхарын дунд
6	Тийм	6 давхар дотор
10	Үгүй	5 давхар дотор

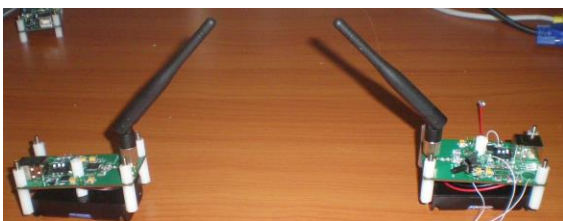
Туршилтаас харахад саадтай орчинд (төмөр хаалга, бетонон хана) 6м-ээс дээш зайнд дохионы чадал сарниж өгөгдөл дамжихгүй байв.

В. Дайпол антен ашигласан модулын туршилт

Дайпол антен ашигласан модулын туршилтын нөхцөл нь чип антен ашигласан модултай адил.



Зураг. 6. Өөд өөдөөсөө харсан дайпол антентай Зигби модул



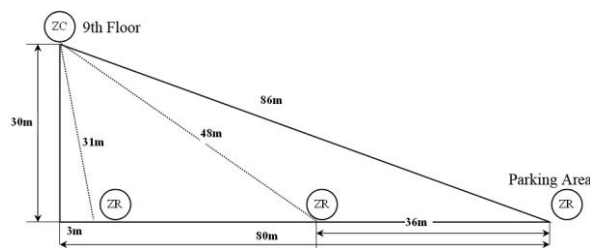
Зураг. 7. Дайпол антен нь өнцөг үүсгэн байрласан Зигби модул

Хүснэгт. 3. Саадгүй орчинд дайпол антен ашигласан модулын туршилтын үр дүн

Tx Power=+8dBm, Rx Power=+8dBm (ACK)		
Зай(м)	Үр дүн	Тайлбар
10	Тийм	Зураг 6
30	Тийм	
50	Тийм	
60	Тийм	
63	Тийм	Зураг 7
70	Үгүй	RF антены дизайныг сайжруулах шаардлагатай
80	Үгүй	
100	Үгүй	

Саадгүй орчинд дайпол антен ашигласан үед зураг 6 дээр үзүүлсэн байрлалын үед 60м хүртэл, зураг 7 дээр үзүүлсэнээр антеныг байрлуулвал 63м хүртэл зайд өгөгдөл дамжуулж байв. Онолын хувьд дайпол антен ашиглавал 1000м хүртэл зайд өгөгдөл дамжуулах ёстой гэж үздэг боловч уг судалгаанд модулын антены RF хэсгийн дизайныг (RF matching) буруу хийснээр өгөгдөл хол дамжиж чадаагүй гэсэн дүгнэлт хийсэн. Хэрэв антены дизайныг зөв хийж, тохируулж чадвал зураг 7

дээрх шиг байрлуулж өгөгдөл дамжуулсан тохиолдолд хол дамжих боломжтой юм.



Зураг. 8. Дайпол антен ашигласан модулын туршилтын диаграм

Зураг 8-д үзүүлсэн шиг ZC-г 9 давхар байшингийн тагтан дээр байрлуулж ZR-ийг 1 давхараас машины зогсоол хүртэлх газраар явж туршилт хийсэн.

Хүснэгт. 4. Саадгүй орчинтой үеийн туршилтын үр дүн

Tx Power=+8dBm, Rx Power=+8dBm (ACK)		
Зай(м)	Үр дүн	Зураг 7
31	Тийм	
48	Тийм	
86	Тийм	

Хүснэгт 4-т туршилтын үр дүнг харуулав. Хүснэгтээс харахад хоёр модулыг өөдөөс өөдөөс нь нэг түвшинд биш 30м-ийн ялгаатай түвшинд байрлуулж туршилт хийхэд 86м хүртэл зайд өгөгдөл дамжиж байв.

Хүснэгт. 5. Саадтай орчинтой үеийн туршилтын үр дүн

Tx Power=+8dBm, Rx Power=+8dBm (ACK)		
Зай(м)	Үр дүн	Тайлбар
3,5	Тийм	7 давхар гадаа
5	Тийм	Шатаар уруудах
7	Тийм	6 ба 7 давхарын дунд
6	Тийм	6 давхар дотор
10	Үгүй	5 давхар дотор

Зураг 5-д үзүүлсэн саадтай орчины туршилтын диаграм дээр дайпол антен ашигласан модулыг туршиж үзэн үр дүнг хүснэгт 5-д харуулав. Туршилтын үр дүн чип антентай модулын саадтай үеийн үр дүнтэй адил гарсан.

IV. ДүГНЭЛТ

MG2455 SoC чип, дайпол болон чип антен ашиглан Зигби модулыг хөгжүүлж саадтай, саадгүй орчинд туршлаа. Овор хэмжээ, хэрэглээгээ тооцож чип антен ашиглаж туршилт хийсэн бөгөөд саадгүй орчинд 100м хүртэлх зайд өгөгдөл алдаагүй дамжиж байсан. Саадтай орчин буюу төмөр хаалга, бетонон ханатай өрөөнд RF дохионы чадал сарниж 6м-ээс цааш дамжихгүй байв. Мөн өгөгдөл дамжуулах зай нь RF дохионы дамжуулах чадлаас хамаарч байгааг туршиж үзэв. Хэрэв модулд хамгаалалтын хайрцаг хийвэл хайрцаг хийсэн материалын төрлөөс хамаарч дамжуулах зай багасна. Энэ туршилтыг цаашид хийх шаардлагатай.

Онолын хувьд 1000м хүртэл зайд өгөгдөл дамжуулах боломжтой дайпол антен ашигласан модул 60м-ээс хол зайд өгөгдөл дамжихгүй байгаа нь антены RF хэсгийн

дизайн дээр алдаа гарсан гэж дүгнэж байна. Цаашид энэ хэсгийг сайжруулах шаардлагатай.

Чип антен ашигласан овор хэмжээ бага модулыг хэрэглээндээ тохирсон мэдрүүрүүдийг сонгож, ойрын зайн утасгүй өгөгдөл дамжуулалтын төрөл бүрийн системүүдэд хэрэглэх боломжтой .

НОМ ЗҮЙ

- [1] Sinem Coleri Ergen “ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary”, Sep 10, 2004.
- [2] ZigBee Alliance, Network Specification Version 1.0, Dec 2004.
- [3] NXP “ZigBee PRO Stack User Guide” Dec 2012.
- [4] Vamsi K Paruchuri, Arjan Duresi, Durga S Dash, Raj Jain "Optimal Flooding Protocol for Routing in Ad-hoc Networks" IEEE Wireless Communication and Networking Conference, February 2002.
- [5] Z Haas, J Halpern, L Li "Gossip Based Ad Hoc Routing" IEEE Infocom Conference, September 2002.
- [6] Harshavardhan Sabbineni, Krishnendu Chakrabarty "Location-Aided Flooding: An Energy-Efficient Data Dissemination Protocol for Wireless Sensor Networks" IEEE Transactions on Computers, April 2005.
- [7] Аюурзана Одгэрэл, Пүмбүүрэй Бүмдүүрэн “Энергийн хэмнэлттэй Зигби модулын хөгжүүлэлт”, ММТ-2014, Улаанбаатар, ШУТИС, 2014. 05. 08
- [8] Odgerel Ayurzana, Byambajav Ragchaa, Hiesik Kim “Development of Energy Efficient ZigBee Module”, IoT-2014, 2014.12.16~19, Hsinchu, Taiwan