

## Energy harvesting i anvendt teknologi

Energy harvesting er en teknologi, der udnytter energien i vores omgivelser til at drive mindre systemer. Som eksempel kan nævnes et system, hvori energien fra transmissionen til rotoren på en helikopter blev samlet. Denne energimængde var tilstrækkelig til at drive et sensorsystem, der trådløst sendte data om tilstanden af rotoren til et overvågningssystem uden brug af batterier.

Fordelen ved energy harvesting er klar. Vi lykkes i stigende grad med at fjerne kablet til dataforbindelsen, men mangler stadig kablerne til strømforsyningen. Vi kan selvfølgelig benytte batterier, men derved nedsættes levetiden. Det kan energy harvesting være en løsning på.

Center for Short Range Wireless Technologies deltog i ISAF 2008 ([www.isaf2008.com](http://www.isaf2008.com)) for at bringe viden hjem om den nuværende status på energy harvesting og de muligheder, som denne teknologi vil give i nær fremtid.

Denne artikel vil gennemgå, hvad en energy harvester består af, hvilke mulige energikilder, der findes, samt forhold, der skal være til stede for at udnytte energy harvesters. Afslutningsvis vil der blive givet et bud på anvendelsesområder for energy harvesting.

### Energy harvesterens grundelementer

Et system, der baserer sig på energy harvesting, er typisk et trådløst eller autonomt system, der kan interagere med omgivelserne og handle på begivenheder eller sende data videre, uden at det skal forbindes med kabler.

Systemet består typisk af de kendte enheder som radio, processor m.m. Udover dette skal der være en enhed, der kan samle små energi mængder fra sol/lys, vibration, strain eller temperaturforskelle. Disse energy harvestere kan i dag købes fra forskellige leverandører. De opsamlede energimængder er meget små, og derfor er der ofte behov for et mellemkredsløb (power conditioner), der kan omsætte disse meget små energimængder til en DC spænding i et brugbart niveau. Ligeledes er det en typisk opgave for power conditioneren at styre en evt. opladning af genopladelige batterier. Der findes leverandører af power conditionere, men det er også muligt at lave dem selv: En eller flere sensorer føder en mikroprocessor, som evt. er bygget sammen med et radiomodul. Afhængig af applikationen kan der være behov for at udbygge løsningen med wakeup kredsløb, batteriforsyning og andet.

### Typiske anvendelsesområder

Energy harvesters anvendes typisk på steder, hvor man ønsker at undgå at skulle trække kabler, eller hvor det ikke er praktisk eller muligt at skulle skifte batterier.

Den manglende lyst til at trække kabler kan skyldes, at det ikke er muligt, eller at det er nødvendigt eller ønskeligt ikke at skulle være omfattet af de regulativer og tests, der er forbundet med at tilslutte sig et andet system. Dette kan eksempelvis være gældende for fly eller andre meget kritiske systemer.

Ligeledes er der steder, hvor batterier ikke er praktiske, fordi det er dyrt eller besværligt at udskifte dem. Dette gør sig typisk gældende indenfor systemer, der virker over store områder som f.eks. overvågning af områder i forbindelse med adgangs- og grænsekontrol, miljøovervågning og lignende.

### Potentiel energihøst

Som tidligere omtalt er det muligt at indvinde energi fra sol/lys, vibrationer, strain og temperaturforskelle. Nedenstående er en oversigt over de optimale energi mængder, man kan få adgang til.

Energikilde	Energiniveau eksempler	Leverandører
Sol / Lys	Max. Peak power 16.6 mW/cm <sup>2</sup>	<a href="http://www.ixyspower.com">www.ixyspower.com</a>
Vibration	Power v. 30 Hz 6 mW v 1 G	<a href="http://www.mide.com/products/voltage/voltage_catalog.php">www.mide.com/products/voltage/voltage_catalog.php</a>
Strain	Power v. 10 Hz 12.2 mW v 5kN	<a href="http://www.noliac.com">www.noliac.com</a>
Varme	0,5 mW v. DT= 35	<a href="http://www.micropelt.com">www.micropelt.com</a>

Solen er den energikilde, der giver det største udbytte at udnytte, men også ved andre energikilder er det muligt at hente energi nok til at drive et mindre system eller dele heraf, hvis de rette betingelser er til stede.

## Typisk energiforbrug for radiosystemer

Tabellen angiver eksempler på strømforbrug for forskellige teknologier:

Teknologi	Typisk strømforbrug / spænding / effekt			Leverandør
	Idle	Rx	Tx	
Bluetooth Class 1 <sup>1</sup>	1,2mA 3,3V 3,96mW	22,6mA 3,3V 74,6mW	70mA 3,3V 231mW	Bluegiga
Zigbee <sup>2</sup>	2,8uA 3,3V 9,25uW	37mA 3,3V 122,1mW	37mA 3,3V 122,1mW	Jennic
Z-Wave <sup>2</sup>	2,5uA 3,3V 8,25uW	23mA 3,3V 75,9mW	36mA 3,3V 118,8mW	ZENSY

Ved at sammenholde de 2 tabeller kan vi se, at det er muligt at anvende energy harvesting til trådløse sensorer og kontrolsystemer. Forudsætningen er dog, at man bruger grupper af energy harvestere. Et mindre Z-wave system kræver over 10 strain energy harvester for at kunne køre kontinuert. Det er dog ikke alle systemer, der skal kunne køre eller sende hele tiden. Mange systemer slår radioen fra i perioder. I de perioder kan den energi, der ikke bruges, opsamles i super kapacitor, som udnyttes, når radioen er tændt. En sådan optimering giver mulighed for at nedsætte antallet af nødvendige energy harvestere og hermed pris og størrelse.

### Begrænsninger og omgivelsernes betydning

Energy harvesting kræver specielle forhold for at blive en succes, med den applikationsopfattelse, vi har i dag. Der skal være en eller anden form for energi tilstede i så store mængder, at det er muligt at udnytte, og den skal være koncentreret i et fysisk begrænset område.

<sup>1</sup> Ved en Bluetooth løsning skal energiforbruget, for en separat processer til at afvikle applikationen, lægges til tallene i tabellen.

<sup>2</sup> Mindre applikationer kan afvikles i radiomodulet. Større applikationer vil kræve en separat processor.

Specielt i forhold til pålidelighed og opetid kræver systemer baseret på energy harvesting yderligere overvejelser i forhold til traditionelle systemer.

For solcellebaserede systemer skal systemets fysiske placering tages med i overvejelserne. Ud over det åbenlyse krav om tilstrækkeligt sol/lys er det også nødvendigt at sikre, at specielt fugle og almindeligt snavs samt sne, kun i begrænset forhold kan dække solcellerne. En vinkling af solcellerne, kombineret med forskellige ikke-fugle venlige sidde pladser, skal tages i betragtning. Ligeledes kan almindeligt forekommende snavs begrænses med en afvejning af forholdet mellem fri adgang til lys mod fordelene ved at placere solcellerne under en form for halvtag.

Vibrationer og strain har også tilknyttet særlige forhold. Her er det specielt resonansfrekvensen for det system, der leverer energien, der skal tages i betragtning. Energy harvesters, der får deres energi fra vibrationer og strain, har alle et meget snævert frekvensområde, hvor de virker optimalt. Et resultat af dette er, at det endelige system skal tunes med vægte for at udnytte energikilden maksimalt. Hvis der enten ikke er en entydig frekvens til rådighed, eller andre forhold kan påvirke denne frekvens, vil systemet miste sin effektivitet. Som eksempler på forhold, der kan ændre på fysikken, kan nævnes eftermonteret udstyr eller brug af systemet under forskellige forhold.

Udnyttelse af varmemforskellen som energikilde er en spændende mulighed. For at opnå en tilstrækkelig effektivitet er det dog vigtigt at have med i sine overvejelser, at temperaturforskellen skal være til stede i et fysisk afgrænset område. Det er nødvendigt at have et solidt termisk stel, dvs. der skal være en referencetemperatur, som er rimelig konstant, og som ikke påvirkes af systemet selv i nævneværdig grad. Dette vil ofte kræve noget masse. Hvis vi forstiller os, at man ønsker at udnytte temperaturforskellen mellem ude og inde i en bygning, vil et solidt termisk stel være et område, som altid er koldt i forhold til indendørstemperaturen. Et vindue kan virke som et bedre valg end en væg, men dette kræver dog, at vinduet ikke opvarmes af sollys eller systemet, da dette i perioder vil nedsætte effektiviteten.

## Konklusion

Energy harvesting er en lovende teknologi, som vi kan udnytte som energikilde både nu og i fremtiden. P.t. har de fleste systemer dog stadig brug for batterier, men levetiden kan forlænges kraftigt, hvis de omkring liggende energikilder udnyttes. Området er i kraftig udvikling, og derfor kan det forventes, at nye og mere effektive energikilder vil komme i den nærmeste fremtid.

Vi har ligeledes i dag en forventning, der går i retning af en opetid, der helst nærmer sig 24-7. Det er dog ikke alle systemer, der har dette behov, og ligeledes kan det diskuteres om et system, der kun leverer data eller funktionalitet i en del af tiden er uden værdi.

Hvis vi over tid ændrer opfattelse af betydningen af opetid og accepterer, at nogle systemer kun er til rådighed under nogle forhold, samt at vi får en mere effektiv teknologi til at høste energi med, vil en større del af de systemer vi omgives af kunne baseres på energy harvesting.

Fordelene er åbenlyse. Vi slipper for at skifte batterier og kan samtidig mindske belastningen af miljøet. Ligeledes vil vi kunne installere sådanne systemer steder, hvor det ikke har været muligt i dag, enten pga. problemerne med at trække ledninger eller fordi det ikke er muligt at godkende tillægssystemer til i forvejen godkendte systemer.

*Spørgsmål til konferencen og denne artikel kan rettes til Thomas Sørensen, [ths@delta.dk](mailto:ths@delta.dk).*