

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات نیک

آشکارسازی و تشخیص خرابی در شبکه های حسگر بی سیم با رویکرد مبتنی بر سیگنال

توسط:

احسان امیری

استاد راهنما:

دکتر عبدالرسول قاسمی

استاد مشاور:

دکتر مهدی علیاری شوره دلی

تابستان ۱۳۹۱

تأییدیه هیات داوران

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه آقای:

را با عنوان:

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد تأیید می کند.

امضاء	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیئت داوران
		دکتر عبدالرسول قاسمی	۱- استاد راهنما
		دکتر مهدی علیاری شوره دلی	۲- استاد مشاور
			۳- استاد مشاور
		دکتر سعدان زکائی	۴- استاد ممتحن
		دکتر مهدی دهقان تخت فولادی	۵- استاد ممتحن
		دکتر سعدان زکائی	۶- نماینده تحصیلات تکمیلی

تقدیم به پدر ، مادر و خواهران عزیزم .

با سپاس فراوان از خواهران نازنینم که در تمامی لحظات زندگی، مشوق و امید بخش به آینده ای روشن تر برای من بوده اند. از استاد راهنمای بزرگوارم آقای دکتر قاسمی به خاطر راهنمایی های بسیار مفید و ارزشمندشان در طی انجام مراحل پایان نامه نهایت تشکر و قدردانی را دارم و همچنین از استاد مشاورم آقای دکتر علیاری شوره دلی بخاطر حمایت و مساعدت های بی دریغشان متشکرم.

چکیده

در این پایان نامه به مساله آشکار سازی و تشخیص خطا در شبکه های حسگر بی سیم با رویکردی مبتنی بر سیگنال های حس شده توسط گره های حسگری و ارائه رهیافتی موثر در جهت کاهش انرژی مصرفی، پرداخته شده است. مساله مصرف انرژی همواره به عنوان یکی از چالش های مهم در شبکه های حسگر بی سیم به شمار می رود. همچنین گره ها متشکل از اجزای الکترونیکی هستند و وقوع خطا در این اجزاء، اجتناب ناپذیر می باشد که می تواند منجر به گزارش نادرست از پدیده فیزیکی تحت مشاهده و افزایش مصرف انرژی در ارتباطات شود. یکی از راه حل های ارائه شده جهت حفظ انرژی در هر گره از طریق کاهش داده های ارسالی است. در این پایان نامه سعی بر آن است که با استفاده از یک سیستم آشکار سازی و تشخیص خطا در هر گره، وقوع خطای داده ای در مقادیر اندازه گیری شده به صورت محلی شناسایی و از ارسال بسته های حاوی داده های معیوب جلوگیری کنیم. رهیافت های بررسی شده در سیستم آشکار ساز، یک رهیافت تکراری به نام شبکه عصبی MLP و یک رهیافت جهت تخمین زیر فضای سیگنال به صورت بازگشتی به نام R-OPAST است. رویه آشکار سازی خطا می تواند از طرفی منجر به افزایش انرژی مصرفی در محاسبات و از سوی دیگر منجر به کاهش انرژی مصرفی در ارتباطات شود. نتایج شبیه سازی رهیافت ارائه شده، نشان دهنده آن است که با استفاده از ایده همکاری و تقسیم وظیفه آشکار سازی خطا میان گره ها در یک زنجیره گره حسگری، می توان انرژی مصرفی کل را در هر گره کاهش داد.

کلید واژه: شبکه های حسگر بی سیم، آشکار سازی و تشخیص خطا، شبکه های عصبی MLP،

R-OPAST

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست جدول‌ها	د
فهرست شکل‌ها	ه
فهرست علائم و نشانه‌ها	ح
فصل ۱- مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه ای بر شبکه های حسگر بی سیم	۱
۱-۲- تشخیص خطا و اهمیت آن	۷
۱-۳- رویکرد پایان نامه	۹
۱-۴- ساختار پایان نامه	۱۰
فصل ۲- آشکارسازی و تشخیص خطا در شبکه های حسگر بی سیم	۱۱
۱-۲- مقدمه	۱۱
۲-۲- انواع خطا در شبکه های حسگر بی سیم	۱۳
۱-۲-۲- خطای Outlier	۱۷
۲-۲-۲- خطای Spike	۱۷
۲-۲-۳- خطای Stuck at	۱۸
۴-۲-۲- خطای نویز یا واریانس بالا	۱۹
۳-۲- انواع روش های آشکارسازی و تشخیص خطا	۲۲
۴-۲- معیار های ارزیابی کارآیی	۲۵
۵-۲- مروری بر روش های آشکارسازی و تشخیص خطا	۲۷
۱-۵-۲- آشکارسازی خطای Outlier	۲۷
۲-۵-۲- آشکارسازی و تشخیص خطا های Stuck-at و نویز	۳۲
۶-۲- نقد روش های موجود	۳۴
۷-۲- نتیجه گیری	۳۵
فصل ۳- شبکه های عصبی مصنوعی ، آنالیز مولفه اصلی و تاثیر آن ها در آشکارسازی و	
تشخیص خطا	۳۷
۱-۳- مقدمه	۳۷

۳۸	شبکه های عصبی مصنوعی	۲-۳
۳۹	مدل نرون تک ورودی	۱-۲-۳
۳۹	مدل نرون چند ورودی	۲-۲-۳
۴۰	تابع محرک	۳-۲-۳
۴۱	ساختار شبکه عصبی	۴-۲-۳
۴۳	فرآیند یادگیری	۵-۲-۳
۴۵	شبکه عصبی پرسپترون چند لایه و آموزش آن	۶-۲-۳
۴۹	شبکه های عصبی بازگشتی	۷-۲-۳
۵۱	PCA پایه	۳-۳
۵۳	معیار SPE و نتیجه $T2$	۴-۳
۵۵	شبیه سازی رهیافت PCA پایه	۵-۳
۶۰	شبیه سازی رهیافت PCA پایه به همراه معیار آشکارسازی مقاوم	۶-۳
۶۲	شبیه سازی رهیافت R-OPAST	۷-۳
۶۸	نتیجه گیری	۸-۳
۷۰	فصل ۴ - روش پیشنهادی و ارزیابی	
۷۰	مقدمه	۱-۴
۷۲	زنجیره گره ها در یک شبکه حسگر بی سیم	۲-۴
۷۶	آنالیز زنجیره با رهیافت شبکه عصبی MLP	۳-۴
۷۹	آنالیز یک گره	۱-۳-۴
۸۲	آنالیز دو گره	۲-۳-۴
۸۷	آنالیز سه گره	۳-۳-۴
۹۲	آنالیز زنجیره با رهیافت R-OPAST	۴-۴
۹۶	آنالیز یک گره	۱-۴-۴
۹۸	آنالیز دو گره	۲-۴-۴
۱۰۱	آنالیز سه گره	۳-۴-۴
۱۰۵	ارزیابی روش پیشنهادی	۵-۴
۱۰۵	ارزیابی رهیافت شبکه عصبی MLP	۱-۵-۴
۱۰۹	ارزیابی رهیافت R-OPAST	۲-۵-۴
۱۱۲	فصل ۵ - نتیجه گیری و پیشنهادات	
۱۱۲	نتیجه گیری	۱-۵

۱۱۳.....پیشنهادات-۲-۵

۱۱۵.....فهرست مراجع

۱۱۸.....واژه نامه فارسی به انگلیسی

۱۲۱.....واژه نامه انگلیسی به فارسی

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۱۴	جدول ۱-۲: ویژگی‌های محیطی شبکه حسگر [۸].....
۱۵	جدول ۲-۲: ویژگی‌های سیستمی شبکه حسگر [۸].....
۱۶	جدول ۳-۲: ویژگی‌های داده‌های شبکه حسگر [۸].....
۲۱	جدول ۴-۲: دسته‌بندی خطاها: تعریف‌ها و علت‌های ممکن [۸].....
۲۱	جدول ۵-۲: مدت‌زمان و تاثیر خطاها [۸].....
۴۰	جدول ۱-۳: پرکاربردترین توابع محرک [۲۹].....
۵۸	جدول ۲-۳: الگوریتم PCA پایه.....
۶۱	جدول ۳-۳: الگوریتم PCA به همراه معیار آشکارسازی مقاوم [۱۳].....
۶۴	جدول ۴-۳: الگوریتم OPAST [۱۳].....
۶۶	جدول ۵-۳: الگوریتم R-OPAST.....
۷۸	جدول ۱-۴: تعداد دستورها و مراحل آموزش شبکه عصبی MLP در بخش غیر برخط.....
۹۴	جدول ۲-۴: تعداد دستورها و مراحل الگوریتم R-OPAST.....

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۲	شکل ۱-۱: معماری یک گره حسگر و مولفه های آن [۱].....
۳	شکل ۲-۱: نمای کلی از یک شبکه حسگر بی سیم [۵].....
۵	شکل ۳-۱: طبقه بندی رهیافت هایی جهت حفظ انرژی [۵].....
۹	شکل ۴-۱: طرحی از حلقه دنبال کردن فرآیند [۶].....
۹	شکل ۵-۱: به کارگیری سیستم FDD در یک گره حسگری.....
۱۷	شکل ۱-۲: مقادیر خوانده شده رطوبت با نمونه هایی از Outlier [۸].....
۱۸	شکل ۲-۲: میزان غلظت آمونیوم با نمونه هایی از Spike [۸].....
۱۹	شکل ۳-۲: نمونه هایی از خطای Stuck at در داده های غلظت کلروفیل ا [۸].....
۲۰	شکل ۴-۲: خطای نویز بالا [۸].....
۲۲	شکل ۵-۲: سه منبع تولید Outlier و تکنیک های آشکارسازی متناسب با آن ها [۱۱].....
۲۴	شکل ۶-۲: دسته بندی تکنیک های آشکارسازی Outlier در شبکه های حسگر بی سیم [۱۱].....
۳۹	شکل ۱-۳: مدل نرون تک ورودی [۲۹].....
۴۰	شکل ۲-۳: مدل نرون چند ورودی [۲۹].....
۴۲	شکل ۳-۳: ساختار یک لایه فعال از شبکه عصبی با چند خروجی [۲۹].....
۴۲	شکل ۴-۳: ساختار برداری از شبکه عصبی با S نرون و R ورودی [۲۹].....
۴۳	شکل ۵-۳: ساختار برداری از یک شبکه عصبی با سه لایه فعال [۲۹].....
۴۵	شکل ۶-۳: سیگنال های شبکه عصبی MLP [۲۸].....
۴۶	شکل ۷-۳: ساختار یک شبکه عصبی MLP با دو لایه مخفی بدون بایاس [۲۸].....
۴۹	شکل ۸-۳: ساختار یک شبکه عصبی RTRN کاملا متصل [۳۱].....
۵۰	شکل ۹-۳: شبکه عصبی بازگشتی در یک گره حسگری [۲۷].....
۵۶	شکل ۱۰-۳: رویه آشکارسازی سطح بالا با استفاده از PCA [۱۰].....
۵۹	شکل ۱۱-۳: حساسیت و معینی در شبیه سازی رهیافت PCA پایه.....
۵۹	شکل ۱۲-۳: نرخ هشدار خطا و تشخیص اشتباه در شبیه سازی رهیافت PCA پایه.....
۶۲	شکل ۱۳-۳: حساسیت و معینی در شبیه سازی رهیافت PCA به همراه معیار آشکارسازی مقاوم.....
۶۲	شکل ۱۴-۳: نرخ هشدار خطا و تشخیص اشتباه در شبیه سازی رهیافت PCA به همراه معیار آشکارسازی مقاوم.....

- شکل ۳-۱۵: حساسیت و معینی در شبیه سازی رهیافت R-OPAST ۶۷
- شکل ۳-۱۶: نرخ هشدار خطا و تشخیص اشتباه در شبیه سازی رهیافت R-OPAST ۶۷
- شکل ۴-۱: زنجیره ای از گره های حسگری ۷۲
- شکل ۴-۲: مقادیر اندازه گیری شده گره شماره ۱ بدون اعمال خطا ۷۵
- شکل ۴-۳: مقادیر اندازه گیری شده در گره شماره ۱ با اعمال خطا ($\eta = 0.1$) ۷۶
- شکل ۴-۴: زنجیره متشکل از یک گره حسگری ۷۹
- شکل ۴-۵: حساسیت و معینی شبکه عصبی MLP در گره شماره ۱ ۸۰
- شکل ۴-۶: نرخ هشدار خطا و تشخیص اشتباه در گره شماره ۱ ۸۰
- شکل ۴-۷: تغییرات تابع هزینه در گره شماره ۱ با افزایش تکرار در آموزش ۸۲
- شکل ۴-۸: زنجیره متشکل از دو گره حسگری ۸۲
- شکل ۴-۹: حساسیت و معینی در گره شماره ۲ بر روی داده های D_1 و D_2 ۸۴
- شکل ۴-۱۰: حساسیت و معینی در گره شماره ۲ بر روی کل داده ها ($D_1 + D_2$) ۸۴
- شکل ۴-۱۱: تغییرات تابع هزینه در گره شماره ۲ با افزایش تکرار در آموزش ۸۷
- شکل ۴-۱۲: زنجیره متشکل از سه گره حسگری ۸۷
- شکل ۴-۱۳: حساسیت و معینی در گره شماره ۳ بر روی داده های D_1 ، D_2 و D_3 ۸۹
- شکل ۴-۱۴: حساسیت و معینی در گره شماره ۳ بر روی کل داده ها ($D_1 + D_2 + D_3$) ۹۰
- شکل ۴-۱۵: تغییرات تابع هزینه در گره شماره ۳ با افزایش تکرار در آموزش ۹۱
- شکل ۴-۱۶: حساسیت و معینی رهیافت R-OPAST در گره شماره ۱ ($\eta = 0.2, L = 11$) ۹۲
- شکل ۴-۱۷: نرخ هشدار خطا و تشخیص اشتباه رهیافت R-OPAST در گره شماره ۱ ($\eta = 0.2, L = 11$) ۹۳
- شکل ۴-۱۸: نرخ تشخیص و معینی در گره شماره ۱ با افزایش L ۹۶
- شکل ۴-۱۹: تغییرات مصرف انرژی گره شماره ۱ در اثر افزایش L ۹۸
- شکل ۴-۲۰: حساسیت و معینی در گره شماره ۲ بر روی داده های D_1 و D_2 با رهیافت R-OPAST ۹۹
- شکل ۴-۲۱: حساسیت و معینی در گره شماره ۲ بر روی کل داده ها ($D_1 + D_2$) با رهیافت R-OPAST ۱۰۰
- شکل ۴-۲۲: تغییرات تابع هزینه در گره شماره ۲ در اثر افزایش L ۱۰۱
- شکل ۴-۲۳: حساسیت و معینی در گره شماره ۳ بر روی داده های D_1 ، D_2 و D_3 با رهیافت R-OPAST ۱۰۲

- شکل ۴-۲۴: حساسیت و معینی در گره شماره ۳ بر روی کل داده ها ($D_1+D_2+D_3$) با رهیافت R-OPAST.....۱۰۳
- شکل ۴-۲۵: تغییرات تابع هزینه در گره شماره ۳ در اثر افزایش L۱۰۴
- شکل ۴-۲۶: میزان انرژی مصرفی در گره های زنجیره در سه حالت با رهیافت شبکه عصبی MLP.....۱۰۷
- شکل ۴-۲۷: داده های دریافتی توسط چاهک (رهیافت شبکه عصبی MLP).....۱۰۸
- شکل ۴-۲۸: میزان انرژی مصرفی در گره های زنجیره در سه حالت با رهیافت R-OPAST.....۱۱۰
- شکل ۴-۲۹: داده های دریافتی توسط چاهک (رهیافت R-OPAST).....۱۱۱

فصل ۲

<i>Accuracy</i>	دقت
<i>FAR</i>	نرخ هشدار غلط
<i>FN</i>	منفی غلط
<i>FP</i>	مثبت غلط
<i>k</i>	تعداد نزدیک ترین خوشه های همسایه
<i>L</i>	تعداد گام
<i>MD</i>	تشخیص اشتباه
<i>n</i>	تعداد Outlier سراسری
<i>R_{confident}</i>	بازه اطمینان عمل
<i>R_{detection}</i>	محدوده آشکارسازی کل
<i>R_{saturated}</i>	بازه اشباع
<i>Sensitivity</i>	حساسیت
<i>Specificity</i>	معینی
<i>TN</i>	منفی درست
<i>TP</i>	مثبت درست

فصل ۳

$C_{p_{xx}}$	تخمین مقاوم و بازگشتی ماتریس وابستگی
$\psi(\cdot)$	تابع وزن مقاوم
$q_H()$	تابع M-تخمین هابر تغییر یافته
Γ_H	حد آستانه
L	طول پنجره نمونه برداری متغیر ورودی
\hat{X}	ماتریس ورودی تخمین زده شده
\bar{x}	بردار میانگین متغیر ورودی
\hat{x}	بردار ورودی تخمین زده شده

\bar{y}	تخمین تصویر
$\Lambda^{1/2}$	ماتریس قطری حاوی مقادیر منفرد
σ_S^2	واریانس زمینه بعدی از داده ها
σ_{dB}	نرخ واریانس نویز ضربه ای به واریانس زمینه
σ_g^2	واریانس مولفه گوسی جمع شونده
σ_{im}^2	واریانس مولفه ضربه ای
a	بردار خروجی نرون
a	خروجی نرون
b	بایاس
b	بردار بایاس
B	بعد کاهش یافته بردار متغیر
c	فاکتور تصحیح
C_{xx}	ماتریس وابستگی
$d(n)$	خروجی مطلوب در لحظه n ام
E	تابع خطا
$e(n)$	خطا در لحظه n ام
$f(n)$	تابع متحرک
$F^{-1}(\cdot)$	تابع توزیع معکوس تجمعی از توزیع F
g	ضریب شیب تابع محرک سیگموئید
i	شماره نرون
L_d	طول پنجره نمونه برداری SPE
$med(\cdot)$	عملگر میانه
n	شماره نمونه برداری
$N(\mu, R)$	تابع توزیع گوسی چند متغیره با میانگین μ و کواریانس R
net	ورودی تابع متحرک
O	بردار خروجی نرون های لایه مخفی
P	بعد بردار متغیر
P_m	امین PC
R	تعداد ورودی های شبکه عصبی

$RNN(k)$	خروجی شبکه عصبی بازگشتی در لحظه k ام
S	تعداد نرون های لایه فعال
SPE	مربع خطای پیش بینی
t_m	m امین نتیجه
U	ماتریس بردارهای ویژه
$u(k)$	ورودی شبکه عصبی RTRN در لحظه k ام
W	ماتریس وزن نرون
w	وزن نرون
x	متغیر ورودی
X	ماتریس ورودی
$y(k)$	خروجی شبکه عصبی RTRN در لحظه k ام
ΔW	تغییرات وزن
Γ	ماتریس تبدیل
Γ_{SPE}	حد آستانه آشکارسازی SPE
Δ_{SPE}	انحراف آنی SPE از تخمین مقاوم آن
A	ماتریس قطری شامل مقادیر ویژه
β	فاکتور فراموشی
η	احتمال وقوع outlier ضربه ای
η_{MLP}	گام آموزشی
λ_P	مقدار ویژه λ_P
$\mu(t)$	میانگین در لحظه t ام
ξ	پارامتر چارک حد آستانه

فصل ۴

P_p	انرژی مصرفی به ازای اجرای یک دستور (پردازش)
P_T	انرژی مصرفی به ازای ارسال یک بیت
P_c	انرژی مصرفی در ارتباطات
$P_{T/R}$	انرژی مصرفی شده توسط فرستنده/گیرنده
P_{T_NET}	انرژی مصرفی کل شبکه
P_t	انرژی مصرفی کل گره

$Y(L)$	تابع تعداد دستورات R-OPAST
$Y_{p-online}$	تابع تعداد دستورات شبکه عصبی MLP در قسمت بر خط
$Y_{p-offline}$	تابع تعداد دستورات شبکه عصبی MLP در قسمت غیر بر خط
J	تابع هزینه
N_F	تعداد نمونه های معیوب در قسمت آزمایش
N	تعداد نمونه های نرمال در قسمت آزمایش
$d(n)$	خروجی مطلوب شبکه عصبی MLP در زمان n
$S_i[t]$	سیگنال حس شده گره i در زمان t
$X_i[t]$	سیگنال نمونه برداری شده گره i در زمان t
$N_i[t]$	سیگنال نویز در زمان t
ϵ_2	معینی
ϵ_1	نرخ تشخیص

فصل ۱ - مقدمه

۱-۱ - مقدمه ای بر شبکه های حسگر بی سیم

دستاوردهای اخیر در فناوری سیستم های میکرو الکترومکانیکی^۱، ارتباطات بی سیم و الکترونیک دیجیتال، پیشرفت گره های حسگری کم هزینه، کم انرژی و چند کاره را که در اندازه و ارتباط بسیار کوچک هستند، میسر ساخته است. این گره های حسگری بسیار کوچک که شامل مولفه های حس کردن، پردازش داده و ارتباطات هستند، عملی کردن ایده شبکه های حسگری بر اساس همکاری تعداد زیادی از گره ها را آسان می کند. یک شبکه حسگر از تعداد زیادی از گره های حسگری که به صورت متراکم درون یک پدیده یا خیلی نزدیک به آن به کار گرفته می شود، تشکیل شده است [۱].

امروزه برای بسیاری از پارامترهای فیزیکی، فناوری مناسب حسگری وجود دارد که می تواند در یک گره از شبکه حسگر بی سیم استفاده شود. تعدادی از معروفترین آن ها عبارتند از دما، رطوبت، نور و مادون قرمز، صوتی، لرزه ای، مکان یاب، فشار، حسگرهای شیمیایی، تنش مکانیکی، پیچش مکانیکی، حسگرهای مغناطیسی و حتی رادار [۲،۳]. شبکه های حسگر بی سیم از آن جهت که دارای قابلیت پشتیبانی کردن از بسیاری از کاربرد های دنیای واقعی هستند، بسیار قدرتمندند. این قابلیت انعطاف بالا باعث تبدیل شدن آن ها به یک مسئله مهندسی و تحقیقاتی چالش برانگیز شده است [۲].

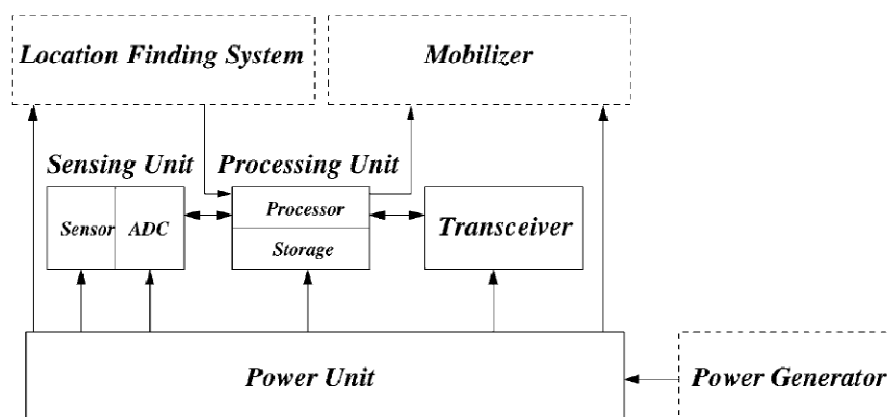
به طور کلی به کارگیری شبکه های حسگر بی سیم^۲ به دو صورت میسر است: با ساختار و بدون ساختار. شبکه های حسگر بی سیم بدون ساختار حاوی مجموعه زیادی از گره های حسگری هستند که به صورت تصادفی در منطقه تحت مشاهده پخش می شوند و پس از آن شبکه بدون نظارت جهت دنبال کردن و گزارش یک پدیده مورد استفاده قرار می گیرد. در شبکه های حسگر بی سیم با ساختار، همه و یا تعدادی از گره های حسگری به صورت از قبل تعیین شده به کار گرفته می شوند. در به کارگیری بدون ساختار از آنجایی که تعداد گره ها بسیار زیاد است و محیط در دسترس انسان نیست، نگهداری شبکه بسیار مشکل است. اما از آن جهت که منطقه وسیع تری را می توان بدون قرار دادن ناظر تحت مشاهده قرار داد، ترجیح داده می شوند [۴].

همانطور که در شکل (۱-۱) مشخص شده است، یک گره حسگر از چهار مولفه اصلی تشکیل شده است: یک واحد حس کردن، یک واحد پردازش، یک واحد ارسال/دریافت و یک واحد توان. البته ممکن

^۱ Micro Electro Mechanical Systems(MEMS)

^۲ Wireless Sensor Networks(WSN)

است با توجه به کاربرد، مولفه های دیگری نیز مانند یک سیستم مکان یاب، یک مولد توان و یک متحرک ساز اضافه شوند. واحد های حس کردن معمولا از دو زیر واحد حسگر ها و مبدل آنالوگ به دیجیتال^۳ تشکیل شده اند. سیگنال های آنالوگ تولید شده توسط حسگر ها بر اساس پدیده مشاهده شده، توسط مبدل آنالوگ به دیجیتال به سیگنال های دیجیتال تبدیل می شوند و سپس به واحد پردازش فرستاده می شوند. واحد پردازش که دارای یک حافظه جهت نگهداری وضعیت گره (شامل اطلاعات حس شده، اطلاعات یا درخواست های رسیده از سایر گره ها، اطلاعات و برنامه های کامپایل شده سیستم عامل مانند TinyOS و غیره) می باشد، رویه هایی که سبب ایجاد همکاری گره حسگر با سایر گره ها می شود را مدیریت می کند. واحد ارسال/دریافت گره را به شبکه متصل می سازد [۱].



شکل ۱-۱: معماری یک گره حسگر و مولفه های آن [۱].

شکل (۱-۲) نمای کلی از یک شبکه حسگری را نشان می دهد که در آن اطلاعات حس شده از طریق گره ها به ایستگاه مرکزی^۴ و یا چاهک^۵ منتقل می شوند. گره های منبع^۶، اطلاعات حس شده از پدیده تحت مشاهده را در قالب بسته هایی در رسانه^۷ پخش می کنند. بسته ها توسط سایر گره ها (گره های میانی) که در محدوده رادیویی گره فرستنده هستند، دریافت می شوند. سپس گره های میانی بسته های دریافتی را به همراه بسته های خود مجددا در رسانه پخش می کنند و این عمل ارسال / دریافت به صورت چند گامه^۸ آنقدر در شبکه تکرار می شود تا جریان بسته ها به گره چاهک که دریافت کننده اطلاعات کل شبکه است برسد. به این ترتیب گره چاهک می تواند یک دید وسیع از پدیده تحت نظارت

^۳ Analog/Digital Converter(ADC)

^۴ Base Station (BS)

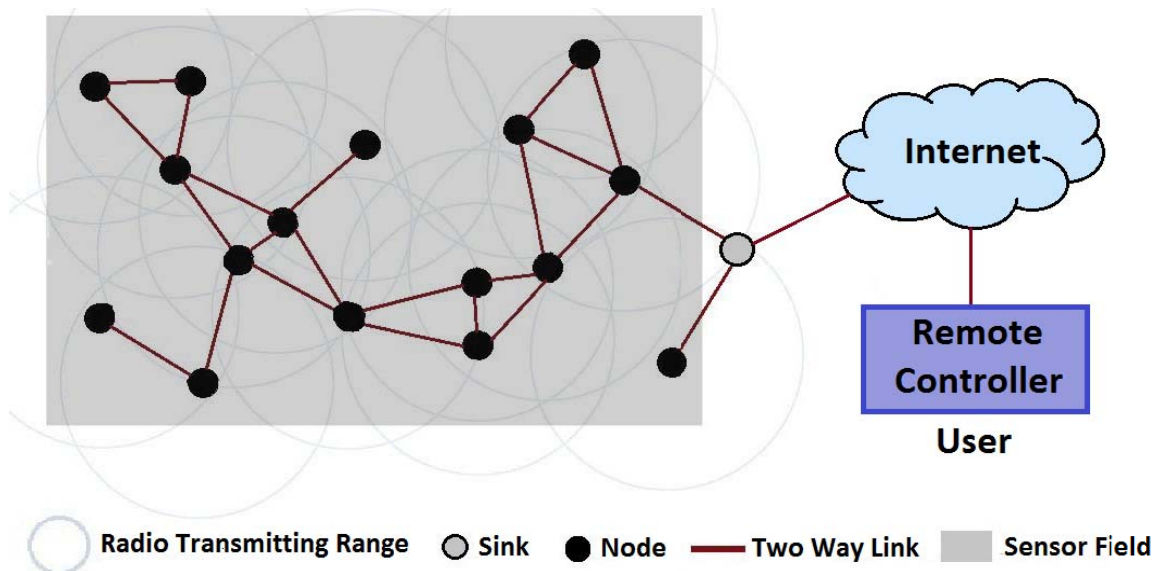
^۵ Sink

^۶ Source

^۷ Media

^۸ Multi Hop

خود داشته باشد. همچنین اطلاعات دریافت شده توسط چاهک می تواند توسط یک شبکه بزرگتر (مثلا اینترنت) به کاربر نهایی منتقل شود و این سبب بالا بردن دید کاربر از منطقه تحت پوشش شبکه حسگری و پدیده تحت مشاهده می شود [۵].



شکل ۱-۲: نمای کلی از یک شبکه حسگر بی سیم [۵].

کاربرد های شبکه های حسگر بی سیم را می توان به طور خلاصه به موارد زیر دسته بندی کرد [۲]:

- عملیات امداد و نجات وقایع طبیعی و حوادث (فعالیت آتش فشان، آتش سوزی جنگل، ساختمان و غیره، تهیه نقشه دمایی از محیط، کنترل حوادث در کارخانجات شیمیایی، زلزله، سیل و غیره)
- مطالعه زندگی و محیط پیرامون (مطالعه زندگی پرندگان و حیوانات، تغییرات آب و هوایی و غیره)
- ساختمان ها و پل های هوشمند (کاهش مصرف انرژی در ساختمان، کنترل فضا، دما، جریان هوا و غیره، محاسبه تنش مکانیکی بر روی ساختمان و یا پل بعد از زلزله و یا افزایش بار)
- کنترل هوشمندانه ماشین آلات (کنترل فشار باد چرخ ها و عملیات پیش گیری، کنترل اتصالات خطوط اتصال برق فشار قوی برای جلوگیری از خوردگی، کنترل ربات های تیمی مانند ربات های امدادگر، فوتبالیست و غیره)
- کشاورزی دقیق (آبیاری، کود، سم پاشی به موقع جهت بدست آوردن محصول با بیشینه کیفیت)
- مراقبت پزشکی (کنترل وضعیت بیماران به صورت دوره ای، دنبال کردن پزشکان، مدیریت دارو در بیمارستان و غیره)