

# Jurnal Ilmiah

## ENERGI & KELISTRIKAN



SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN

INTERFERENSI JARINGAN SENSOR NIKABEL DENGAN JARINGAN WIFI  
*Hendrianto Husada*

PENGARUH POLA OPERASI LOAD LIMIT DAN FREE GOVERNOR TERHADAP KINERJA TURBIN GAS PLTGU MUARAKARANG  
*Erlina; Oki Aditya*

PERANCANGAN DAN SIMULASI SISTEM OFFGRID PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) UNTUK TOWER BTS 1500 WATT.  
*Kukuh Aris Santoso*

PROSES LISTRIK DALAM TUBUH MANUSIA  
*Iswara Pujatomo*

OPTIMASI PRODUKSI ENERGI SURYA DARI DESAIN PEMBANGKIT TENAGA SURYA DI ATAP STT-PLN  
*Retno Aita Diantari*

MENGATASI RUGI-RUGI EKSTERNAL DALAM PERENCANAAN TRANSMISI KABEL BAWAH LAUT  
*Tri Joko Pramono*

ANALISA DCS (DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM) PADA PROSES POLIMERISASI  
*Syarif Hidayat; Irsyadi Akbar Jay*

GANGGUAN PADA GARDU DISTRIBUSI TIPE PORTAL  
*Novi Gusti Pahiyanti; Nurmiati Pasra*

RANCANGAN SISTEM KEAMANAN LOKER PADA ALAT PENGISI BATERAI GADGET UNTUK FASILITAS UMUM: E-LOCKER  
*Tasdik Darmana; Jumiaty; Titi Ratnasari*

KAJIAN KELAYAKAN RELE DIFERENSIAL TRANSFORMATOR MICOM P645 MENGGUNAKAN RTDS  
*Christine Widyastuti*

KINERJA RELAY JARAK DI TRANSMISI BERDASARKAN PENGARUH STATCOM  
*Sigit Sukmajati*



# INTERFERENSI JARINGAN SENSOR NIKABEL DENGAN JARINGAN WIFI

Hendrianto Husada

[Hendrianto\\_h@yahoo.com](mailto:Hendrianto_h@yahoo.com)

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN

## ABSTRACT

*Interference is unavoidable in an environment where multiple wireless communication systems co-exist and work on a similar frequency band. Since a number of wireless technologies such as 6LowPAN, ZigBee, Bluetooth, and WiFi are all using the 2.4 GHz free-licence frequency band, the possibility of interference between them has to be addressed in any design and implementation of a WSN. This article initially identifies the causes of interference in WSNs and then introduces strategies for detecting and mitigating the interference, including maintaining physical and frequency separations between the victim systems and interferer and employing effective routing protocols.*

## ABSTRAK

*Interferensi adalah suatu kondisi yang tidak mampu dihindari dimana banyak sistem komunikasi nirkabel koeksistensi dan bekerja pada pita frekuensi yang sama. Karena sejumlah teknologi nirkabel seperti 6lowpan, Zigbee, Bluetooth, dan WiFi semuanya menggunakan pita frekuensi bebas lisensi 2.4 GHz, maka kemungkinan terjadi interferensi diantara mereka diarahkan pada disain dan implementasi jaringan sensor nirkabel. Artikel ini awalnya mengidentifikasi penyebab-penyebab interferensi dalam jaringan sensor nirkabel dan kemudian memperkenalkan strategi-strategi untuk pendeteksian dan pengurangan interferensi termasuk memelihara pemisahan secara fisik dan frekuensi antara korban dan pembangkit interferensi serta penerapan protocol ruting yang efektif.*

**Kata kunci:** *interference, energy detection, interference mitigation, IEEE 802.15.4, IEEE 802.11b, WiFi*

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan yang sangat cepat dalam teknologi nirkabel telah membawa perubahan berarti untuk banyak aplikasi dengan penghapusan batasan yang disebabkan oleh kabel. Sayangnya interferensi nirkabel secara serius membatasi perkembangan piranti nirkabel. Karena media komunikasi udara terbuka atau bebas untuk para pengguna nirkabel yang potensial dan sebagai akibatnya sistem demikian tidak seperti kabel tidak mempunyai proteksi terhadap interferensi. Ada beberapa piranti yang bekerja pada pita frekuensi ISM 2.4 GHz meliputi Wi Fi, Bluetooth, Zigbee, Microwave Oven, telpon nirkabel dan lain-lain. Karena teknologi ini dikembangkan untuk pemakai elektronik, maka pemakai mempunyai dua atau lebih piranti tersebut serta digunakan bersamaan adalah merupakan hal yang biasa. Akibatnya unjuk kerjanya mungkin terpengaruh, jika banyak piranti nirkabel beroperasi pada daerah frekuensi yang sama. Sebagai standar untuk kecepatan data rendah, solusi nirkabel biaya rendah, spesifikasi IEEE 802.15.4 secara luas diterapkan dalam konstruksi jaringan daerah pribadi nirkabel seperti jaringan sensor nirkabel. Standar IEEE 802.15.4 memberikan fitur-fitur yang perlu untuk konstruksi konektivitas nirkabel murah pengaktifan fungsi pemantauan dan pengaturan dalam daerah perumahan, perdagangan dan aplikasi industri. Karena jaringan sensor nirkabel itu mobile dan tersebar dimana-mana, terdapat banyak skenario

bahwa sistem nirkabel yang berbeda beroperasi pada lokasi dan waktu yang sama. Kemungkinan link nirkabel ditetapkan antara jaringan sensor nirkabel IEEE 802.15.1 mengalami interferensi akan naik secara lumayan. Karakteristik jaringan sensor nirkabel 802.15.4 meliputi daya transmisi rendah (1mW) dan lebar pita sempit relatif (2 MHz untuk tiap kanal), membuat penerimanya menjadi subyek interferensi oleh sistem nirkabel yang kuat lainnya. Dalam banyak situasi praktek dan scenario, jaringan sensor nirkabel IEEE 802.15.4 dan jaringan wi fi IEEE 802.11b secara bersamaan beroperasi pada daerah yang sama. Perkembangan baru dalam analisis teoritis dan pengujian primer sistem nirkabel mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan interferensi dengan operasi jaringan sensor nirkabel. Strategi-strategi pengurangan interferensi yang umum digunakan meliputi menjaga pemisahan fisik dan frekuensi antara sistem yang menjadi korban dan pengganggu interferensi, penerapan protocol routing secara efektif, dan kemungkinan perpindahan frekuensi dengan cepat dan mudah secara dinamis.

## 2. KAJIAN LITERATUR : INTERFERENSI JARINGAN SENSOR NIRKABEL

**Koeksistensi jaringan nirkabel dan interferensi dalam jaringan sensor nirkabel.**

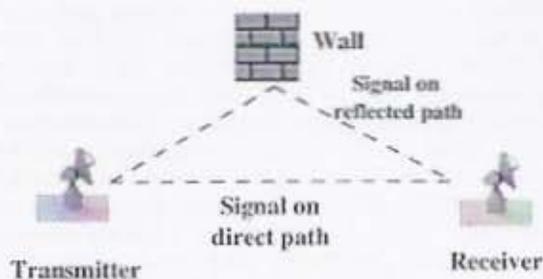
Koeksistensi didefinisikan sebagai "Kemampuan suatu sistem untuk melakukan suatu

pekerjaan dalam lingkungan bersama yang diberikan dimana sistem lain mungkin atau tidak menggunakan aturan yang sama." Contohnya, jika suatu ZigBee yang berbasis sistem otomasi rumah disebar dalam lingkungan suatu rumah, isu penyebaran yang utama akan menjamin koeksistensi sistem ZigBee dengan sistem wifi rumah. Untuk jaringan sensor nirkabel yang disebar untuk deteksi kebakaran hutan, lingkungan atau pemantauan lalu lintas dan sebagainya, Koeksistensi jaringan sensor nirkabel dan sistem nirkabel lain akan menjamin kepuasan unjuk kerja jaringan sensor nirkabel.

Interferensi dalam konsep komunikasi jaringan nirkabel biasanya menunjuk salah satu diantara dua definisi berikut ini :

- (1) Banyak (lebih dari dua) transmisi paket secara bersamaan menyebabkan paket-paket bertabrakan pada penerima
- (2) Faktor-faktor fisik dalam kanal perambatan radio

Jika banyak sinyal-sinyal nirkabel secara bersamaan datang ke penerima, penerima tidak dapat memisahkan suatu informasi berguna karena sinyal yang diinginkan dan sinyal interferensi saling overlap satu sama lain. Faktor fisik dalam kanal perambatan gelombang adalah merupakan tantangan lain terhadap operasi sistem komunikasi nirkabel. Berbagai batasan fisik seperti perambatan multi jalur seharusnya diperhitungkan dalam pertimbangan ketika sistem radio sedang didisain. Perambatan multi jalur maksudnya adalah bahwa suatu sinyal yang ditransmisikan dapat mencapai penerima melalui beberapa jalur berbeda (pantulan dari rumah, jendela atau dinding). Gambar 2.1 menunjukkan contoh perambatan banyak jalur. Dalam gambar tersebut "sinyal pada jalur langsung" terletak antara pengirim dan penerima adalah jalur sinyal nirkabel juga disebut sebagai "hubungan *Line of Sight (LOS)*".



Gambar 2.1

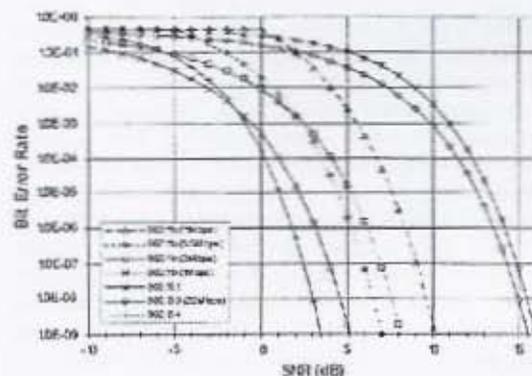
Jika halangan (e.g dinding pada 2.1) ada dalam jangkauan pengirim, sinyal radio dapat dipantulkan dan mencapai penerima melalui suatu "reflected path". Karena suatu penerima sederhana tidak dapat membedakan sinyal-sinyal multipath, ia hanya menambahkan mereka. Akibatnya "sinyal pada jalur langsung" dan "sinyal pada jalur yang dipantulkan" saling interferensi satu dengan lainnya.

## Pengukuran Unjuk Kerja

Dalam IEEE 802.15.4 Jaringan Sensor Nirkabel pengukuran unjuk kerja yang digunakan untuk evaluasi komunikasi nirkabel dapat dipisahkan dalam dua bagian: *Layer Physical (PHY)* dan *Layer Media Access Control (MAC)*. Pengukuran ini secara normal digunakan untuk mengukur tingkat interferensi.

### • Sistem Pengukuran Unjuk Kerja *Layer Physical*

Pengukuran yang umum dalam lapis *physical* suatu sistem nirkabel adalah perbandingan sinyal dengan gangguan/signal to noise ratio (SNR), yang menyatakan perbandingan daya sinyal rata-rata dengan daya gangguan rata-rata dalam decibel (dB). Suatu sistem radio harus mengirimkan suatu sinyal hasil modulasi pada frekuensi tertentu. Suatu penerimaan yang berhasil pada sisi penerima hanya dapat dicapai jika penerima tetap berada pada frekuensi yang sama.. jika SNR kurang dari threshold yang didefinisikan, artinya tingkat gangguan lebih besar dari sinyal inti, penerima akan gagal untuk mendapatkan sinyal yang diinginkan. Pengukuran penting yang lain adalah *Bit Error Rate (BER)* yang mengungkapkan jumlah bit-bit yang diterima secara tidak benar pada sisi penerima lawan jumlah total bit-bit yang ditransfer selama transmisi. Karena penggunaan skema modulasi yang berbeda, maka kebutuhan SNR dan BER untuk pencapaian tingkat yang dapat diterima unjuk kerjanya adalah berbeda dalam sistem nirkabel tertentu. Gambar 2.2 menunjukkan hasil simulasi BER pada berbagai SNR untuk berbagai macam standar nirkabel. Pada Gambar 2.2 banyak teknik nirkabel disimulasikan dengan berbagai tingkat SNR.



Gambar 2.2

Suatu kecenderungan umum adalah suatu nilai BER yang rendah dapat didapatkan ketika SNR naik. Contohnya, jika sistem IEEE 802.15.4 diharapkan mencapai suatu BER 1.0E-09 maka SNR yang diharapkan seharusnya lebih besar dari 3 dB. Dengan kata lain ketika gangguan naik ke suatu tingkat yang tinggi, maka jumlah bit yang dikoreksi secara benar akan turun secara sesuai. Ini biasanya terjadi ketika suatu sinyal IEEE 802.15.4 mengalami interferensi oleh suatu sinyal IEEE 802.11b (wi fi) yang kuat.

- Sistem Pengukuran Unjuk Kerja *Layer Media Access Control (MAC)*

Walaupun penting untuk pengembang untuk memahami unjuk kerja komunikasi nirkabel dalam pengukuran lapis *PHY* seperti *SNR* dan *BER*, ketika sistem mengalami interferensi, pengukuran jenis ini sukar didapatkan tanpa piranti yang khusus. Pengujian yang lebih eksplicit digunakan untuk evaluasi. Contohnya *Packet Error Rate (PER)* digunakan untuk menggambarkan bagaimana tanggunya suatu sistem nirkabel dalam lingkungan tertentu. Pengukuran jenis ini dapat diimplementasikan pada lapis *MAC*. Lapis *MAC* terdiri atas aturan yang mengatur mekanisme akses dan sharing kanal. Ia juga bertanggung jawab untuk perakitan dan pembongkaran paket data yang melewati melalui lapis *PHY*. Untuk menganalisis efek interferensi pada jaringan sensor nirkabel pada tingkat sistem, pengukuran *PER* harus meliputi tunda transmisi dan *throughput*. *Packet Error Rate* adalah jumlah persentase paket yang hilang dinyatakan sebagai perbandingan antara paket-paket, yang gagal diterima oleh penerima lawan semua paket dibangkitkan oleh node sumber. Salah satu konsekuensi yang disebabkan oleh interferensi dalam jaringan sensor nirkabel akan menyebabkan kenaikan dalam kecepatan kesalahan paket (*PER*). Ia juga merupakan pengukuran penting yang dapat disempurnakan dengan disain anti interferensi. *Throughput* adalah jumlah data yang ditransfer dari suatu stasiun ke stasiun lain selama periode waktu yang ditetapkan. Terjadinya interferensi dalam jaringan sensor nirkabel akan menyebabkan kenaikan dalam waktu tunda transmisi dan pengurangan *throughput*, yang bisa diperbaiki oleh disain anti interferensi secara efektif pada tingkat sistem.

#### Mekanisme koeksistensi IEEE 802.15.4

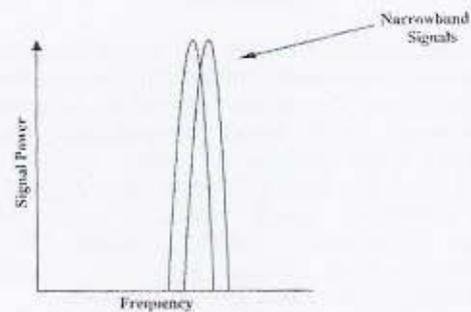
Dalam disain standar IEEE 802.15.4, kelompok kerja (*Task Group*) 802.15.4 bekerja sama dengan koeksistensi task group seperti 802.15.2 *TM* untuk menjamin kemampuan standar koeksistensi dengan piranti nirkabel lain. Sebagai hasil standar IEEE 802.15.4 memberikan dukungan untuk koeksistensi pada kedua lapisan *PHY* dan lapisan *MAC*. Pada lapisan *PHY* diadopsi *Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)*. *Frequency Division Multiple Access (FDMA)* dan *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA-CA)* diadopsi pada lapisan *MAC*.

- *Direct Sequence Spread Spectrum*

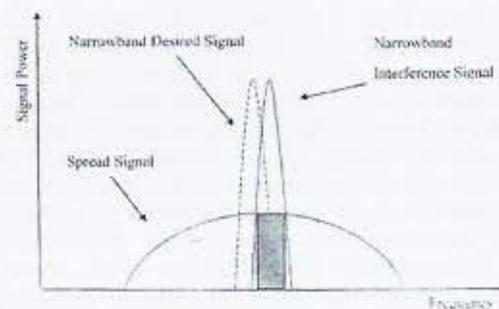
Pita lisensi bebas *industrial scientific and medical (ISM)* adalah sangat penting dalam perkembangan pasar untuk teknologi *embedded* nirkabel. Suatu daftar pemakai yang mungkin meliputi : jaringan IEEE 802.11b, jaringan IEEE 802.11g, jaringan IEEE 802.11n, Bluetooth Pico-net, jaringan IEEE 802.15.4, telepon nirkabel, kamera pemantau rumah, microwave oven dan jaringan WiMax. Menurutny salah satu dari sistem tersebut mempunyai kemungkinan melakukan interferensi

dengan sistem lainnya. Standar IEEE 802.15.4 mengadopsi teknologi *direct sequence spread spectrum (DSSS)* untuk menaikkan kesempatan koeksistensi banyak pemakai pita ISM. Teknik modulasi *spread spectrum* didisain untuk mempromosikan kemampuan koeksistensi sistem radio dan kekuatan dalam kondisi adanya interferensi. Ide spectrum tersebar adalah untuk menyebarkan transmisi melalui lebar pita yang besar. Pendekatan spektrum tersebar pada awalnya muncul dalam aplikasi militer. Ia digunakan karena sejumlah sifat-sifat yang menarik, seperti unjuk kerja anti *jamming*, probabilitas *interception* yang rendah dan komunikasi akses jamak. Dalam kondisi umum walaupun frekuensi pusat dari sinyal pita pendek (sinyal-sinyal yang melakukan *encode* dan mengirim informasi dengan penggunaan lebar pita kecil) yang tidak sama, ada kemungkinan terdapat tumbukan sinyal dan kehilangan paket data. Alokasi frekuensi dibatasi dan dikontrol oleh pengatur seperti *US Federal Communication Commission*. Tetapi tidak ada keperluan kebutuhan dalam pita ISM. Oleh karena itu interferensi nirkabel dapat terjadi pada suatu sistem nirkabel yang beroperasi dengan sinyal-sinyal pita pendek.

Gambar 2.3 dibawah ini menunjukkan tumbukan antara dua sinyal-sinyal pita pendek. Pada gambar tersebut dua sinyal pita pendek bertumbukan satu dengan lainnya.



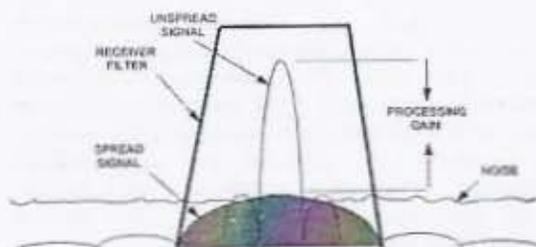
Gambar 2.3



Gambar 2.4

Karena badan utama dari dua sinyal ini overlap, informasi yang dibawa oleh bagian yang overlap dapat terganggu karena interferensi. Untuk mencegah interferensi yang tidak dapat dikontrol antara sinyal-sinyal pita pendek, daerah efektif bagian yang overlap harus dibatasi. Metoda spektrum tersebar didisain untuk menyelesaikan masalah ini. Gambar 2.4 menunjukkan prinsip

spektrum tersebar. Dalam gambar tersebut kedua sinyal pita kecil ditandai untuk sinyal interferensi *narrowband* dengan garis tebal dan sinyal *narrowband* yang diinginkan dengan garis titik. Maksud pendekatan spektrum tersebar adalah menggunakan lebar pita lebih besar untuk membawa informasi bit yang awalnya dibawa oleh sinyal *narrowband* yang diinginkan. Setelah tersebar, hanya sebagian kecil sinyal *narrowband* awal diinginkan dipengaruhi sinyal interferensi *narrowband* (ditunjukkan dengan sebagian warna abu-abu pada gambar tersebut). Ketika sinyal yang tersebar mencapai penerima, sistem akan memisahkan sinyal yang berisi informasi dari spektrum tersebar. Pada Gambar 2.5 sinyal spektrum tersebar dikembalikan ke bentuk sinyal tidak tersebar setelah melalui penyaring penerima, yang fungsi utamanya adalah membuat penerima hanya sensitif terhadap sinyal pada frekuensi dirinci.



Gambar 2.5

Walaupun beberapa bagian dari sinyal interferensi *narrowband* juga melalui penyaring penerima, tetapi mungkin sinyal *narrowband* diinginkan didapatkan secara benar, karena hanya sebagian kecil sinyal tersebar yang dipengaruhi oleh interferensi. Secara teori, jika lebar pita lebih besar digunakan untuk membawa sinyal tersebar, maka lebih banyak interferensi dapat diterima. Suatu pengukuran yang umum digunakan dalam spektrum tersebar adalah *gain* pemrosesan.

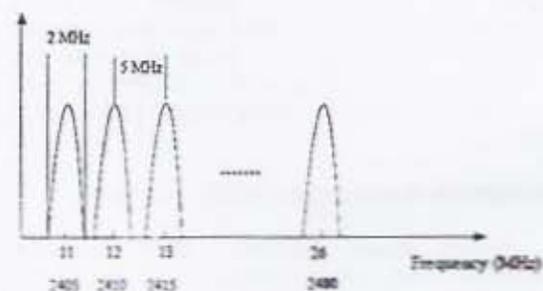
$$G = 10 \log_{10} (r_c / r_b) \quad (2.1)$$

Dimana  $r_b$  dan  $r_c$  menyatakan *bit rate* dan *chip rate* masing-masing. Dalam suatu sistem DSSS setiap bit sebelum transmisi dipecah menjadi suatu model bit disebut chip. Chip dibangkitkan dengan melakukan operasi XOR pada setiap bit dengan kode *pseudo random*. Output operasi XOR yaitu bit chip kemudian dimodulasi dan dikirimkan. Penerima menggunakan kode *pseudo random* yang sama untuk menerjemahkan data aslinya. Keuntungan gain pemrosesan adalah bahwa kode *pseudo random* menyebarkan sinyal *narrowband* diinginkan yang dikirimkan dan membuatnya sedikit dipengaruhi terhadap sinyal interferensi *narrowband* dalam lebar pita yang digunakan. Gain pemrosesan dapat dipikirkan sebagai perbandingan sinyal dengan interferensi pada penerima setelah operasi *despreading* (Gambar 2.5). Contohnya suatu sistem nirkabel membutuhkan  $E_b/N_0$  10 dB (versi normal dari SNR, dimana  $E_b$  menyatakan energi per bit,  $N_0$  menyatakan daya gangguan *spectral density*) untuk mencapai suatu kepuasan

unjuk kerja dengan BER yang dapat diterima. Jika gain pemrosesan sistem adalah 4 dB, sistem dapat menjaga unjuk kerja yang dibutuhkan ketika sinyal diinginkan mempunyai 6 dB (10 - 4 dB) diatas interferensi. Dalam IEEE 802.15.4 sistem bekerja pada pita 2.4 GHz, chip rate 2000 kchip/s dan bit rate 250 kb/s. Oleh karena itu gain pemrosesan untuk piranti IEEE 802.15.4 adalah 9 dB sesuai dengan persamaan (2.1). Penggunaan DSSS dalam sistem IEEE 802.15.4 menambahkan kemampuan koeksistensi secara efektif dengan sistem komunikasi nirkabel *narrowband* (*Bluetooth*) yang lebar pitaanya kurang dari lebar pita sinyal-sinyal IEEE 802.15.4. Walaupun disain sistem radio membantu piranti IEEE 802.15.4 memperbaiki kemampuan toleransi interferensi terhadap suatu perluasan tertentu (ketika daya interferensi kurang dari daya sunyi diinginkan), suatu hal yang tidak mungkin untuk mengatasi semua interferensi khususnya ketika sinyal interferensi dayanya jauh diatas dari daya sinyal diinginkan.

- *Frequency Division Multiple Access*

Penggunaan *frequency division multiple access* (FDMA) dalam sistem IEEE 802.15.4 membagi pita ISM 2.4 GHz menjadi 16 kanal non overlap dan digambarkan pada gambar 2.6. Pada gambar tersebut total 16 kanal didefinisikan dalam pita 2.4 GHz, diawali dengan 2405 MHz dan diakhiri pada 2480 MHz. Setiap kanal IEEE802.15.4 lebarnya 2 MHz dan kanal-kanal terpisah 5 MHz.



Gambar 2.6

Pengaturan kanal-kanal non overlap memungkinkan banyak pemakai IEEE 802.15.4 untuk beroperasi secara terpisah pada frekuensi-frekuensi yang berbeda tanpa kawatir masalah overlap antara satu dengan lainnya. Menurutnya, jika frekuensi radio interferensi dekat dengan kanal komunikasi IEEE 802.15.4 yang sedang digunakan sistem IEEE 802.15.4 dapat dipindahkan ke kanal lain yang frekuensi sentralnya jauh dari energi interferensi. Beberapa sistem nirkabel lainnya menerapkan mekanisme yang sama menggunakan frekuensi radio. Contohnya teknik IEEE 802.11b/g memanfaatkan mekanisme FDMA yang sama untuk mendefinisikan 14 kanal komunikasi dalam pita 2.4GHz. *Bluetooth* (IEEE 801.15.1) membagi pita *scientific* (S-Band) menjadi 79 kanal masing-masing 1 MHz dan memanfaatkan *Frequency Hopping* (FH) untuk mencapai komunikasi nirkabel. Sistem ini secara konstan berpindah-pindah diantara kanal-kanal yang didefinisikan.

Urutan kanal-kanal atau urutan hop yang digunakan pengirim sudah didefinisikan dan sebelumnya sudah dikomunikasikan ke penerima. Waktu yang dihabiskan oleh pengirim dalam setiap kanal kurang dari 400 ms dan daya maksimum pengirim tidak melebihi 1 W. Sebagai konsekuensi FH, piranti *Bluetooth* dapat dengan mudah menghindari efek interferensi dengan secara teratur melakukan *switching* kanal-kanalnya.

- *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA-CA)*

Karena piranti-piranti IEEE 802.15.4 mungkin mengalami koeksistensi dengan sistem nirkabel lainnya, protokol MAC IEEE 802.15.4 mengadopsi penggunaan *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA-CA)* untuk menghadapi situasi ketika interferensi yang tidak diprediksi, atau tumbukan sinyal yang terjadi sementara piranti-piranti IEEE 802.15.4 dalam komunikasi. Teknik CSMA-CA telah digunakan secara luas untuk komunikasi jaringan lain seperti Ethernet dan Wi-Fi. Ia menerapkan strategi sederhana "*listen before you talk*". Sebelum mulai transmisi nirkabel suatu piranti mendengarkan pada kanal dan melakukan implementasi *assessment* kanal. Jika kanal *idle*, transmisi akan dijalankan. Jika kanal sibuk, piranti menunggu untuk interval yang acak sebelum melakukan asses kanal kembali.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

1. Melakukan analisis pada literatur-literatur yang berkaitan dengan interferensi jaringan sensor nirkabel dengan jaringan wi fi
2. Ruang lingkup : Interferensi Jaringan Sensor Nirkabel
3. Bahan dan alat Utama: Buku teks, artikel dari majalah, jurnal-jurnal asing dan komputer
4. Tempat: Perpustakaan STT PLN
5. Teknik pengumpulan data: Metoda dokumentasi
6. Teknik Analisis : Menyajikan data setiap variabel yang diteliti

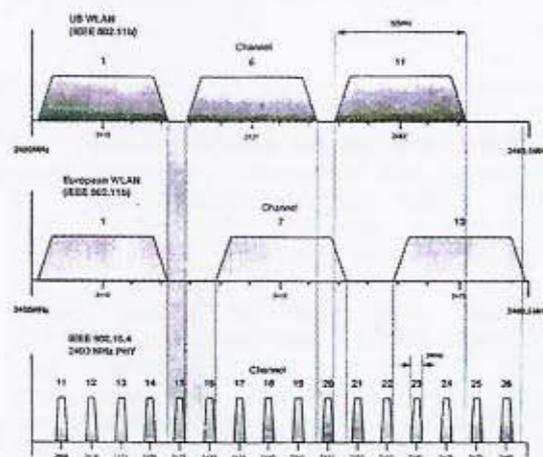
### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN: PENGURANGAN INTERFERENSI ANTARA JARINGAN SENSOR NIRKABEL DENGAN JARINGAN WI FI

Menurut studi yang ada bahwa Interferensi hanya terjadi jika dua kondisi dipenuhi yaitu: frekuensi radio offset kecil atau nol, dan energi yang kuat berinterferensi. Frekuensi *offset* adalah perbedaan antara frekuensi sentral dari dua kanal komunikasi yang berhubungan.

#### *Frequency Offset*

Kedua piranti IEEE 802.15.4 dan IEEE 802.11b bekerja dalam kanal komunikasi yang sudah ditetapkan. Karena jangkauan pita ISM 2.4 GHz terbatas, ada kemungkinan kedua sistem nirkabel tersebut bekerja pada frekuensi saling

berdekatan. Transmisi daya radio biasanya berada sekitar frekuensi sentral dari kanal yang dipilih, oleh karenanya dapat dengan mudah menyebabkan interferensi jika *frequency offset* kecil. Gambar 4.1 dan table 4.1 dibawah ini menunjukkan alokasi kanal untuk kedua IEEE 802.15.4 dan IEEE 802.11b dalam pita ISM 2.4 GHz. IEEE 802.11b mempunyai 14 kanal yang jangkauan frekuensi sentralnya dari 2412 MHz hingga 2473 MHz.



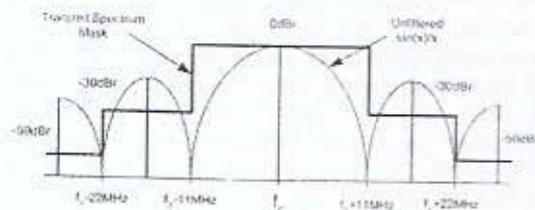
Gambar 4.1

Setiap kanal lebarnya 22 MHz dan mempunyai 5 MHz terpisah dari kanal disebelahnya. Karena lebar pita besar, banyak kanal komunikasi IEEE 802.11b overlap satu dengan lainnya. Oleh karena itu untuk menjamin banyak jaringan IEEE 802.11b dapat bekerja bersamaan dalam daerah yang sama, spasi frekuensi diantara kanal komunikasi IEEE 802.11b harus paling sedikit 30 MHz. Oleh karena itu standar IEEE 802.11b memberikan rekomendasi bahwa jika banyak jaringan IEEE 802.11b dibutuhkan bekerja didaerah yang dekat, tiga kanal yang tidak overlap dapat digunakan. *Setting* dari tiga kanal tersebut tidak sama dalam daerah geografi yang berbeda: kanal 1,6,11 direkomendasikan di China dan Amerika Utara sementara kanal 1,7,13 dipilih di Eropa seperti dilihat pada gambar dibawah. Disamping itu IEEE 802.15.4 mempunyai total 16 kanal dalam pita 2.4 GHz. Setiap kanal terpisah 5 MHz dan mempunyai jangkauan frekuensi 2 MHz. Nomor kanal mulai dari 11 seperti lapis PHY IEEE 802.11b menawarkan satu kanal dalam 868 MHz, dan 10 dalam pita 915 MHz. Jangkauan frekuensi tiap kanal IEEE 802.11b overlap dengan jangkauan frekuensi 4 kanal-kanal IEEE 802.15.4 yang berbeda. Contohnya kanal 1 IEEE 802.11b mempunyai jangkauan frekuensi antara 2401 dan 2423 MHz yang meliputi jangkauan frekuensi IEEE 802.15.4 untuk kanal 11 hingga 14. Kanal 1 IEEE 802.11b dapat menyebabkan interferensi radio dengan kanal-kanal 11,12,13 dan 14 dari IEEE 802.15.4 ketika dioperasikan dekat sekali. Seperti dilihat pada gambar 4.1 dan table 4.1, semua kanal komunikasi IEEE 802.15.4 overlap dengan kanal komunikasi Wi Fi kecuali untuk beberapa kanal yang berwarna abu-abu.

Table 4.1 IEEE 802.15.4 channel allocation, and IEEE 802.11b channel allocation in the 2.4 GHz ISM band

IEEE 802.11b		IEEE 802.15.4	
Channel	Frequency (GHz)	Channel	Frequency (GHz)
1	2.401-2.423	11	2.405
2	2.406-2.428	12	2.410
3	2.411-2.433	13	2.415
4	2.416-2.438	14	2.420
5	2.421-2.443	15	2.425
6	2.426-2.448	16	2.430
7	2.431-2.453	17	2.435
8	2.436-2.458	18	2.440
9	2.441-2.463	19	2.445
10	2.446-2.468	20	2.450
11	2.451-2.473	21	2.455
12	2.456-2.478	22	2.460
13	2.461-2.483	23	2.465
14	2.466-2.488	24	2.470
15	2.471-2.493	25	2.475
16	2.476-2.498	26	2.480

Kanal-kanal tersebut memberikan suatu arti sederhana untuk koeksistensi. Contohnya kanal-kanal IEEE 802.15.4 15,20,25 dan 26 menggunakan jangkauan frekuensi diluar jangkauan frekuensi kanal-kanal 802.11b 1,6 dan 11. Oleh karena kanal-kanal tersebut dapat digunakan dalam lingkungan tertentu, dimana diharapkan adanya interferensi dari 802.11b. Tetapi terdapat banyak situasi yang membutuhkan lebih banyak kanal. Maka kanal IEEE 802.15.4 ini dapat mengalami interferensi. Walaupun kedua IEEE 802.11b dan IEEE 802.15.4 menggunakan teknik DSSS, keuntungan spektrum tersebar tidak mempunyai efek yang jelas jika frekuensi sentralnya sistem IEEE 802.11b dan sistem IEEE 802.15.4 dekat satu sama lain. Sebagai tambahan daya transmit maksimum piranti IEEE 802.11b dapat mencapai 20 dBm (ekivalen dengan 100 mW) yang jauh lebih tinggi dari piranti IEEE 802.15.4 (1 mW). Pada suatu waktu sinyal IEEE802.11b mempengaruhi penerima IEEE 802.15.4 daya output relative yang lebih tinggi akan menyumbangkan bagian gangguan dari SNR. Gambar 4.2 dibawah ini menggambarkan spektrum pelindung transmit suatu sinyal IEEE 802.11b. Pada gambar tersebut spektrum daya memfokuskan pada frekuensi sentral kanal komunikasi IEEE 802.11b yang dipilih.



Gambar 4.2

Penambahan pemisah frekuensi sentral menyebabkan daya pada sinyal IEEE 802.11b menurun. Dalam suatu simulasi yang dilaksanakan untuk mempelajari hubungan antara interferensi dan frekuensi offset. Hasilnya menyatakan bahwa sistem IEEE 802.15.4 dapat mencapai suatu unjuk kerja yang bisa diterima (PER kurang dari 1 %) ketika frekuensi offset antara frekuensi sentral kedua sistem ini lebih besar dari 7 MHz. Studi lain yang sama dilaksanakan oleh Petrova. Pengukuran dibuat untuk frekuensi offset yang berbeda antara

frekuensi sentral kanal komunikasi IEEE 802.15.4 dan kanal komunikasi IEEE802.11b. Kesimpulan berikut ini dinyatakan bahwa "Pengukuran kita menunjukkan bahwa terdapat minimal 7 MHz offset antara frekuensi yang beroperasi untuk suatu unjuk kerja yang memuaskan dari IEEE 802.15.4".

### Interferensi Energi dan Pemisahan fisik

Interferensi Energi adalah faktor utama yang menyebabkan kegagalan penerimaan dari penerima suatu node nirkabel. Seperti telah dikatakan sebelumnya interferensi energi yang kuat dapat dengan mudah membuat penerima tidak mampu mengenali sinyal yang diinginkan, kecuali jika kekuatan energi interferensi kurang dari tingkat yang dapat diterima. Jangkauan efektif interferensi dalam komunikasi nirkabel secara utama ditetapkan oleh jarak fisik antara transmitter pembangkit interferensi dan receiver korban. Dua parameter biasanya digunakan untuk menggambarkan unjuk kerja suatu sistem radio: daya output dan sensitivitas receiver.

- Daya output menunjukkan tingkat energy sinyal output yang dikirimkan dari output
- Sensitivitas penerima menyatakan tingkat energi minimal sinyal radio yang dapat dideteksi pada penerima

Suatu penerima dapat mengembalikan sinyal radio ke kondisi normal kalau tingkat energi sisa sinyal output ketika mencapai penerima lebih besar dari sensitivitas penerima. Setelah perambatan, tingkat energy sinyal output akan diredam dengan naiknya jarak sinyal yang ditempuh. Ketika transmitter pembangkit interferensi dan receiver korban dipisahkan oleh jarak tertentu, kekuatan sinyal interferensi saat mencapai receiver korban akan turun. Jika tingkat energi sisa dari sinyal interferensi kurang dari tingkat gangguan yang diperbolehkan, maka receiver korban akan mampu berfungsi normal. Pengurangan kekuatan sinyal ini dikelompokkan sebagai path loss. Path loss artinya perbandingan antara daya total yang dipancarkan dari suatu receiver dengan daya yang tersedia pada antenna receiver. Sesuai dengan kondisi lingkungan yang berbeda-beda, maka path loss dapat digambarkan oleh model yang berbeda-beda juga. Model dasarnya adalah ketika path loss diterapkan pada skenario yang mungkin paling sederhana yaitu : suatu transmitter dan receiver dalam udara bebas. Modelnya diberikan sebagai berikut:

$$L_p = 20 \log d + 20 \log f + 32.45 \quad (4.1)$$

Dimana:

$L_p$  : path loss dalam dB

$d$  : jarak antara transmitter dengan receiver dalam km

$f$  : frekuensi transmisi dalam MHz

Dalam lingkungan udara bebas umpama,

- a. Daya output sinyal interferensi adalah 0 dBm (1 mW), sensitivitas receiver korban adalah -82 dBm;

- b. Sinyal interferensi dan *receiver* korban bekerja pada 2410 dan 2430 MHz masing-masing.
- c. Jika daya interferensi sampai kepada *receiver* korban kurang dari -82 dBm, efek interferensi dapat diabaikan. Oleh karena itu *path loss* yang diperbolehkan pada sinyal interferensi adalah  $0 - (-82 \text{ dBm}) = 82 \text{ dBm}$ . Sesuai dengan persamaan 2, jarak  $d$  didapatkan 125 m, yang dapat diperkirakan sebagai suatu jarak aman korban untuk menghindari interferensi. Dalam prakteknya, hitungan *path loss* akan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti antena, struktur gedung, bagan jalan dan sebagainya.

Suatu Analisis interferensi dalam sistem IEEE 802.15.4 yang disebabkan oleh transmitter IEEE 802.11b menggunakan model *path loss indoor* sederhana seperti berikut:

$$L_p(d) = \begin{cases} 20 \log_{10} ((4\pi d)/\lambda) & d \leq d_0 \\ 20 \log_{10} ((4\pi d)/\lambda) + 10n \log_{10} (d/d_0) & d > d_0 \end{cases} \quad (4.2)$$

Dimana  $d$  menyatakan jarak antara *transmitter* dengan *receiver* dalam m,  $d_0$  menyatakan panjang *line of sight* dalam m biasanya normal 8 m. Parameter  $\lambda$  sama dengan  $c/f_c$ , dimana  $c$  adalah kecepatan rambat cahaya dan  $f_c$  adalah frekuensi pembawa dalam MHz;  $n$  menyatakan *exponent path loss* adalah 3.4 (lingkungan *indoor* untuk jarak diatas 8 m). Untuk kedua sistem yaitu IEEE 802.15.4 dan IEEE 802.11b, Jika daya *output* tetap, daya yang diterima *receiver* didapatkan seperti berikut :

$$P_R = P_T \times 10^{-(L_p(d)/10)} \quad (4.3)$$

Dimana:

- $P_T$  : Daya Transmisi: diukur pada *transmitter* dalam mW  
 $P_R$  : Daya yang diterima diukur pada *receiver* dalam mW  
 $L_p(d)$  : *path loss* daya transmisi setelah menjalani jarak  $d$  dalam dB

Persamaan (4) juga menunjukkan bahwa daya transmisi menurun dengan naiknya jangkauan komunikasi. Daya yang diterima dari kedua sinyal yaitu sinyal yang diinginkan (IEEE 802.15.4) dan pembangkit interferensi (IEEE 802.11b) dapat diatur dengan perubahan jarak fisik antara *receiver* IEEE 802.15.4 dan *transmitter* IEEE 802.11b. Pada satu sisi daya transmisi IEEE 802.11b tidak akan mengganggu *receiver* IEEE 802.15.4 jika jarak diantara mereka dijaga cukup besar. Pada sisi yang lain jika daya yang diterima sinyal IEEE 802.15.4 (sinyal yang diinginkan) lebih besar dari sensitivitas *receiver* dan perbandingan sinyal dengan interferensi dan gangguan/noise (SINR) pada *receiver* lebih besar dari nilai *thresholdnya*, jarak pemisah  $d$  antara *receiver* IEEE 802.15.4 dan *Transmitter* IEEE 802.11b aman, jika tidak pemisah jarak  $d$  yang lebih besar

dibutuhkan dalam implementasinya. SINR adalah perluasan SNR dan dapat ditetapkan dengan

$$\text{SINR} = 10 \text{ LOG } 10 \frac{P^s_R}{P^i_R + P^n_R} \quad (4.4)$$

Dimana  $P^s_R$ ,  $P^i_R$  dan  $P^n_R$  menyatakan daya dari sinyal yang diinginkan, daya interferensi dan daya gangguan (*noise*) pada *receiver* masing-masing. Suatu simulasi dengan asumsi bahwa *output* daya IEEE 802.11b dan sistem IEEE 802.15.4 adalah 30 dan 1 mW. Sistem IEEE 802.11b bekerja pada 11 Mbps dengan 1500 byte ukuran *payload*. IEEE 802.15.4 bekerja pada 250 kbps dengan 105 byte ukuran *payload*. Offset antara frekuensi sentral IEEE 802.11b dan sistem IEEE 802.15.4 adalah 2 MHz. Pertimbangan juga diberikan terhadap penyebaran *power spectral density* dari sinyal IEEE 802.11b yang tidak seragam. Hasil Simulasi menyatakan PER dari IEEE 802.15.4 lebih kecil  $10^{-5}$  ketika jarak antara *receiver* IEEE 802.15.4 dengan *transmitter* IEEE 802.11b lebih besar dari 8 m.

#### Rekomendasi yang dibuat oleh IEEE 802.15.4

Grup kerja IEEE 802.15.4 telah mengembangkan petunjuk umum untuk sistem IEEE 802.15.4 koeksis dengan piranti nirkabel lainnya yang bekerja dalam pita frekuensi tanpa lisensi. Mekanisme koeksistensi diberikan dalam standar IEEE 802.15.4 meliputi *clear channel assessment (CCA)*, *dynamic channel selection*, *modulation*, *energy detection (ED)* dan *link quality indication (LQI)*, *low duty cycle*, *low transmit power*, dan *channel alignment*.

- CCA : CCA adalah bagian dari mekanisme CSMA-CA. Terdapat tiga metoda yang tersedia untuk digunakan: Pendeteksi energi melalui suatu *threshold* tertentu, pendeteksi sinyal dengan karakteristik IEEE 802.15.4 atau kombinasi kedua metoda ini. PHY IEEE 802.15.4 dapat memilih salah satu metoda CCA untuk mengimplementasikan perkiraan kanal untuk pendeteksian apakah suatu piranti lain sedang menempati kanal tersebut.
- *Dynamic Channel Selection* (Pemilihan Kanal dinamis): Spesifikasi IEEE 802.15.4 tidak mendukung *frequency hopping* langsung. Tetapi pemakai dapat merinci mekanisme dalam aplikasi untuk secara manual memindahkan ke kanal komunikasi yang cocok ketika interferensi dideteksi pada kanal yang saat ini.
- *Modulation, ED dan LQI*: Jenis Modulasi yang diterapkan adalah *Offset Quadrature Phase Shift Keying (O-QPSK)* merupakan metoda modulasi dengan daya efisien yang mencapai perbandingan sinyal dengan gangguan rendah. ED dan LQI adalah dua fungsi pengukuran. ED digunakan untuk mendeteksi tingkat energi dalam kanal IEEE 802.15.4. Sementara ia memberikan informasi yang berguna tentang algoritma pemilihan kanal yang dijalankan oleh lapis yang lebih tinggi. LQI mengukur kekuatan sinyal untuk setiap paket yang

diterima, yang biasanya digunakan sebagai suatu penunjuk kualitas sinyal.

- *Low duty cycle* adalah suatu jenis kebutuhan untuk siklus kerja. Untuk suatu piranti IEEE 802.15.4 bekerja sebagai bagian suatu jaringan sensor nirkabel untuk pemantauan lingkungan, ini masuk akal untuk interval diantara pengiriman laporan berisi pembacaan sensor (pembacaan temperatur 1 byte) selama 1 menit atau lebih. Singkatnya umpama suatu paket berisi 22 byte payload dikirimkan dengan suatu kecepatan data 250 kbps setiap 1 menit waktu transmisi yang dibutuhkan adalah  $22 \times 8 / 250 \text{ kbps} = 0.704 \text{ ms}$ . Kemudian *duty cycle* untuk piranti IEEE 802.15.4 adalah  $0.704 / (1 \times 60 \times 1000) = 1.17 \times 10^{-3} \%$ . *Transmitter* dalam keadaan tidak aktif untuk sisa perioda kerja. Dengan mengikuti metoda pendekatan *low duty cycle*, kesempatan piranti IEEE 802.15.4 untuk berkompetisi dengan sinyal interferensi dapat turun secara *significant*.
- *Low transmit power* dan *channel alignment* : Daya transmit rendah adalah suatu mekanisme promosi kemampuan piranti IEEE 802.15.4 untuk koeksistensi dengan sistem nirkabel. Walaupun aturan *Federal Communication Commission (FCC)* mengizinkan daya transmit hingga 1W dalam pita frekuensi 2.4 GHz, namun biasanya piranti IEEE 802.15.4 suka beroperasi dengan daya transmit yang jauh lebih rendah (umumnya 1 mW) untuk mengurangi interferensi dengan piranti nirkabel lainnya. *Channel alignment* membutuhkan pemisahan sesuai antara kanal komunikasi IEEE 802.15.4 dengan sistem nirkabel potensial yang memungkinkan banyak sistem nirkabel bekerja bersamaan tanpa saling berinterferensi.

## 5. KESIMPULAN

Dari studi literatur yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa

Suatu interferensi antara Jaringan Sensor Nirkabel IEEE 802.15.4 dengan jaringan Wi Fi IEEE 802.11b dapat terjadi hanya jika dua kondisi dipenuhi yaitu: frekuensi radio *offset* kecil atau nol dan energi interferensi kuat. Strategi pengurangan dapat dikategorikan sebagai berikut:

- Pemilihan kanal: direkomendasikan untuk menggunakan kanal 25 dan 26 untuk menghindari semua interferensi IEEE 802.11b/g
- Pemisahan secara fisik : dipastikan bahwa pemisahan secara fisik minimal 8m dari Access point IEEE 802.11 adalah berguna untuk koeksistensi
- Jaringan *Mesh* : Jika mungkin, suatu jaringan IEEE 802.15.4 dibangun berdasarkan topologi *mesh* yang memberikan tambahan *keuntungan kemampuan self organizing dan self healing*
- *Network Layer Frequency Agility* : Dengan pemindahan ke kanal yang bersih ketika

terjadi interferensi, suatu jaringan IEEE 802.15.4 dapat secara efektif menghindari penurunan unjuk kerja. *Channel hopping* secara normal didukung oleh protokol tingkat tinggi (*Network layer*)

Keputusan pemilihan kanal dinamis harus diambil dalam kaitannya dengan parameter hasil *channel assessment (energy detection, link quality indicator)*

- Perencanaan jaringan : Sebelum implementasi jaringan IEEE 802.15.4, perkiraan awal seperti survey tempat dapat dilaksanakan untuk mengevaluasi lingkungan frekuensi radio. Hasilnya memberikan petunjuk yang penting untuk instalasi. Selama perioda operasi sistem evaluasi lingkungan frekuensi radio dapat dilaksanakan secara periodik untuk memantau suatu perubahan kemungkinan terjadinya interferensi.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Chandra, P., Dobkin, D.M., Bessky, D., Olexa, R., Lide, D., Dowla, F. 2007 "Wireless Networking Know It All", Newness .
2. Golmie, N, 2006 "Coexistence in Wireless Networks Challenges and System Level Solutions in the Unlicensed Band", Cambridge University Press, Cambridge
3. Molisch, A.F, 2005 "Wireless Communication", Wiley
4. IEEE Std 802.15.4, 2003 "IEEE Standard for information technology: Telecommunication and information exchange between system Local and metropolitan area network : Specific requirement part 15.4 : Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specification for low rate wireless personal area network (LRWPAN)"
5. IEEE Standard 802.11, 2007 "IEEE standard for information technology: Telecommunication and information exchange between systems : Local and metropolitan area network : Specific requirements : Part 11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specification"
6. Shin, S.Y., Park, H.S., Kwon, W.H., 2007, "Mutual interference analysis of IEEE 802.15.4 and IEEE 802.11b", *Comput Net*
7. Shuang - Hua Yang, 2014 "Wireless Sensor Network: Principles, Design and Applications", Springer .
8. Yao, F., 2010 "Interference mitigation strategy design and applications for wireless sensor networks", PhD thesis, Loughborough University, Loughborough.
9. Yao, F., Yang, S.H., 2010, "Mitigating interference caused by IEEE 802.11b in the IEEE 802.15.4 WSN within the environment of smart house", IN: Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on System, Man, Cybernetics IEEE, Istanbul, Turkey, pp 2800-2807.