

# APLIKASI SET COLOURING UNTUK ALOKASI CHANNEL WIRELESS LAN

Rama Adhitia – NIM : 13505040

Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesha 10, Bandung

E-mail : [if15040@students.if.itb.ac.id](mailto:if15040@students.if.itb.ac.id)

## Abstrak

Makalah ini membahas algoritma yang efektif untuk manajemen channel diantara banyak Access Point pada Wireless LAN yang berbasis 802.11 sehingga spektrum frekuensi yang tersedia dapat dimanfaatkan dengan baik. Algoritma ini yang dikenal sebagai algoritma CFAssign, merupakan algoritma yang berbasis pewarnaan himpunan bebas konflik (conflict-free set colouring) yang menggabungkan *load balancing* sejalan dengan pengalokasian channel. Formulasi seperti ini mempunyai beberapa keunggulan. Pertama, formulasi ini secara eksplisit mempertimbangkan efek interferensi pada clients. Kemudian formulasi ini secara intrinsik memperlihatkan kepada kita kesempatan untuk *channel reuse* yang lebih baik. Yang terakhir algoritma CFAssign ini tidak bergantung pada model RF (Radio Frequency) yang spesifik dan dapat diterapkan pada lingkungan *indoor* maupun *outdoor*. Algoritma CFAssign ini sangat cocok untuk pengalokasian channel dimana banyak jaringan nirkabel berbagi ruang fisik bersama serta beroperasi pada spektrum frekuensi yang sama.

**Kata kunci:** CFAssign, himpunan interferensi, himpunan range, wireless LAN, pewarnaan himpunan bebas konflik, alokasi channel

## 1. Pendahuluan

Wireless local area network atau yang lebih dikenal dengan sebutan WLAN merupakan salah satu penemuan penting pada zaman internet sekarang ini. Walaupun teknologi WLAN ini tergolong baru, tetapi sebagai dampak dari kompetisi para vendor, teknologi ini banyak dipakai untuk *hotspot* di banyak ruang publik seperti restoran dan kafe, hotel, airport.

Wireless LAN beroperasi pada spektrum frekuensi yang telah dialokasi dan diatur oleh suatu badan regulasi seperti Dirjen Telekomunikasi di Indonesia atau Federal Communications Commission di Amerika Serikat. Contohnya, Wireless LAN yang berbasis 802.11b dan 802.11g beroperasi pada pita frekuensi 2.4 Ghz sedangkan 802.11a beroperasi pada pita frekuensi 5 Ghz. Pengalokasian spektrum yang tidak teratur seperti yang telah disebutkan

diatas merupakan salah satu alasan dari pesatnya pertumbuhan popularitas dari WLAN itu sendiri. Dengan semakin meningkatnya Dengan semakin meningkatnya pengaplikasian teknologi WLAN ini maka para administrator jaringan dihadapkan pada munculnya suatu tantangan bagaimana membagi bandwidth yang tersebar secara efektif diantara banyaknya *client* yang terhubung ke suatu jaringan. Masalah pembagian *resource* dan berbagai teknik yang berhubungan dengan pembagian channel secara efektif pada Wireless LAN yang berbasis 802.11 akan menjadi topik utama bahasan pada makalah ini.

## 2. Pendekatan yang telah ada untuk alokasi channel

Setiap standar WLAN mempunyai suatu jumlah *channel* yang tetap untuk digunakan oleh Access Points dan mobile clients. Sebagai contoh standar 802.11b menetapkan total sebanyak 14

channel frekuensi, yang mana untuk channel 1-11 diizinkan di Amerika Serikat, 1-13 diizinkan di Eropa dan hanya channel 14 yang diizinkan di Jepang. Setiap channel sebenarnya merupakan representasi dari pusat frekuensi dimana terjadinya transmisi. Contohnya pusat frekuensi untuk channel 1 dan 2 adalah 2.412 Ghz dan 2.417 Ghz. Hanya ada beda frekuensi 5 MHz diantara pusat frekuensi dari channel-channel yang berdekatan. Tetapi pada standar 802.11b sebuah sinyal yang dipancarkan pada channel manapun menempati kira-kira 30 Mhz dari spektrum frekuensi. Signal itu jatuh pada kisaran sekitar 15 MHz pada setiap sisi dari pusat frekuensi. Sebagai hasilnya sebuah signal pada standar 802.11b mengalami overlapping dengan beberapa frekuensi channel yang berdekatan sehingga menyebabkan interferensi (juga sering disebut sebagai interferensi channel). Hal ini mengimplikasikan bahwa hanya 3 channel (1,6,11) di Amerika Serikat yang dapat digunakan secara bersama-sama tanpa menimbulkan interferensi.

Setiap Access Point (AP) beroperasi pada *single administrator-specified channel*. Mobile client memindai wireless medium untuk memeriksa dan memilih suatu access point dengan sinyal yang kuat. Kemudian client ini mengasosiasikan dirinya dengan AP dengan menggunakan mekanisme protokol 802.11 dan mulai menggunakan AP ini untuk semua akses internet. Sebagai aturan desain dasar, semua AP yang dalam jangkauan sesamanya, di alokasikan channel berbeda yang tidak mengalami overlapping. Seorang administrator jaringan biasanya menggunakan banyak teknik untuk mengalokasikan channel pada AP untuk mengurangi interferensi di antara mereka. Pertama-tama mereka mengadakan survei tentang radio frequency (RF) dan menggunakan informasi ini untuk memberikan channel secara manual kepada AP. Setelah itu, AP secara kontinu memonitor channel yang telah diberikan kepadanya untuk transmisi data oleh AP

yang lain. Jika volum *traffic* pada channel itu lebih besar daripada *threshold* maka AP yang pertama mencoba untuk berpindah ke channel yang lebih tidak padat. Kita sebut teknik ini sebagai *Least Congested Channel (LCCS)*.

Pada makalah ini kita cenderung untuk menganggap bahwa dengan terus berlanjutnya pertumbuhan dari WLAN, skema pengalokasian channel dengan menggunakan aturan LCCS bukan merupakan solusi yang efisien. Berhubungan dengan sifat dasar WLAN yang *unlicensed* dan semakin murah biaya untuk membangun AP, jumlah AP yang terletak di suatu lingkungan berdekatan semakin banyak. Pada banyak kasus administrator jaringan memperbanyak jumlah AP pada suatu gedung untuk memperluas jangkauan WLAN. Setiap pengalokasian channel yang tidak terkoordinasi dapat menyebabkan inefisiensi dan degradasi performa dari *wireless clients*.

### 3. Model dan Algoritma untuk manajemen channel yang efisien

Pada makalah ini akan dibahas suatu algoritma manajemen channel yang disebut *CFAssign* (Conflict-Free channel assignment) yang mengoptimasi performa user pada suatu lingkungan LAN dengan banyak AP. Algoritma ini menggunakan mekanisme koordinasi sederhana diantara AP yang berbeda pada suatu lingkungan wireless yang terbagi untuk mencapai tujuan yang telah dijelaskan di atas dan mudah untuk digunakan. Berikut ini akan dijelaskan beberapa syarat untuk semua solusi masalah manajemen channel yang akan membantu memastikan interferensi yang rendah pada *wireless clients*.

#### Client-driven approach:

Kita menyebut suatu algoritma manajemen channel bersifat *client-driven* jika algoritma tersebut bertujuan untuk meminimalkan interferensi atau konflik pada tingkat wireless client dan

bukan pada tingkat AP. CFAssign secara implisit memodelkan lokasi dan distribusi dari wireless clients terhadap AP. Secara khusus CFAssign memodelkan masalah pengalokasian channel sebagai masalah pewarnaan masalah himpunan bebas konflik, dimana setiap client direpresentasi oleh himpunan tunggal, dan anggota himpunannya mengacu pada semua AP yang berbeda yang berada pada jangkauan client. Pada makalah akan didemonstrasikan client-driven approach ini untuk menghasilkan manajemen channel yang lebih efisien sehingga mengurangi interferensi bagi wireless client.

### **Ketidakbergantungan dari model propagasi RF :**

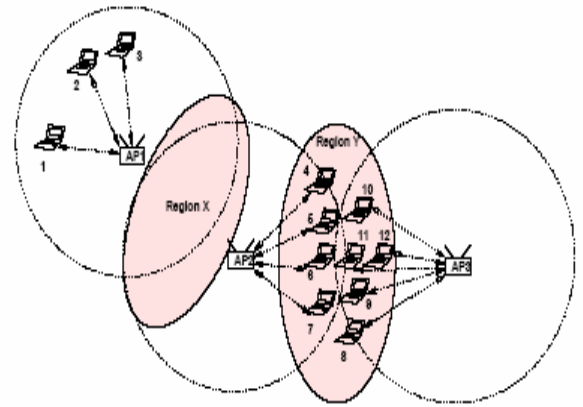
Sebuah algoritma yang bagus untuk manajemen channel akan menjamin interferensi rendah tanpa membuat asumsi apa saja atas sifat interferensi dari RF (radio frequency). Hal ini khususnya sangat berguna untuk lingkungan dalam gedung dimana model RF yang isotropic tidak dapat berfungsi dengan baik karena berbagai efek dari multi-path, channel fading, etc. Algoritma CF assign memenuhi kriteria ini.

### **Interaksi antara pengalokasian channel dan load balancing diantara Access Points**

Dalam rangka untuk mencapai pemakaian yang paling efisien dari channel wireless, masalah pengalokasian channel ini seharusnya tidak dipelajari terpisah dari masalah load balancing pada access point. Pada sistem WLAN sekarang ini dua problem ini dianggap berbeda satu sama lain. Pertama-tama AP dialokasikan pada channel yang berbeda berdasarkan pada teknik seperti : survey RF site dan LCCS. Pendekatan set coloring bebas konflik dari algoritma CFAssign secara implisit memadukan dan secara bersamaan menyelesaikan dua masalah ini.

### **Re-use channel secara dinamik dan penemuan Access Point yang tersembunyi:**

Reuse channel secara efektif adalah syarat yang penting dari semua algoritma yang potensial. Perhatikan skenario yang digambarkan di Gambar.1



**Gambar 1. Pengalokasian channel harus didasarkan dari performa user. Area yang tidak diberi arsir menggambarkan radius interferensi dari AP**

Dapat dilihat ada 3 AP yang kita namakan AP1, AP2, AP3. Pada gambar ini mobile client 1-3 diasosiasikan dengan AP1, mobile clients 4-7 diasosiasikan dengan AP2, dan mobile clients 8-12 diasosiasikan dengan AP3. Transmisi dari AP1 ke AP2 tidak berinterferensi satu sama lain. Sehingga idealnya kita ingin mengalokasikan kedua AP ini ke dalam satu channel untuk memaksimalkan channel reuse.

Transmisi dari AP2 ke AP3 juga tidak berinterferensi satu sama lain, tetapi client AP2 (4-7) dan AP3 (9-12) berada sangat dekat satu sama lain. Sehingga jika AP2 dan AP3 beroperasi pada channel yang sama maka hanya salah satu dari kedua AP ini yang dapat secara aktif terlibat komunikasi dengan client lain secara instan. Ini adalah masalah klasik terminal tersembunyi dari jaringan nirkabel. Fungsi *Distributed Coordinated Function* (DCF) pada 802.11b akan menangani terminal tersembunyi semacam ini

dengan metode jabat tangan empat arah, mengakibatkan berkurangnya arus data yang diterima oleh mobile clients.

Contoh diatas menggambarkan bahwa keputusan untuk mengalokasikan dua AP yang berbeda kepada channel nirkabel yang sama bergantung kepada potensi interferensi yang dialami oleh mobile clients yang berada pada sebuah "overlap region" seperti yang telah digambarkan pada gambar 1. Jika region-region ini kosong maka ketiga AP bisa dialokasikan kepada channel yang sama untuk memaksimalkan channel reuse.

#### **4. Kontribusi penting dari algoritma CFAssign**

Pada makalah ini kita akan membahas 2 versi dari algoritma CFAssign yang dapat diaplikasikan ke berbagai macam teknologi WLAN contohnya 802.11b, 802.11a, 802.11g. Teknik pertama yang disebut CFAssign-Bis (Biased Sampling) tidak memerlukan kolaborasi diantara AP dan dapat diaplikasikan ke sebuah jaringan nirkabel yang dibentuk oleh AP yang berasal dari WLAN yang berbeda. Pada teknik ini, AP-AP secara independent dan secara serakah mencoba untuk meminimalkan interferensi dalam jangkauan area mereka tanpa merugikan satu sama lain. Teknik yang kedua disebut CFAssign-RaC (CFAssign dengan "randomized compaction"), yang menggunakan kolaborasi diantara AP-AP di sekitar untuk meminimalkan interferensi di jaringan sebagai sebuah kesatuan. CFAssign-RaC khususnya cocok untuk pengalokasian channel secara efisien untuk sebuah jaringan nirkabel tunggal atau untuk banyak jaringan nirkabel jika administrasinya berkeinginan untuk bekerja sama.

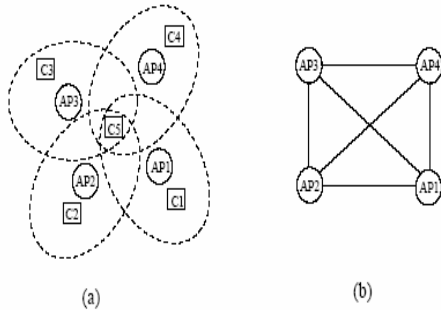
Algoritma CFAssign ini ialah algoritma manajemen channel pertama yang menerapkan prinsip client-driven yang didesain untuk mengurangi interferensi pada wireless client. Algoritma ini juga memungkinkan pengalokasian channel ke AP secara otomatis dan melakukan load balancing diantara AP berdasarkan terus berubahnya kondisi channel pada

lingkungan nirkabel dan terus beradaptasi kepada berubahnya distribusi client (karena mobilitas). Algoritma ini juga tidak membuat asumsi tentang interferensi RF atau propagasi RF. Secara khusus algoritma ini efisien untuk lingkungan di dalam gedung.

Selain bisa digunakan untuk mengalokasikan channel ke banyak AP dari jaringan nirkabel tunggal, algoritma ini dapat diaplikasikan juga untuk skenario manajemen channel ketika banyak jaringan nirkabel ko-eksis di lingkungan fisik yang sama. Skenario semacam ini sering terjadi pada gedung perkantoran yang besar yang terbagi-bagi atas perusahaan yang berbeda, di lingkungan tempat tinggal dengan kepadatan AP yang tinggi, dan daerah kota yang berjubel. Algoritma CFAssign memungkinkan AP dari jaringan-jaringan ini untuk secara efisien memanfaatkan spectrum frekuensi baik secara bersama-sama maupun secara independent. Pada waktu digunakan bersama-sama, AP dari berbagai macam jaringan nirkabel dibolehkan untuk berkoordinasi satu sama lain dengan saling bertukar pesan protokol untuk manajemen channel yang lebih baik, sedangkan bila digunakan secara independent, interaksi protokol seperti yang telah disebutkan diatas tidak diperbolehkan.

#### **5. Formulasi Conflict Free Set Coloring**

Kita akan memformulasikan masalah pengalokasian channel ini sebagai conflict-free set coloring dan memberikan warna-warna pada channel-channel. Bayangkan suatu jaringan nirkabel terdiri dari himpunan AP dan clients. Perhatikan gambar 2



**Gambar 2. (a) Sebuah contoh jaringan nirkabel (b)graf yang dibuat dengan formulasi pewarnaan simpul**

Marilah kita mulai pengalokasian channelnya. Tiap – tiap client C1..C4 berada jangkauan sebuah AP dan mereka dialokasikan pada APnya masing-masing, misalnya C1 dengan AP 1, C2 dengan AP2 dan seterusnya. Client C5 berada pada jangkauan keempat  $\{AP1, AP2, AP3, AP4\}$ . Kemudian kita lihat himpunan ini dengan seksama. Kita butuh pewarnaan pada AP-AP sehingga himpunan ini mempunyai paling tidak satu AP dengan warna yang unik, misalnya suatu warna yang tidak digunakan oleh AP lain di dalam himpunan. Hal ini dapat dicapai jika kita memilih satu AP dan memberikannya suatu warna kemudian kita memberikan warna-warna yang berbeda kepada sisanya. Sebagai contoh AP1 dapat diberikan warna 1, sedangkan AP2, AP3, AP4 diberikan warna 2. Dalam rangka untuk memodelkan pendekatan ini dengan menggunakan formula himpunan bebas konflik maka akan diperkenalkan beberapa definisi berikut :

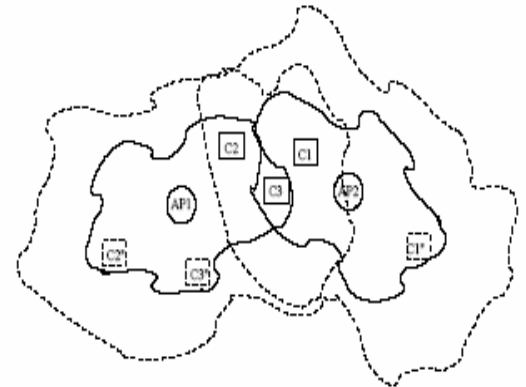
**Himpunan range dari client :**

Untuk setiap client kita akan menentukan himpunan range nya sebagai himpunan seluruh AP yang mana client itu berada pada jangkauan transmisi AP.

**Himpunan interferensi dari client :**

Himpunan range dari client menangkap beberapa interferensi yang dialami oleh client, tetapi tidak menangkap interferensi total. Suatu client dapat

mengalami interferensi tambahan yang berasal dari AP lain. Perhatikan jika suatu client berada pada jangkauan transmisi AP yang demikian itu, maka AP itu harus berada pada himpunan range. Hal ini diilustrasikan pada gambar 3.



**Gambar 3. Contoh untuk menggambarkan himpunan range dan interferensi dari client**

Garis yang solid memperlihatkan jangkauan komunikasi. Pada gambar diatas client C1 tidak berada pada jangkauan AP1. Tetapi ia berada pada jangkauan komunikasi dari client C2 yang mana telah diasosiasikan dengan AP1. Pada skenario seperti diatas dapat kita katakan bahwa client C1 berada pada jangkauan interferensi AP1. Suatu client c dapat dikatakan berada pada jangkauan interferensi AP a jika (i) jika c tidak berada jangkauan transmisi a (ii) c berada pada daerah jangkauan interferensi dari beberapa client c dan c berada pada pada jangkauan transmisi a. Himpunan dari semua AP yang berada pada jangkauan interferensi dari suatu client membentuk himpunan interferensi yang mengacu pada client tersebut. Setiap client diasosiasikan dengan dua himpunan : himpunan range dan himpunan interferensi. Untuk gambar 3 himpunan range dan interferensi dapat dilihat pada tabel 1.

	Range Set	Interference Set
$C_1$	$\{AP_2\}$	$\{AP_1\}$
$C_2$	$\{AP_1\}$	$\{AP_2\}$
$C_3$	$\{AP_1, AP_2\}$	$\{\}$

**Tabel 1.** Tabel yang memperlihatkan himpunan range dan interferensi pada gambar 3

Himpunan AP bersama dengan dengan himpunan range dan interferensi dari tiap –tiap client membentuk sistem himpunan bebas konflik.

Secara informal, suatu client dikatakan berada dalam konflik jika terdapat lebih dari satu AP yang berada di himpunan range atau himpunan interferensi yang beroperasi pada channel yang sama dengan client. Suatu client yang berada dalam konflik dapat mengalami penurunan performa dimana faktor penurunan bisa eksponensial. Suatu client dikatakan bebas konflik jika hanya terdapat tepat satu AP dalam channelnya yang berasal dari himpunan rangenya dan tidak ada AP lain di dalam himpunannya range atau interferensinya menggunakan channel yang sama.

–

Tujuan kita ialah untuk menentukan warna-warna sedemikian rupa sehingga jumlah total dari himpunan bebas konflik menjadi maksimal. Penentuan warna ini juga menghasilkan pemetaan asosiasi untuk setiap client, misalnya suatu client diasosiasikan kepada AP yang mempunyai warna bebas konflik untuk himpunan range dan interferensinya.

**Beberapa keuntungan dari pewarnaan himpunan bebas konflik**

Ada banyak beragam keuntungan menggunakan formulasi pewarnaan himpunan bebas konflik. Keuntungan yang pertama adalah metode ini secara langsung menangkap efek dari interferensi pada clients dengan menggunakan himpunan range dan interferensinya. Keuntungan yang kedua ialah formulasi ini secara intrinsik menangkap kesempatan untuk channel reuse. Pada gambar 3 kita akan

membutuhkan dua channel untuk memperoleh himpunan bebas konflik yang sebagaimana telah diperlihatkan pada table 1. Marilah kita buat asumsi bahwa client  $C_1, C_2, C_3$  berpindah ke suatu lokasi  $C_1, C_2, C_3$ . Sekarang himpunan interferensi dari semua client adalah kosong dan himpunan rangenya adalah  $\{AP_1\}, \{AP_2\}, \{AP_3\}$ . Kita dapat memberikan channel yang sama pada tiap-tiap AP dan tetap mendapatkan himpunan bebas konflik.

Yang terakhir, pewarnaan himpunan bebas konflik menangkap efek dari interferensi melalui himpunan range dan interferensi. Sehingga algoritma dapat secara efisien menyusun formulasi bebas konflik ini.

**Definisi Formal**

Marilah sebuah jaringan kita simbolkan dengan  $(X, C)$  dimana  $X$  adalah himpunan yang anggotanya adalah semua AP, dan  $C$  ialah himpunan yang anggotanya semua client. Untuk setiap client  $c \in C$ , kita mengasosiasikan sebuah tuple  $t_c = \langle r_c, i_c \rangle$  dimana  $r_c \in 2^X$  adalah himpunan range untuk  $c$ , dan  $i_c \in 2^X$  adalah himpunan interferensi untuk  $c$  (catatlah bahwa  $2^X$  ialah himpunan kuasa dari  $X$ ). Misalkan  $T = \{t_c = \langle r_c, i_c \rangle \mid \forall \text{ clients } c\}$ . Kita anggap  $\{X, T\}$  dibentuk dari cara diatas, sebuah sistem himpunan bebas konflik untuk jaringan  $(X, C)$ .

Sebuah pemberian warna bebas konflik  $\theta : X \rightarrow \{1 \dots k\}$  menggunakan  $k$  warna untuk sebuah sistem himpunan  $(X, T)$  memenuhi beberapa sifat berikut :

$\forall t_c = \langle r_c, i_c \rangle \in T$ , kita tentukan  $z_j = \{x \in r_c \cup i_c : \theta(x) = j\}$ , kemudian  $\exists j \in \{1 \dots k\}$  sedemikian rupa sehingga (i)  $|z_j| = 1$  dan (ii) biarkan  $Z_j = \{X_j\}$  maka  $X_j \in r_c$ . Dengan kata lain, pemberian warna kepada AP adalah dengan cara sedemikian rupa sehingga untuk setiap client ( $c$ ) terdapat paling ridak satu AP ( $a$ ) yang berada dalam himpunan range yang diberikan warna, dan tidak ada AP yang lain di

dalam himpunan range atau himpunan interferensi yang mempunyai warna sama dengan warna ini. Kita untuk seterusnya mengacu bahwa sifat ini ialah sifat dari sistem pewarnaan sistem himpunan bebas konflik.

Bahkan jika sifat bebas konflik tidak dipenuhi seluruh sistem himpunan, dia mungkin memenuhi secara independen untuk beberapa client individu. Secara intuitif sifat ini benar untuk suatu client, jika warna  $j$  hanya muncul sekali dalam pada himpunan  $r_c \cup i_c$  oleh elemen tunggal  $x_j \in r_c$ . Ini adalah definisi formal kita tentang client bebas konflik. Suatu client dikatakan bebas konflik jika pewarnaan memenuhi sifat dan syarat dari client. Pewarnaan juga secara implisit menentukan mapping untuk client untuk menjadi bebas konflik misalnya, suatu client akan mengasosiasikan diri kepada AP yang mempunyai warna bebas konflik,  $j$ , dalam himpunan rangenya.

Pewarnaan bebas konflik dipenuhi dengan memberikan sebuah warna unik untuk tiap AP. Pemberian warna ini akan menggunakan  $|X|$  warna. Masalah pewarnaan bebas konflik minimum ialah untuk meminimalkan jumlah total warna untuk mencapai pewarnaan bebas konflik untuk sistem himpunan. Dalam bentuk yang lain, diberikan jumlah yang tetap dari warna/channel, masalahnya adalah untuk memaksimalkan jumlah client yang bebas konflik. Solusi terhadap masalah ini adalah :

1.  $\theta$  memberikan pemberian channel untuk AP
2. Untuk  $t_c \in T$ , misalkan  $\gamma(c) = x$  : warna dari  $x$  ialah bebas konflik di dalam  $t_c$ . ( $x$  adalah AP yang menciptakan terjadinya kebebasan dari konflik untuk client ini).  $\gamma(c)$  menyediakan asosiasi mapping.

## 6. Algoritma CFAssign

Pada bagian ini akan dijelaskan dua algoritma untuk formulasi bebas konflik, dan kita akan berkonsentrasi pada paradigma dari pengalokasian channel secara bebas konflik.

Algoritma pertama yang akan dibahas disebut CFAssign-RaC (CFAssign menggunakan “randomized compaction”) merupakan pendekatan menengah yang cukup canggih. Algoritma seperti ini khususnya sangat cocok untuk jaringan nirkabel yang diatur secara terpusat dengan banyak AP, sebagaimana sangat sering dipakai di banyak organisasi. Algoritma kedua CFAssign-BiS (CFAssign menggunakan “biased sampling”) menggunakan algoritma terdistribusi yang sederhana yang tidak memerlukan koordinasi antar AP. Sehingga algoritma seperti ini khususnya sangat cocok untuk skenario tanpa manajemen terpusat misalnya area tempat tinggal dimana setiap AP secara independen diatur oleh rumah tangga yang terpisah. Dengan menggunakan koordinasi yang lebih besar, algoritma CFAssign-RaC yang terpusat mempunyai performa yang lebih baik daripada algoritma terdistribusi CFAssign-BiS. Kedua algoritma ini tidak mempunyai ketergantungan terhadap model fisik RF (radio frequency), dan metode masa kini yang masih ada seperti LCCS.

### 6.1 CFAssign-RaC – Randomized Compaction

Pada algoritma yang terpusat ini setiap client secara periodik memonitor himpunan range dan interferensinya dan mengirim informasi ini ke entitas pusat. Entitas pusat menggunakan informasi ini untuk menghitung pengalokasian channel yang relevan menggunakan algoritma yang akan dijelaskan pada bagian ini dan mengkomunikasikan pengalokasian ini ke setiap AP.

Algoritma CF Assign secara progresif memilih warna (channel) terbaik untuk

sebuah AP yang mana memaksimalkan jumlah client yang bebas konflik. Pertama-tama akan dijelaskan langkah *compaction* yang dapat diaplikasikan kepada pengalokasian warna apa saja untuk meningkatkan kebebasan dari konflik diantara client.

---

**Algorithm 1** *CFAssign-RaC* ( $X, T, k, L$ )

---

$X$  = set of access points,  
 $T$  = set of (range, interference) tuples for each client,  
 $k$  = number of colors  
 $L$  = number of rounds  
 $\theta : X \rightarrow \{1 \dots k\}$  is the returned channel assignment

- 1:  $X'$  be a random permutation of  $X$ .
- 2: Let  $X' = \{x_1, x_2, \dots, x_i\}$ .
- 3: Set  $\forall x \in X, \theta(x) = -1$  /\* -1 indicates an unassigned AP \*/
- 4: **for**  $j = 1 \dots L$  **do**
- 5:   **for**  $i = 1 \dots |X|$  **do**
- 6:      $ncf \leftarrow \text{Num\_Conflict\_Free}(T, \theta)$
- 7:      $\theta(x_i) \leftarrow \text{Compaction\_Step}(x_i, \theta, T, k)$
- 8:     **if**  $\text{Num\_Conflict\_Free}(T, \theta) = ncf$  **then**
- 9:       stop
- 10:    **end if**
- 11: **end for**
- 12: **end for**

---

**Gambar 4.** Algoritma CFAssign-RaC

Langkah Compaction :

Pertimbangkan suatu jaringan nirkabel,  $(X, C)$ ,  $X$  = himpunan yang anggotanya berupa AP,  $C$  = himpunan dari client. Biarkan  $(X, T)$  merupakan formulasi bebas konflik yang berkaitan. Biarkan  $\theta : X \rightarrow \{1 \dots k\}$  menjadi pengalokasian warna yang telah ada untuk AP yang menggunakan warna warna  $k$ . Pertimbangkan sebuah AP  $ap \in X$ . Dengan menjaga semua pengalokasian warna yang lain tetap sama, langkah *compaction* mengalokasikan warna ke  $ap$  yang memaksimalkan jumlah klien bebas konflik di seluruh sistem himpunan  $(X, T)$ . Warna yang seperti itu dipilih sebagai pengalokasian warna yang baru untuk  $ap$ . Catatlah bahwa

jumlah client bebas konflik dapat dihitung menggunakan himpunan interferensi yang tersedia di entitas pusat .

Algoritma CFAssign bekerja dengan secara berulang melaksanakan langkah *compaction* untuk setiap AP yang berurutan. Kita melakukan traversal pada AP yang berurutan berkali-kali, dibatasi oleh parameter  $L$  (secara empiris kita dapatkan bahwa  $L=4$  adalah cukup untuk konvergensi), dimulai pertama-tama dengan permutasi dari AP. Perhatikan bahwa solusi meningkat secara monoton setiap kali pass. Bagaimanapun juga mungkin saja algoritma ini terjebak di dalam optimasi lokal. Sehingga dalam prakteknya kita memanggil algoritma ini berulang kali dan kita memilih solusi terbaik yang diperoleh selama tiap kali pass. Setiap pemanggilan algoritma yang terpisah, menggunakan permutasi acak yang berbeda.

---

**Algorithm 2** *CFAssign-BiS* ( $X, k, m$ )

---

$X$  = set of access points,  
 $k$  = number of colors,  
 $m$  = maximum size of a range/interference set.  
 $\text{Biased-Sample}(k, p)$  returns color 0 with probability  $p$  and color  $i$  ( $0 < i \leq k$ ) with probability  $(1 - p)/(k - 1)$ .  
 $\theta : X \rightarrow \{1 \dots k\}$  is the returned channel assignment

- 1: **Choose Bias Probability:**  $p = p_{OPT}(k, m)$  /\*This is discussed in detail in the appendix. \*/
  - 2: **Color:**  $\forall x \in X : \text{set } \theta(x) \leftarrow \text{Biased-Sample}(k, p)$
- 

**Gambar 5.** Algoritma CFAssign-BiS

## 6.2 CFAssign-BiS– Biased Sampling

Algoritma CFAssign-BiS ini merupakan algoritma terdistribusi yang lebih sederhana yang memerlukan koordinasi minimal diantara AP untuk pengalokasian channel. Marilah kita pertama-tama mempertimbangkan pendekatan *uniform sampling* untuk pengalokasian channel, yang mana setiap AP memilih channel secara seragam dari himpunan seluruh channel



yang mungkin. Sekarang pertimbangkan suatu client dengan himpunan range dan interferensinya yang berukuran  $n$ . Kemudian kita dapat menghitung peluang himpunan ini bebas konflik dengan menggunakan aplikasi sederhana dari *union bound*. Adalah intuitif bagi kita bahwa pendekatan *uniform sampling* dapat mencapai hasil yang baik hanya ketika kardinalitas dari himpunan range dan interferensi kecil. Sebagai contoh di sebuah jaringan nirkabel 802.11b, jika himpunannya berisi 3 AP maka peluang terjadinya kebebasan konflik untuk setiap client adalah 77%. Sehingga dengan mengeksekusi algoritma *uniform sampling* ini secara berkali-kali maka kita dapat menjamin dengan peluang yang tinggi bahwa 77% dari client bebas konflik. Tetapi pada jaringan 802.11b yang sama, jika  $n \geq 4$  maka peluang bebas konfliknya dibatasi oleh rumus  $n \left(\frac{2}{3}\right)^{n-1}$  yang mana secara asimptotik menuju 0 jika  $n$  bertambah besar.

Secara khusus jika jumlah AP di dalam himpunan range dan interferensi lebih besar dari jumlah channel yang tersedia, dan kita memilih acak secara *uniform*, maka akan ada harapan yang baik untuk setiap AP yang diberikan channel tertentu maka paling tidak AP lain di dalam himpunan juga diberikan channel ini. Jadi *uniform sampling* tidak bekerja dengan baik dengan meningkatnya kardinalitas himpunan, misalnya meningkatnya kepadatan AP di dalam suatu jaringan.

Algoritma CFAssign-BiS memperbaiki kualitas pendekatan *uniform sampling*, khususnya ketika kardinalitas himpunan range dan interferensinya besar, dengan cara membuaskan proses *sampling* sebagaimana berikut. Setiap AP memilih satu channel tertentu dengan peluang tinggi  $p$ , sedangkan channel yang lain dipilih dengan peluang yang sama  $\frac{1-p}{k-1}$ , dimana  $k$  ialah jumlah dari channel. Sebagai konsekuensi dari

pendekatan ini, jika jumlah AP dalam himpunan range dan interferensi adalah  $n$ , kebanyakan dari AP akan memilih channel yang sudah dibiarkan. Kita sebut AP seperti dengan istilah "biased -AP". Karena jumlah AP yang tidak bias jauh lebih kecil dari jumlah awal AP di dalam himpunan range dan interferensi pada setiap client, pendekatan *sampling uniform* untuk pengalokasian channel AP -AP ini mempunyai potensi untuk efektif untuk membuat himpunan ini dari AP -AP yang tersisa bebas konflik. Inilah mengapa AP yang tidak bias menggunakan *uniform sampling* untuk memilih dari channel yang tidak bias. Adalah penting untuk melakukan iterasi ulang bahwa ini adalah AP yang tidak bias dari himpunan range yang mana biasanya bertanggung jawab untuk membuat suatu client bebas konflik.

Secara konseptual, peluang bias tinggi diharapkan untuk bekerja dengan baik. Tetapi untuk meraih hasil yang terbaik, pilihan  $p$  yang hati-hati harus dibuat. Nilai terbaik dari peluang bias yang disebut  $p_{OPT}$ , bergantung pada kardinalitas maksimum dari himpunan range dan interferensi dalam jaringan dan jumlah dari channel yang tersedia. Performa algoritma CFAssign-BiS dapat ditingkatkan dengan mengiterasi proses ini dengan banyak ronde dengan koordinasi extra diantara AP. Pada setiap ronde kita memilih channel yang paling bertanggung jawab bagi jumlah client bebas konflik paling banyak. Kemudian kita mengalokasikan channel kepada AP secara permanen, dan kemudian lanjut ke ronde berikutnya dengan tidak mengikutkan AP ini, channel yang bersangkutan, dan client bebas konflik yang berasal dari ronde sekarang. Kita sebut ini sebagai algoritma iteratif dengan ronde.

### 6.3 Analisa

Bagian ini berisi analisis evaluasi bagi algoritma CFAssign-BiS. Supaya lebih sederhana maka kita akan membahas himpunan range saja.

Misalkan  $R(n, k, p)$  merupakan peluang dari himpunan range AP dengan ukuran  $n$  diwarnai bebas konflik dengan  $k$  channel menggunakan algoritma CFAssign-Bis dengan peluang bias  $p$ . Kita menghitung ekspresi eksak untuk ekspresi  $R(n, k, p)$  sebagaimana yang diperlihatkan di bawah ini.

$$R(n, k, p) = np^{(n-1)}(1-p) + \sum_{j=0}^{n-2} C_i^n p^j (1-p)^{n-j} q(n-j, k-1)$$

dimana

$$q(n, k) = \sum_{j=1 \dots k} (-1)^{i+1} C_i^k \frac{C_i^n (n!)(k-i)^{n-i}}{k^n}$$

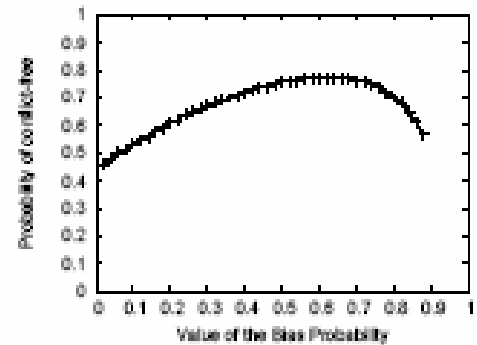
Gambar 6(a) memplot  $R(n, k, p)$  untuk berbagai nilai peluang bias  $p$  dan nilai  $n$  dan  $k$  dijaga tetap pada nilai  $n=8, k=4$ . Titik  $p$  yang dimaksimalkan pada  $R(n, k, p)$  memberikan kita peluang bias yang optimal  $p_{opt}$  untuk  $n=8, 10$ , dan  $12$

Berdasarkan pada persamaan 1 kita mengamati sifat berikut ini dari algoritma CFAssign-BiS.

### **Fairness and Resilience to Mobility**

Misalkan  $N_{max}$  adalah kardinalitas maksimum dari himpunan range dari suatu jaringan nirkabel. Setiap client mempunyai peluang minimum yang sama untuk diasosiasikan kepada AP yang bebas konflik sebagaimana yang dilambangkan oleh  $R(N_{max}, k, p_{opt})$ . Ini mengikuti fakta bahwa persamaan (1) tidak berubah karena perbedaan pada himpunan range diantara dua clients. Perhatikan bahwa Kardinalitas maksimum dari himpunan range  $N_{max}$  adalah fungsi dari penempatan AP, sehingga tidak berbeda diantara clients. Juga karena  $N_{max}$  merupakan

properti dari jaringan nirkabel, performa dari algoritma CFAssign-BiS tidak terpengaruh oleh mobilitas dari client.



**Gambar 6.** Plot  $R(n, k, p)$  pada  $n = 8$  dan  $k = 4$

Lebih spesifik, tanpa memperdulikan berapa banyak client yang mobile dan seberapa cepat mereka bergerak, setiap client mempunyai peluang minimum untuk mencapai AP bebas konflik

## **7. Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari studi aplikasi set coloring untuk alokasi channel pada Wireless LAN adalah :

1. Setiap pengalokasian channel yang tidak terkoordinasi dapat menyebabkan inefisiensi dan degradasi performa dari wireless clients
2. Terdapat 2 jenis algoritma yang menggunakan set colouring untuk alokasi frekuensi Wireless LAN yaitu : CFAssign-RaC dan CFAssign-BiS
3. Kedua algoritma tersebut berdasarkan pada pembentukan sistem himpunan yang bebas konflik

4. Setiap client pada sistem himpunan bebas konflik mempunyai himpunan range dan interferensi
5. Himpunan interferensi ialah himpunan dari semua AP yang berada pada jangkauan interferensi dari suatu client membentuk himpunan interferensi yang mengacu pada client tersebut
6. Himpunan range ialah himpunan seluruh AP yang mana client itu berada pada jangkauan transmisi AP

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rossen, Kenneth H. (2003). Discrete Mathematics and Its Applications. McGraw Hill
- [2] Munir, Rinaldi. (2003). Diktat Kuliah IF2153 Matematika Diskrit. Program studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung.
- [3] UW Madison Computer Science Department Homepage. (2006), [www.cs.wisc.edu](http://www.cs.wisc.edu). Tanggal akses: 24 Desember 2006 pukul 20:00.
- [7] University of Cambridge, The Computer Laboratory. (2006), <http://www.cl.cam.ac.uk>. Tanggal akses: 24 Desember 2006 pukul 20:00.
- [7] Imperial College London, Department of Electrical and Electronic Engineering Computer Laboratory. (2006), <http://www.cl.cam.ac.uk>. Tanggal akses: 24 Desember 2006 pukul 20:00.