

PENDEKATAN MODEL ANALITIS UNTUK BROADCAST PADA JARINGAN VANET

Agung Budi Prasetijo

Abstract— The broadcast storm problem in VANETs can be addressed by the use of single-hop and/or two-hop information in VANET's broadcast decision. Most studies had been obtained from experiment and only few of them were from analytical analysis. This study attempts to approach analytically the one-hop information based broadcast. A combination of multiple broadcast schemes can also be analytically derived from the individual analysis. However, one must take a great care of using both speed and vehicular density at once, as analytically, the speed is linearly related to the vehicular density.

Index Terms— Analytical analysis, broadcast decision, broadcast storm, broadcast scheme, VANET.

I. PENDAHULUAN

Badai broadcast (broadcast storm problem) pada jaringan ad-hoc dapat mengakibatkan pemakaian bandwidth yang tidak efisien dan lebih parah lagi dapat mengakibatkan habisnya bandwidth komunikasi. Badai broadcast ini dapat mengakibatkan tabrakan atas informasi yang dikirim oleh masing-masing kendaraan/mobil yang bertetangga, dikarenakan setiap entitas mengirimkan informasi yang sama. Badai broadcast ini terjadi apabila masing-masing mobil mengirim ulang informasi yang diterimanya minimal satu kali, tidak peduli apakah tetangganya juga telah menerima informasi tersebut.

Untuk membuat mobil dapat lebih pintar mengambil keputusan broadcast, perhitungan jarak terhadap pengirim informasi ataupun

jumlah tetangga yang ada, atau informasi lainnya dapat dijadikan dasar perhitungan. Sebagai contoh, dalam mekanisme broadcast berbasis jarak (distance-based broadcast), apabila jarak terhadap pengirim informasi ini lebih tinggi atau sama dengan ambang yang ditentukan, maka kendaraan tersebut berhak untuk mem-broadcast ulang informasi yang diterimanya. Apabila sebaliknya terjadi, maka kendaraan tersebut harus membuang/mendrop informasi yang diterimanya. Contoh lain, apabila duplikat informasi yang diterima melebihi suatu angka tertentu, maka mobil tersebut harus membuang informasi. Sebaliknya, apabila kurang dari angka tersebut, maka mobil harus mem-broadcast ulang informasi yang diterimanya.

Penelitian tentang VANET sangat jarang dilakukan secara nyata, dan kebanyakan diperoleh dari program simulasi. Demikian pula, pemodelan analitis tentang mekanisme broadcast pada VANET lebih sedikit ditemui ketimbang penelitian secara nyata. Untuk itu, maka studi ini membahas pendekatan analitis dari mekanisme broadcast untuk memperkaya literatur riset dengan pendekatan analitis.

II. PENDEKATAN PEMODELAN

Studi ini membahas pendekatan model analitis VANET, mengingat pendekatan analitis yang tepat akan sangat rumit dan tidak memungkinkan perhitungan secara matematisnya. Untuk itu, ada beberapa hal yang membatasi model analitis ini, yaitu beberapa penyederhanaan asumsi:

- Menggunakan hanya 1 atribut/skema pada satu waktu
- Penggunaan banyak atribut (penggunaan dua atau lebih skema broadcast tunggal) diperoleh dari penggabungan rumus masing-masing skema.

Agung Budi Prasetijo bekerja sebagai dosen di Departemen Teknik Sistem Komputer, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia. Email agungprasetijo@ce.undip.ac.id

Dengan penyederhaan asumsi di atas, maka perhitungan secara matematis dapat dilakukan dengan lebih sederhana.

III. PEMODELAN PROBABILITAS

Model menghitung probabilitas mobil untuk mem-broadcast ulang informasi yang diterima dengan mempertimbangkan bahwa ada mobil lain yang tersebar dalam area jaringan (topologi) dapat membuat mobil tersebut men-drop informasi yang diterimanya sebelumnya. Probabilitas untuk mem-broadcast ulang secara keseluruhan dapat dihitung dengan memperhitungkan dan menjumlahkan seluruh probabilitas mobil dalam topologi yang ada. Perhitungan probabilitas keputusan broadcast ini dilakukan dengan metode yang disarankan oleh [1]. Perlu disampaikan di sini, pengaruh dari lapisan MAC diperhitungkan, sehingga tingkat penyebaran informasi (reachability) maksimum tidak sampai 100%. Untuk lebih menyederhanakan perhitungan, studi ini mengadopsi asumsi-asumsi dalam [2].

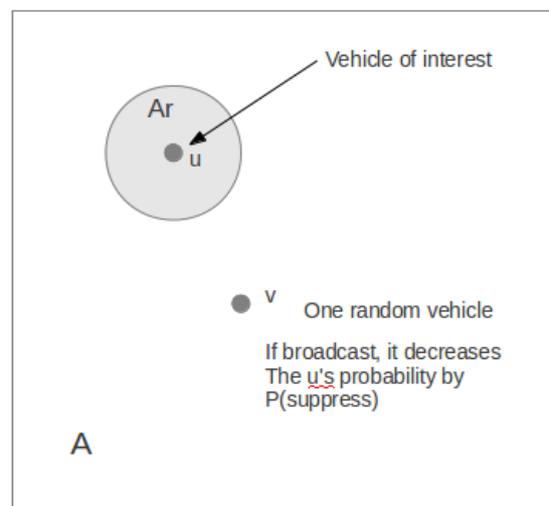
Adapun parameter-parameter dari model probabilitas ini dapat dilihat pada Tabel 1.

| Notasi | Definisi |
|----------|---|
| A | Area topologi |
| Ar | Cakupan radio dengan radius transmisi r |
| N | Jumlah mobil dalam topologi |
| $Pcount$ | Probabilitas broadcast untuk skema counter-based |
| $Pdens$ | Probabilitas broadcast untuk skema density-based |
| $Pdist$ | Probabilitas broadcast untuk skema distance-based |
| P_{RB} | Probabilitas kombinasi dari skema multi-atribut |
| $Pspeed$ | Probabilitas broadcast dari skema speed-based |
| $Tcount$ | Angka ambang untuk skema counter-based |
| $Tdens$ | Angka ambang untuk skema density-based |
| $Tdist$ | Angka ambang untuk skema distance-based |
| $Tspeed$ | Angka ambang untuk skema |

| |
|---|
| speed-based |
| Tingkat penyebaran pesan (reachability) |
| Jangkauan transmisi radio |

Tabel 1. Definisi notasi yang digunakan dalam model

Model ini memperhitungkan probabilitas sebuah mobil untuk mem-broadcast ulang suatu informasi/pesan berdasar jangkauan relatif Ar terhadap area topologi yang ada (lihat Gambar 1), serta mempertimbangkan laju supresi rebroadcast oleh mobil lain selama periode waktu tunggu rebroadcast (RAD, Random Assessment Delay).



Gambar. 4 Cakupan radio Ar dari sebuah mobil dalam sebuah topologi A

Perbandingan Ar terhadap A (Ar/A) dan komplemennya, yaitu $[1 - (Ar/A)]$ digunakan untuk menghitung berbagai nilai, seperti probabilitas dari dua mobil saling bertetangga (yaitu jarak tidak melebihi jangkauan radio r) dan probabilitas supresi rebroadcast dari mobil yang dimaksud. Setiap mobil akan menyumbang nilai probabilitas supresi tersebut di atas.

Dalam analisa, ditentukan topologi jaringan adalah $1.500m \times 1.500m$ dan transmisi radio r di set tetap pada $250m$. Selain itu, diasumsikan bahwa distribusi mobil dalam topologi A adalah merata (uniform) dan terdistribusi secara acak. Selain itu, skema broadcast diasumsikan pada jaringan yang "silent", yaitu tidak

mempertimbangkan tabrakan antar paket informasi.

M. Probabilitas Skema Counter-based

Untuk skema counter-based, mobil dapat mem-broadcast ulang pesan yang diterima apabila ia menerima kurang dari jumlah tertentu Tcount selama waktu tunggu broadcast (RAD). Dari pendekatan ini, analisis dapat diformulasi dalam dua prakondisi (prakondisi A dan prakondisi B):

- A – mobil u menerima broadcast pesan dari satu mobil lain dalam topologi A. Sehingga, u haruslah merupakan tetangga dari mobil acak v.
- B – sekurang-kurangnya ada mobil sebanyak [Tcount – 2] yang terlindungi transmisi radio mobil u selama waktu tunggu RAD.

Untuk prakondisi A, probabilitas mobil u adalah tetangga dari mobil acak v (yaitu P(A)) adalah:

$$P(A) = \frac{\pi r^2}{A}$$

Untuk prakondisi B, kita anggap bahwa probabilitas masing masing mobil memiliki kesamaan dalam hal rebroadcast yaitu Pcount. Sehingga, ekspektasi dari dua waktu tunggu RAD milik u dan v adalah sama. Maka dari itu, ada kesamaan probabilitas dari RAD milik v untuk selesai sebelum RAD milik u selesai.

$$P(B) = \frac{P_{count}}{2}$$

Dari kedua prakondisi di atas, maka dapat ditulis sebagai berikut:

$$P(A \cap B) = P(B|A).P(A) = \frac{\pi r^2 P_{count}}{2A}$$

Persamaan ini menjelaskan bahwa probabilitas mobil u untuk menaikkan counter Tcount akibat adanya mobil lain v yang broadcast. Namun demikian, tujuan dari perhitungan analitis ini adalah untuk menentukan probabilitas Pcount dari mobil u untuk mem-broadcast ulang pesan yang diterima.

Mobil u akan membroadcast ulang apabila ia menerima pesan yang sama kurang dari ambang Tcount selama waktu tunggu broadcast. Oleh karenanya, Pcount dapat dihitung dengan menjumlahkan probabilitas diterimanya pesan antara 1 dan (Tcount – 1) kali.

$$P_{count} = \sum_{i=0}^{T_{count}-2} \binom{N-2}{i} (P_Q)^i (1 - P_Q)^{N-2-i}$$

Dengan P_Q sendiri adalah apa yang ditulis pada gabungan kedua prakondisi A dan B tersebut di atas. Oleh karenanya, diperoleh:

$$P_{count} = \sum_{i=0}^{T_{count}-2} \binom{N-2}{i} \left(\frac{\pi r^2 P_{count}}{2A} \right)^i \left(1 - \frac{\pi r^2 P_{count}}{2A} \right)^{N-2-i}$$

Catatan, [N – 2] dipakai karena mobil v tidak diperhitungkan, karena darinya pesan pertama kali diterima.

N. Probabilitas Skema Distance-based

Pada skema jarak terhadap pengirim, mobil u akan mem-broadcast ulang pesan apabila selama periode RAD tidak ada mobil yang memiliki jarak kurang dari ambang batas Tdens dari mobil v yang mengirim pesan. Mobil u memiliki probabilitas broadcast bila dua prakondisi terpenuhi:

- A – mobil v berada pada jarak tidak kurang dari Tdens.
- B – mobil lainnya yang berada sejarak kurang dari Tdist terhadap mobil u tidak boleh merebroadcast pesan.

Untuk prakondisi A, probabilitas dari sebuah mobil acak untuk mengirim pesan pada area annulus yang berpusat pada mobil u adalah:

$$P(A) = \frac{\pi r^2 - \pi T_{dist}^2}{\pi r^2} = 1 - \frac{T_{dist}^2}{r^2}$$

Untuk prakondisi B, probabilitas rebroadcast dari sebuah mobil acak yang dibatasi oleh Tdist adalah $\frac{\pi T_{dist}^2 P_{dist}}{2A}$.

Oleh karenanya, keadaan B akan menghambat probabilitas broadcast mobil u. jadi, probabilitas mobil u tidak terhambat rebroadcast-nya dapat dihitung sebagai berikut:

$$P(B) = \left(1 - \frac{\pi T_{dist}^2 P_{dist}}{2A} \right)^{N-2}$$

Dari dua prakondisi tersebut, dapat dihitung probabilitas mobil u merebroadcast pesan yang diterima adalah:

$$P_{dist} = P(A \cap B) = \left(1 - \frac{T_{dist}^2}{r^2} \right) \left(1 - \frac{\pi T_{dist}^2 P_{dist}}{2A} \right)^{N-2}$$

O. Probabilitas Skema Density-based

Skema kerapatan mobil sebagai ukuran hanya memperhitungkan jumlah mobil dalam

jangkauan radio mobil u yang ada pada saat waktu tunggu broadcast selesai. Apabila jumlahnya kurang dari ambang T_{dens} , maka mobil u harus mem-broadcast pesan yang diterima. Penurunan probabilitas broadcast dari skema ini sangat sederhana. Probabilitas mobil memiliki tetangga adalah $\frac{\pi r^2}{A}$. Jadi probabilitas mobil u memiliki tepat sejumlah i tetangga adalah:

$$\binom{N-1}{i} \left(\frac{\pi r^2}{A}\right)^i \left(1 - \frac{\pi r^2}{A}\right)^{N-1-i}$$

Oleh karena itu, probabilitas broadcast untuk skema density-based adalah:

$$P_{dens} = \sum_{i=0}^{T_{dens}} \binom{N-1}{i} \left(\frac{\pi r^2}{A}\right)^i \left(1 - \frac{\pi r^2}{A}\right)^{N-1-i}$$

P. Probabilitas Skema Speed-based

Untuk basis kecepatan, model awal tidak ada keterkaitan dengan kecepatan mobil. Untuk itu, kami menggunakan model Greenshield [3] yang menghubungkan antara kecepatan dengan kepadatan mobil. Greenshield mengasumsikan bahwa pada aliran kendaraan yang tidak terinterupsi, kecepatan dan kepadatan mobil memiliki hubungan yang linier [4].

$$\frac{v}{v_{free}} = 1 - \frac{k}{k_{jam}}$$

Dengan v_{free} adalah kecepatan aliran bebas (free-flow) dan k_{jam} adalah kepadatan mobil saat jalan macet. Model Greenshield ini secara langsung menjelaskan bahwa jumlah dari probabilitas kecepatan dan probabilitas densitas mobil adalah 1. Oleh karena itu, kecepatan dapat diwakili oleh probabilitas kepadatan mobil sebagai berikut:

$$P_{speed} = 1 - P_{dens}$$

$$P_{speed} = 1 - \sum_{i=0}^{T_{dens}} \binom{N-1}{i} \left(\frac{\pi r^2}{A}\right)^i \left(1 - \frac{\pi r^2}{A}\right)^{N-1-i}$$

Q. Probabilitas Skema Movement-Direction-based

Dengan penyederhanaan asumsi, dikarenakan probabilitas arah gerak mobil pengirim pesan dan penerima adalah 0,5 maka secara sederhana probabilitas mobil u memiliki kesamaan/ketidaksamaan arah adalah:

$$P_{dirs} = \frac{1}{2}$$

R. Reachability dari Sebuah Skema

Untuk menghitung reachability (RE) dari salah satu skema broadcast, satu dari dua kondisi di bawah ini harus terpenuhi:

- A – mobil u harus terletak pada jangkauan transmisi mobil s pengirim pesan
- B – mobil u menerima pesan broadcast dari mobil lain selain mobil s

Untuk kondisi A, probabilitas dari dua kendaraan u dan s bertetangga adalah:

$$P(A) = \frac{\pi r^2}{A}$$

Untuk kondisi B, karena probabilitas dari mobil sebarang v (tetapi bukan mobil u maupun mobil s) berada pada jangkauan transmisi u dan membroadcast ulang pesan adalah

$$\frac{\pi r^2}{A} P_{RB}$$

Maka probabilitas paling tidak ada tetangga mobil u yang mengirim ulang adalah:

$$1 - \left(1 - \frac{\pi r^2}{A} P_{RB}\right)$$

P_{RB} sendiri adalah fungsi dari probabilitas broadcast dari skema-skema broadcast yang telah dijelaskan di atas (P_{dens} , P_{dist} , dan sebagainya). Sehingga reachability dapat dihitung sebagai berikut:

$$RE = P(A \cup B) = \frac{\pi r^2}{A} + \left[1 - \left(1 - \frac{\pi r^2}{A} P_{RB}\right)^{N-2}\right] \left(1 - \frac{\pi r^2}{A}\right)$$

S. Penggunaan Dua atau Lebih Skema Broadcast

Untuk perhitungan probabilitas broadcast dengan dua atau lebih atribut, P_{RB} sendiri harus merupakan fungsi dari probabilitas broadcast masing-masing yang digunakan. Misalnya, dikehendaki untuk mempertimbangkan seluruh skema dalam satu waktu, maka:

$$P_{RB} = f(P_{count}, P_{dist}, P_{dens}, P_{speed}, P_{dirs})$$

Adapun $f(*)$ adalah fungsi yang dapat didefinisikan sesuka hati, seperti penggunaan pembobotan (weighting), penggunaan operasi logika, atau merupakan formula yang lebih kompleks lagi.

Sehingga, untuk skema multi-atribut (penggunaan lebih dari satu skema broadcast dalam satu waktu), sejumlah persamaan harus dipenuhi untuk mencari probabilitas broadcast

sebuah mobil beserta reachability-nya sebagai berikut:

$$RE = \frac{\pi r^2}{A} + \left[1 - \left(1 - \frac{\pi r^2}{A} P_{RB} \right)^{N-2} \right] \left(1 - \frac{\pi r^2}{A} \right)$$

dengan

$$P_{RB} = f(P_{count}, P_{dist}, P_{dens}, P_{speed}, P_{dirs})$$

dimana:

$$P_{count} = \sum_{i=0}^{T_{count}-2} \binom{N-2}{i} \left(\frac{\pi r^2 P_{count}}{2A} \right)^i \left(1 - \frac{\pi r^2 P_{count}}{2A} \right)^{N-2-i}$$

$$P_{dist} = \left(1 - \frac{T_{dist}^2}{r^2} \right) \left(1 - \frac{\pi T_{dist}^2 P_{dist}}{2A} \right)^{N-2}$$

$$P_{dens} = \sum_{i=0}^{T_{dens}} \binom{N-1}{i} \left(\frac{\pi r^2}{A} \right)^i \left(1 - \frac{\pi r^2}{A} \right)^{N-1-i}$$

$$P_{speed} = 1 - \sum_{i=0}^{T_{dens}} \binom{N-1}{i} \left(\frac{\pi r^2}{A} \right)^i \left(1 - \frac{\pi r^2}{A} \right)^{N-1-i}$$

$$P_{dirs} = \frac{1}{2}$$

IV. KESIMPULAN

Dari persamaan-persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa masing-masing skema memiliki probabilitas broadcast yang spesifik dan efektifitasnya tergantung dari situasi dan karakteristik pergerakan kendaraan. Skema broadcast dapat merupakan gabungan dari skema broadcast individu dengan pemilihan fungsi kombinasi $f(*)$ yang masuk akal. Seperti halnya ketika hendak menggabungkan antara

kecepatan kendaraan dan densitas kendaraan, maka fungsi yang harus dihindari adalah fungsi rerata, karena penjumlahan P_{speed} dan P_{dens} akan selalu 0,5.

REFERENSI

- [1] Li, X. ; Chen, S. ; Qin, Z. ; Hu, B.: A new model to optimize the cost efficiency of broadcast in mobile ad hoc networks. In: Ubiquitous Intelligence and Computing – Lecture Notes in Computer Science Bd. 4159, 2006, pp. 260–267
- [2] Williams, B. ; Mehta, D.P. ; Camp, T. ; Navidi, W.: Predictive Models to Rebroadcast in Mobile Ad Hoc Networks. In: IEEE Transactions on Mobile Computing 3 (2004), Jul-Aug, No. 3, pp. 295–303
- [3] Transportation Engineering Online Lab Manual. 2003. – URL http://www.webpages.uidaho.edu/niatt_lab_manual/
- [4] Fricker, J.D. ; Whitford, R.K.: Fundamentals of Transportation Engineering: A Multimodal Systems Approach. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2004