

Le protocole VADD

Le modèle de VADD

Hypothèse pour le modèle:

- Les véhicules communiquent entre eux via un canal sans fil à courte portée (100–250 m).
- Les informations de livraison de paquets, telles que :
 - ✓ l'ID source,
 - ✓ l'emplacement de la source,
 - ✓ l'heure de génération du paquet,
 - ✓ l'emplacement de destination,
 - ✓ l'heure d'expiration, etc.,
- sont spécifiées par la source de données et sont placées dans l'en-tête du paquet.
- Un véhicule connaît sa position.
- Les véhicules incluent leur propre emplacement physique, leur vitesse de déplacement et leurs informations de direction dans leurs messages « **beacon** » **périodiques** et ces informations peuvent être **entendues** par leurs **voisins à un saut**.

Le protocole VADD

Le modèle de VADD

Hypothèse pour le modèle:

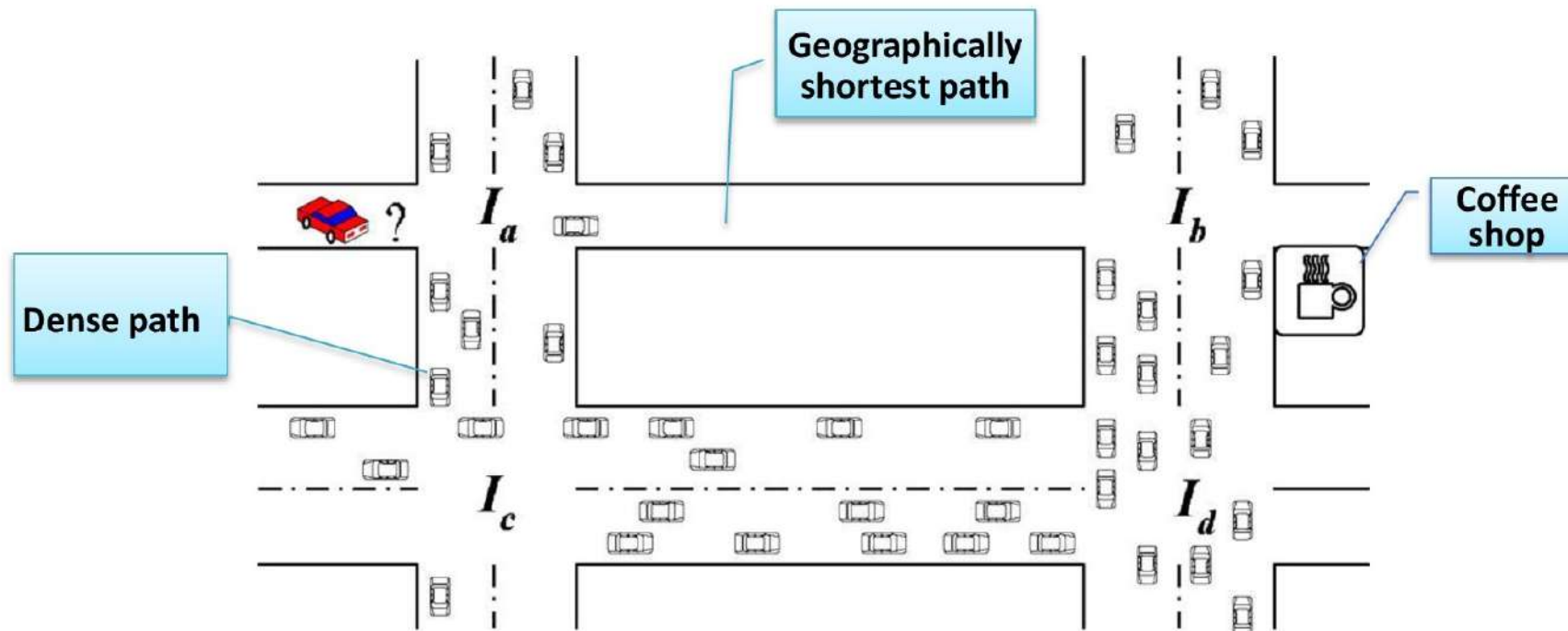
- Les véhicules sont équipés de cartes numériques préchargées, qui fournissent une **carte** au niveau de la rue et des **statistiques de trafic** telles que:
 - la **densité** du **trafic**,
 - la **vitesse** du véhicule sur les routes à **différents moments** de la journée
 - **l'horaire** des **feux** de circulation (ex: **la durée du feu rouge**) aux intersections.
- Chaque véhicule **connait** la **position** de **ses voisins** par l'échange des messages « beacon ».
 - Un message « beacon » contient:
 - ✓ La vitesse des véhicules
 - ✓ La direction des véhicules
 - ✓ La position des véhicules
- Chaque véhicule connait les informations routières et les statistiques du trafic à partir d'une carte digitale.

Le protocole VADD

Mode de transmission des paquets pour VADD

Le fonctionnement de VADD (Exemple de VADD Delay Model)

- ❖ Le **mécanisme** de **routage** se base, d'une part sur les **positionnements courants** des véhicules dans le voisinage et d'autre part, sur l'**état** de la **circulation** dans le réseau routier.
- ❖ Dans VADD, les **routes les plus denses** en véhicules sont **considérées** comme les **chemins optimaux** pour le routage des paquets.

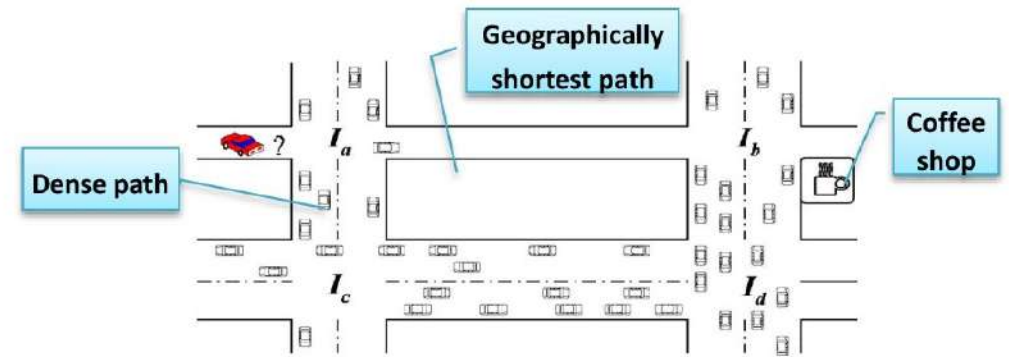


Find a path to the coffee shop

Le protocole VADD

Mode de transmission des paquets pour VADD

❖ (Exemple de VADD Delay Model)

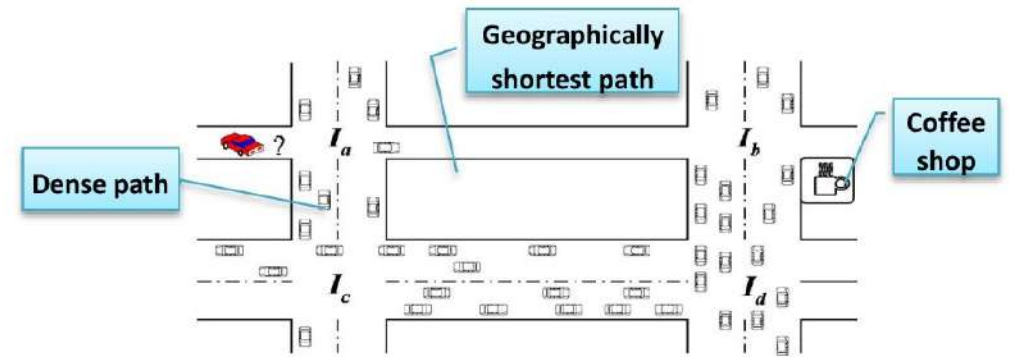


- ❖ Supposons qu'un conducteur se rapproche de l'intersection I_a et il envoie une demande au café situé dans le coin de l'intersection I_b pour faire une réservation.
- ❖ La transmission de la demande à travers $I_a \rightarrow I_c$, $I_c \rightarrow I_d$ et $I_d \rightarrow I_b$ serait **plus rapide** que par $I_a \rightarrow I_b$ même si ce dernier fournit le chemin **géographiquement** le plus **court**.

Le protocole VADD

Mode de transmission des paquets pour VADD

❖ (Exemple de VADD Delay Model)



- ❖ La raison en est que, en cas de déconnexion, le paquet doit être **porté** par le véhicule, dont la **vitesse** de déplacement est nettement **plus lente** que la communication sans fil.
- ❖ Toutefois, il n'est pas **toujours possible** de savoir à **l'avance** le **changement** de comportement des véhicules ainsi que les **changements** de **l'état de la circulation** dans un réseau routier, les nœuds peuvent changer de direction et sortir du chemin à tout moment et pour cette raison, le véhicule doit **garder** le paquet et **chercher** un nœud **retransmetteur capable** de **délivrer** le **paquet** avec succès .



Le protocole VADD

Mode de transmission des paquets pour VADD



- ❖ Dans les réseaux **peu connectés**, les véhicules doivent essayer d'utiliser le canal de **communication sans fil** ou, autrement, recours aux **véhicules** qui roulent **plus vite**.

- ❖ Ainsi, le VADD suit les principes de base suivants:

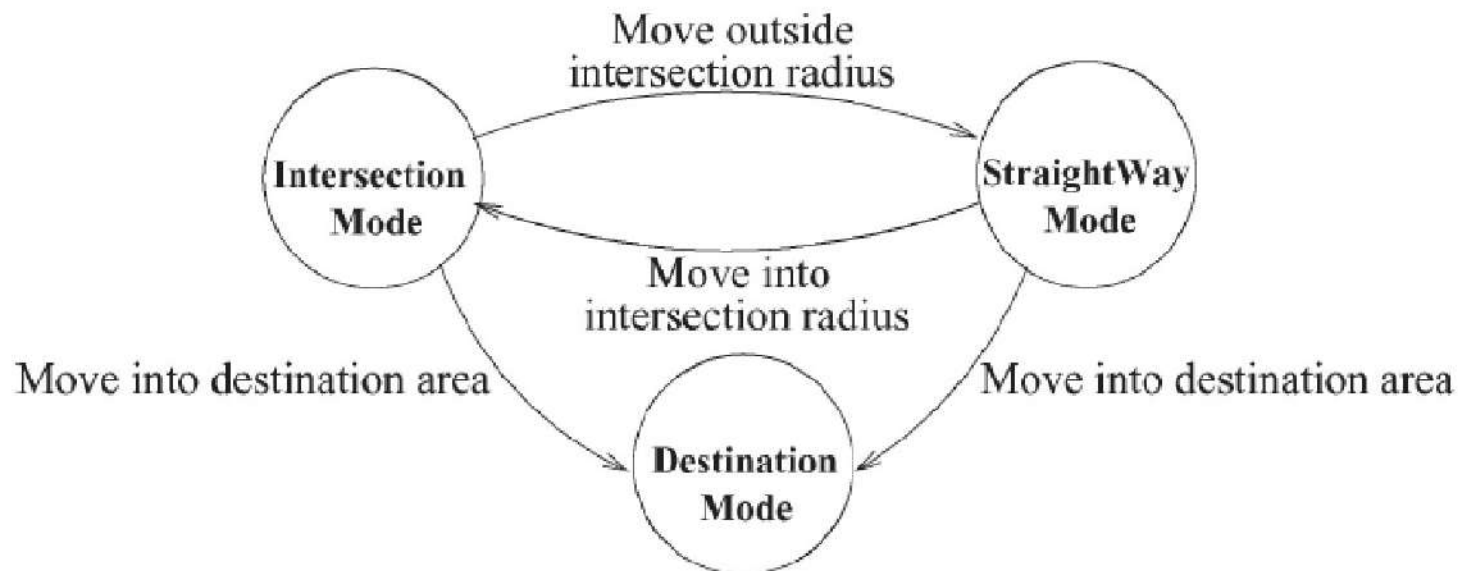
1. Transmettre par des canaux sans fil, autant que possible.
2. Si le paquet doit être **porté** par certaines routes, la **route** à **vitesse plus élevée** doit être **choisie**.
3. En raison de la nature imprévisible des VANET, nous ne pouvons pas s'attendre à ce que le paquet soit acheminé avec succès le long du chemin optimal précalculé, donc la sélection de chemin dynamique doit être exécuté en continu tout au long du processus de transfert de paquets.



Le protocole VADD

Mode de transmission des paquets pour VADD

- ❖ VADD a **trois modes** de paquets, à savoir, **Intersection**, **Chemin droit** et **Destination**, en fonction de l'emplacement du véhicule transporteur de paquets.
- ❖ En commutant entre ces modes de paquets, le transporteur du paquet prend le meilleur chemin de transfert de paquets.
- ❖ Parmi les trois modes, le mode **d'intersection** est le plus **critique** et le plus **compliqué** un puisque les véhicules ont **plus de choix** à l'intersection.



Transition modes in VADD

Le protocole VADD

VADD Delay Model

Définition du délai de livraison des paquets (*packet-delivery delay*)

❖ Les notations utilisées :

Terme	Signification
r_{ij}	la route de I_i à I_j
l_{ij}	la distance euclidienne de r_{ij}
ρ_{ij}	la densité de véhicules sur r_{ij}
v_{ij}	la vitesse moyenne du véhicule sur r_{ij}
d_{ij}	le délai de transfert de paquet attendu de I_i à I_j

❖ On suppose que les **distances intervéhicules** suivent une distribution exponentielle, avec une distance moyenne égale à $1/\rho_{ij}$

❖ Donc
$$d_{ij} = (1 - e^{-R \cdot \rho_{ij}}) \cdot \frac{l_{ij} \cdot c}{R} + e^{-R \cdot \rho_{ij}} \cdot \frac{l_{ij}}{v_{ij}} \quad (1)$$

❖ où R est la **portée de transmission** sans fil et c est le **délai moyen** d'une transmission à **un saut**.

❖ L'équation (1) indique que les distances intervéhicules sont inférieures à R sur une portion de $1 - e^{-R/\rho_{ij}}$ de la route, où la **transmission sans fil est utilisée** pour transmettre le paquet.

❖ Sur le reste de la route, les véhicules sont utilisés pour **transporter** les données.

Le protocole VADD

VADD Delay Model

Problématique

- ❖ Pour visualiser le modèle de retard VADD, le VANET est représenté avec un **graphe orienté**, où:
 - les **nœuds** représentent les **intersections** et
 - les **arcs** représentent les **routes** reliant les intersections adjacentes.
- ❖ La direction de chaque arête est le sens du trafic.
- ❖ Le **délai** de transmission des paquets **entre deux intersections** adjacentes est le **poids** de l'arc.

Le protocole VADD

VADD Delay Model

Problématique

- ❖ La sélection d'un **chemin optimal** consiste à calculer le chemin le **plus court** de la **source** à la **destination** en appliquant l'algorithme de **Dijkstra**.
- ❖ Cependant, cette solution simple ne fonctionne pas puisque nous ne pouvons pas choisir librement l'arc sortant pour transmettre le paquet à une intersection.
- ❖ **Seulement** les **arcs avec** des **véhicules** dessus qui **seront utilisés** pour transporter des paquets peuvent être le **chemin candidat** pour le transfert de paquets.
- ❖ Cependant, nous ne savons pas, avec certitude, dans quelle direction le paquet ira au prochaine intersection.
- ❖ Il est **impossible** de **calculer** le **chemin complet** de transfert de paquets.

Le protocole VADD

VADD Delay Model

Solution

- ❖ Pour résoudre ce problème, un **modèle stochastique** a été proposé pour **estimer** le **délai** de livraison des données, qui est utilisé **pour sélectionner** la **prochaine route** (intersection).

Les notations utilisées:

Terme	Signification
D_{ij}	le délai de livraison de paquet attendu de I_i au destination si le transporteur de paquets à I_i choisit de livrer le paquet suivant la route r_{ij}
P_{ij}	la la probabilité que le paquet soit transmis via route r_{ij} à I_i
$N(j)$	l'ensemble des intersections voisines de I_j

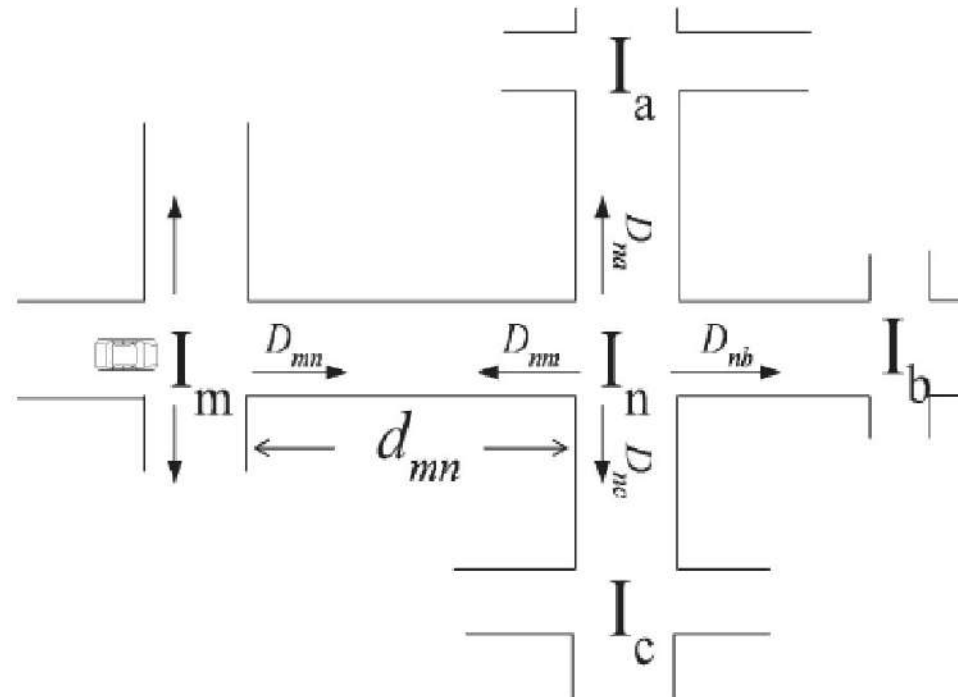
Terme	Signification
r_{ij}	la route de I_i à I_j
l_{ij}	la distance euclidienne de r_{ij}
ρ_{ij}	la densité de véhicules sur r_{ij}
v_{ij}	la vitesse moyenne du véhicule sur r_{ij}
d_{ij}	le délai de transfert de paquet attendu de I_i à I_j

Le protocole VADD

VADD Delay Model

Terme	Signification
D_{ij}	le délai de livraison de paquet attendu de I_i au destination si le transporteur de paquets à I_i choisit de livrer le paquet suivant la route r_{ij}
P_{ij}	la la probabilité que le paquet soit transmis via route r_{ij} à I_j
$N(j)$	l'ensemble des intersections voisines de I_j

Terme	Signification
r_{ij}	la route de I_i à I_j
l_{ij}	la distance euclidienne de r_{ij}
ρ_{ij}	la densité de véhicules sur r_{ij}
v_{ij}	la vitesse moyenne du véhicule sur r_{ij}
d_{ij}	le délai de transfert de paquet attendu de I_i à I_j



Le protocole VADD

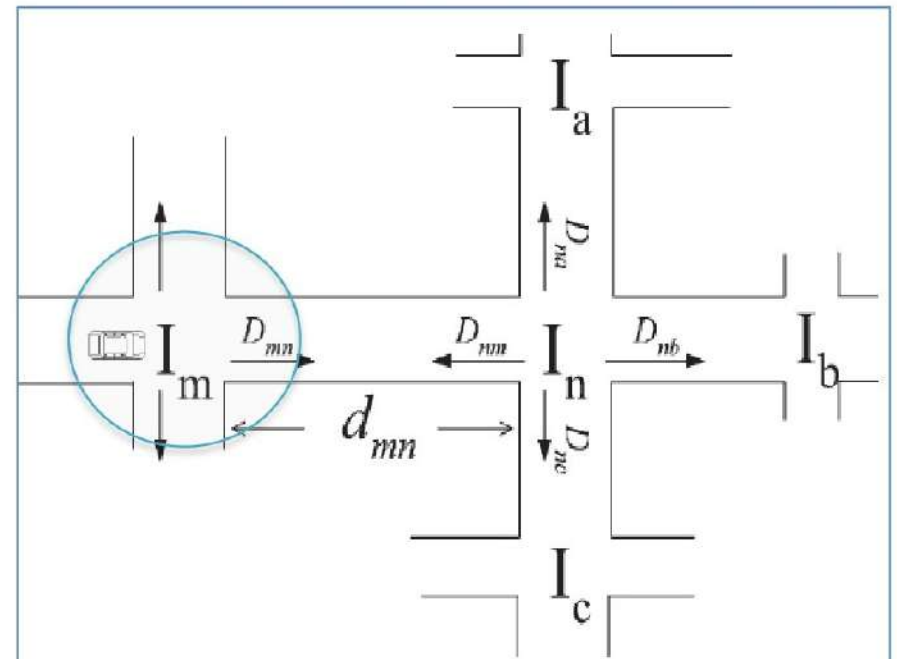
VADD Delay Model

Terme	Signification
D_{ij}	le délai de livraison de paquet attendu de I_i au destination si le transporteur de paquets à I_i choisit de livrer le paquet suivant la route r_{ij}
P_{ij}	la la probabilité que le paquet soit transmis via route r_{ij} à I_j
$N(j)$	l'ensemble des intersections voisines de I_j

Terme	Signification
r_{ij}	la route de I_i à I_j
l_{ij}	la distance euclidienne de r_{ij}
ρ_{ij}	la densité de véhicules sur r_{ij}
v_{ij}	la vitesse moyenne du véhicule sur r_{ij}
d_{ij}	le délai de transfert de paquet attendu de I_i à I_j

➤ Pour un paquet qui se trouve à I_m , le **délai** prévu de **livraison** du paquet **via** la route r_{mn} est :

➤
$$D_{mn} = d_{mn} + \sum_{j \in N(n)} (P_{nj} * D_{nj}) \quad (2)$$



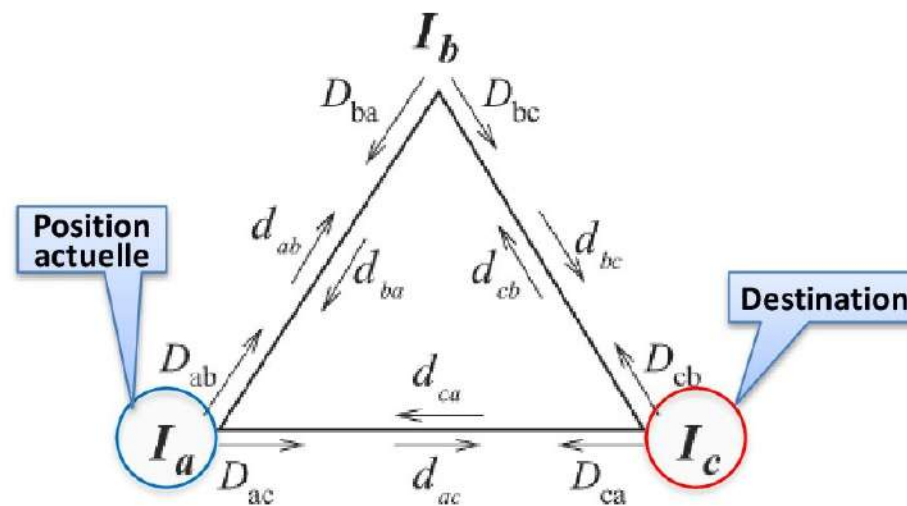
Le protocole VADD

VADD Delay Model

- ❖ Application de l'équation (2) à une route en triangle simple qui ne contient que **trois** intersections ***I_a***, ***I_b*** et ***I_c***.

$$D_{mn} = d_{mn} + \sum_{j \in N(n)} (P_{nj} * D_{nj}) \quad (2)$$

- ❖ Supposons qu'un paquet de données atteigne ***I_a*** et que la destination soit ***I_c***.
- ❖ Le schéma de transfert doit décider s'il faut transférer le paquet via la route vers ***I_c*** ou ***I_b***.
- ❖ Cela se fait en calculant la valeur de ***D_{ac}*** et ***D_{ab}*** et en **choisissant** la plus **petite**.



Graphe routier

Le protocole VADD

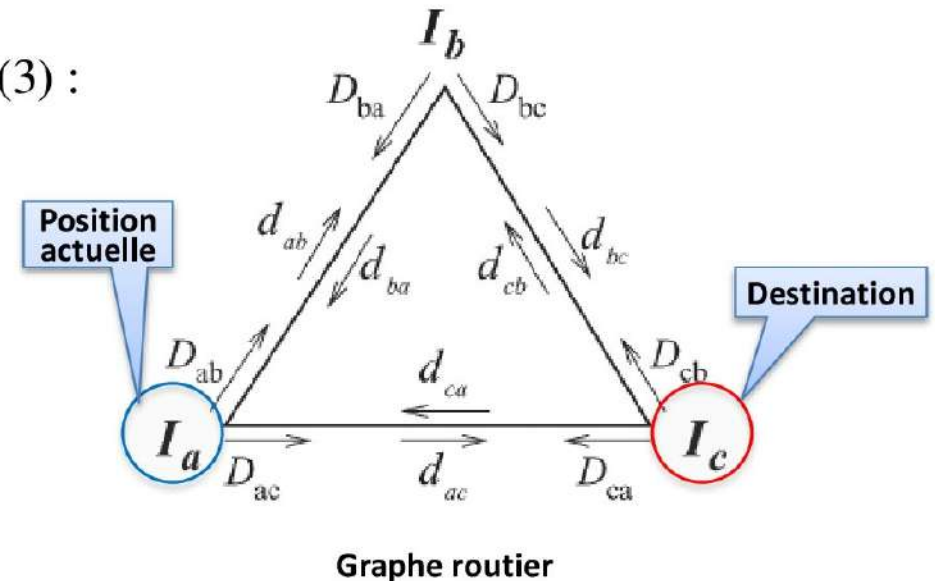
VADD Delay Model

- ❖ Application de l'équation (2) à une route en triangle simple qui ne contient que **trois** intersections **I_a** , **I_b** et **I_c** .

$$D_{mn} = d_{mn} + \sum_{j \in N(n)} (P_{nj} * D_{nj}) \quad (2)$$

- ❖ En appliquant (2), on a les équations linéaires suivantes (3) :

$$\left\{ \begin{array}{l} D_{ac} = d_{ac} \\ D_{ab} = d_{ab} + (P_{ba} \cdot \mathbf{D}_{ba}) + (P_{bc} \cdot \mathbf{D}_{bc}) \\ \mathbf{D}_{ba} = d_{ba} + (P_{ab} \cdot \mathbf{D}_{ab}) + (P_{ac} \cdot \mathbf{D}_{ac}) \\ \mathbf{D}_{bc} = d_{bc} \\ D_{cb} = 0 \\ D_{ca} = 0. \end{array} \right. \quad (3)$$

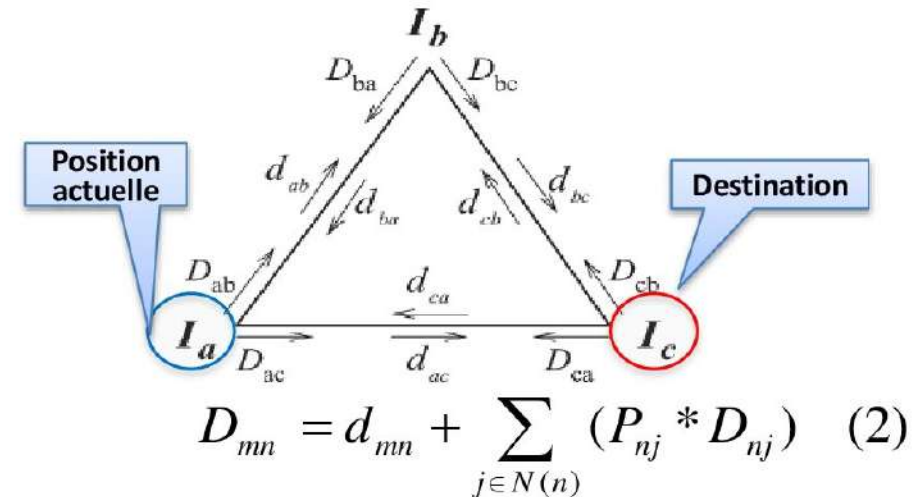


- ✓ Notez que **d_{cb}** et **d_{ca}** sont égaux à **zéro** puisque le paquet arrive déjà à la destination **I_c** , et ils ne seront plus transmis.
- ✓ Nous pouvons facilement résoudre (3) et obtenir **D_{ac}** et **D_{ab}**

Le protocole VADD

VADD Delay Model

$$\left\{ \begin{array}{l} D_{ac} = d_{ac} \\ \mathbf{Dab} = dab + (P_{ba} \cdot \mathbf{Dba}) + (P_{bc} \cdot \mathbf{Dbc}) \\ \mathbf{Dba} = dba + (P_{ab} \cdot \mathbf{Dab}) + (P_{ac} \cdot \mathbf{Dac}) \\ \mathbf{Dbc} = dbc \\ D_{cb} = 0 \\ D_{ca} = 0. \end{array} \right\} (3)$$



✓ Nous pouvons facilement résoudre (3) et obtenir **Dab** et **Dac**

Dac = dac

$$\mathbf{Dab} = dab + (P_{ba} \cdot \mathbf{Dba}) + (P_{bc} \cdot \mathbf{dbc})$$

$$\mathbf{Dba} = dba + (P_{ab} \cdot \mathbf{Dab}) + (P_{ac} \cdot \mathbf{dac})$$

$$D_{ab} = \frac{1}{1 - P_{ab} \cdot P_{ba}} \times (d_{ab} + P_{ba} \cdot d_{ba} + P_{ba} \cdot P_{ac} \cdot d_{ac} + P_{bc} \cdot d_{bc}).$$

$$\mathbf{Dab} = (P_{ba} \cdot \mathbf{Dba}) + (P_{bc} \cdot \mathbf{dbc}) + dab$$

$$\mathbf{Dab} = (P_{ba} \cdot (dba + (P_{ab} \cdot \mathbf{Dab}) + (P_{ac} \cdot \mathbf{dac})) + (P_{bc} \cdot \mathbf{dbc}) + dab$$

$$\mathbf{Dab} = (P_{ba} \cdot (dba + (P_{ab} \cdot \mathbf{Dab}) + (P_{ac} \cdot \mathbf{dac})) + (P_{bc} \cdot \mathbf{dbc}) + dab$$

Le protocole VADD

VADD Delay Model

- ❖ Trouver le délai de transmission **minimum** entre deux intersections arbitraires est **impossible** car il implique un nombre **illimité d'intersections** inconnues.
- ❖ En plaçant une **frontière**, y compris la source et la destination dans un graphe connexe.
- ❖ Permet de trouver le délai de transfert minimum attendu entre eux.
- ❖ La frontière utilisée est un **cercle**, avec son **point central** à la **destination**.



Frontière incluant l'expéditeur et la destination (coffee shop)

Le protocole VADD

VADD Delay Model

- ❖ Le rayon du cercle est de 4000m si la distance entre le paquet et la destination est inférieure à 3000m ;
- ❖ Sinon, le rayon est la distance entre le paquet et la destination plus 1000m.
- ❖ Étant donné que seules les routes à l'intérieur de la frontière sont utilisées comme chemins disponibles pour calculer le délai, une **grande frontière** couvrant **plus** de **rues** à **haute densité** peut généralement trouver des chemins plus **proches de l'optimal** **mais** avec **plus** de **surcharge** de **calcul**.
- ❖ Il existe un compromis entre la **complexité** de **calcul** et la **précision** de **l'estimation** du délai lors de la sélection de la frontière.

Le protocole VADD

Le protocole **GPSR**
(Greedy Perimeter Stateless Routing)

Le protocole de routage GPSR

Définition

Le protocole de routage GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing)

- ❖ GPSR est un protocole de routage **réactif** qui utilise la **position géographique** des nœuds pour déterminer le **prochain saut**.
- ❖ Dans GPSR, les nœuds diffusent dans le réseau un paquet de signalement « beacon » contenant la position et un identifiant (**ex**: adresse IP). ***(IP, (x,y))***