

Répartition équitable des flux dans les Named Data Networking

Adrien THIBAUD, *TéSA/ENSEEIHT*

Emmanuel CHAPUT, *TéSA/ENSEEIHT*

Julien FASSON, *TéSA/ENSEEIHT*

Fabrice ARNAL, *Thales Alenia Space*

Renaud SALLANTIN, *Thales Alenia Space*

6 Novembre 2019



Introduction

► Rappel sur IP



Communication d'hôte à hôte



Introduction

- ▶ Rappel sur IP



Communication d'hôte à hôte

- ▶ Utilisation en orienté donnée
 - ▶ HTTP (Web)
 - ▶ Content Delivery Network
 - ▶ Peer-to-Peer



Information Centric Network

- ▶ ICN : Communication centrée sur la donnée



Information Centric Network

- ▶ ICN : Communication centrée sur la donnée
- ▶ Architectures :
 - ▶ CCN/NDN [1, 2]
 - ▶ PSIRP/PURSUIT [3]
 - ▶ NetInf [4]



Figure: Frise temporelle des architectures ICN

Named Data Networking

- ▶ Architecture ICN la plus mature
 - ▶ Groupe à l'IETF, l'ICNRG [5], s'en préoccupe principalement



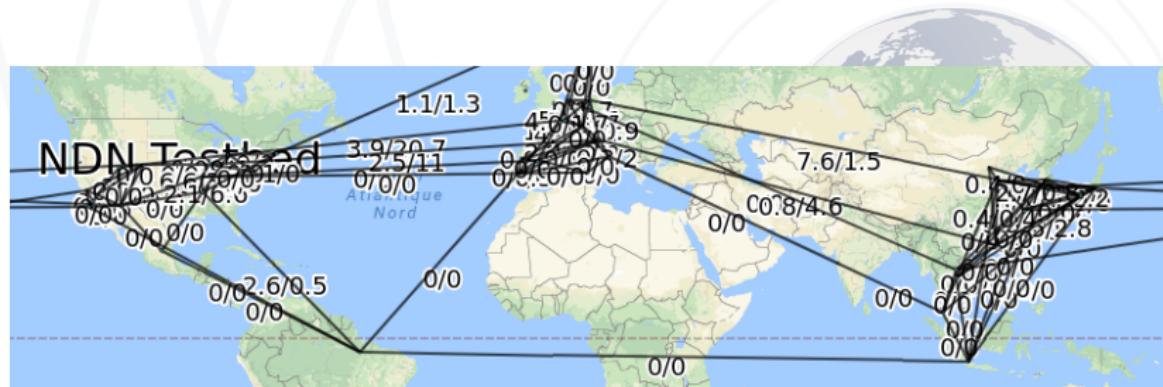
Named Data Networking

- ▶ Architecture ICN la plus mature
 - ▶ Groupe à l'IETF, l'ICNRG [5], s'en préoccupe principalement
- ▶ Déjà bien implémenté et open-source
 - ▶ <https://github.com/named-data>
 - ▶ module ns-3 : <http://ndnsim.net/current/>



Named Data Networking

- ▶ Architecture ICN la plus mature
 - ▶ Groupe à l'IETF, l'ICNRG [5], s'en préoccupe principalement
- ▶ Déjà bien implémenté et open-source
 - ▶ <https://github.com/named-data>
 - ▶ module ns-3 : <http://ndnsim.net/current/>
- ▶ Testbed d'une 50aine de nœuds à travers le monde
 - ▶ <http://ndnmap.arl.wustl.edu/>





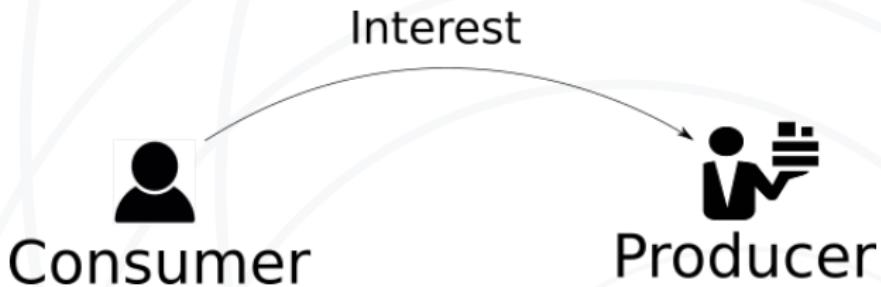
Consumer



Producer



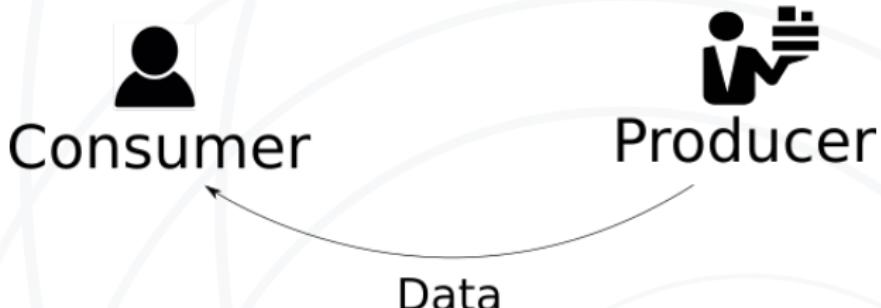
Images venant de [2]



Interest packet

Content Name
Selector (order preference, publisher filter, scope, ...)
Nonce

Images venant de [2]



Interest packet

Content Name
Selector (order preference, publisher filter, scope, ...)
Nonce

Data packet

Content Name
Signature (digest algorithm, witness, ...)
Signed Info (publisher ID, key locator, stale time, ...)
Data

Images venant de [2]

Nommage de la donnée

- ▶ Exemples :
 - ▶ /paris/plan/metro/ligne1/v=2/c=1



Nommage de la donnée

- ▶ Exemples :
 - ▶ `/paris/plan/metro/ligne1/v=2/c=1`
- ▶ Hiérarchique, semblable à une URL
 - ▶ Permet de faire de l'agrégation de routes



Nommage de la donnée

- ▶ Exemples :
 - ▶ `/paris/plan/metro/ligne1/v=2/c=1`
- ▶ Hiérarchique, semblable à une URL
 - ▶ Permet de faire de l'agrégation de routes
- ▶ Séparé en plusieurs parties



Nommage de la donnée

- ▶ Exemples :
 - ▶ `/paris/plan/metro/ligne1/v=2/c=1`
- ▶ Hiérarchique, semblable à une URL
 - ▶ Permet de faire de l'agrégation de routes
- ▶ Séparé en plusieurs parties
 - ▶ Segment pour le **routage**



Nommage de la donnée

- ▶ Exemples :
 - ▶ `/paris/plan/metro/ligne1/v=2/c=1`
- ▶ Hiérarchique, semblable à une URL
 - ▶ Permet de faire de l'agrégation de routes
- ▶ Séparé en plusieurs parties
 - ▶ Segment pour le **routage**
 - ▶ Segment pour l'**application**



Nommage de la donnée

- ▶ Exemples :
 - ▶ `/paris/plan/metro/ligne1/v=2/c=1`
- ▶ Hiérarchique, semblable à une URL
 - ▶ Permet de faire de l'agrégation de routes
- ▶ Séparé en plusieurs parties
 - ▶ Segment pour le **routage**
 - ▶ Segment pour l'**application**
 - ▶ Segment pour le **protocole**



Nommage de la donnée

- ▶ Exemples :
 - ▶ `/paris/plan/metro/ligne1/v=2/c=1`
- ▶ Hiérarchique, semblable à une URL
 - ▶ Permet de faire de l'agrégation de routes
- ▶ Séparé en plusieurs parties
 - ▶ Segment pour le **routage**
 - ▶ Segment pour l'**application**
 - ▶ Segment pour le **protocole**
- ▶ Opaque pour le réseau
 - ▶ *Longest Prefix Match*



Nommage de la donnée

- ▶ Exemples :
 - ▶ `/paris/plan/metro/ligne1/v=2/c=1`
 - ▶ `/paris/plan/bus/ligne1/v=1/c=5`
- ▶ Hiérarchique, semblable à une URL
 - ▶ Permet de faire de l'agrégation de routes
- ▶ Séparé en plusieurs parties
 - ▶ Segment pour le **routage**
 - ▶ Segment pour l'**application**
 - ▶ Segment pour le **protocole**
- ▶ Opaque pour le réseau
 - ▶ *Longest Prefix Match*



Nommage de la donnée

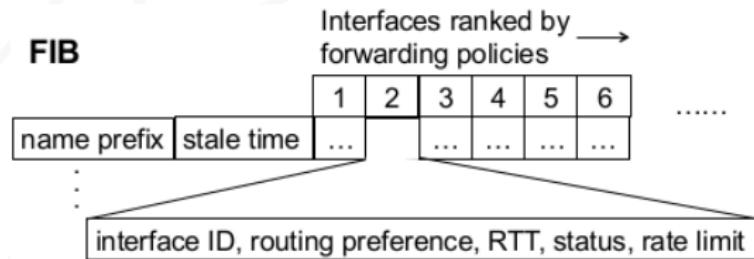
- ▶ Exemples :
 - ▶ `/paris/plan/metro/ligne1/v=2/c=1`
 - ▶ `/paris/plan/bus/ligne1/v=1/c=5`
 - ▶ `/toulouse/plan/metro/ligne1/v=2/c=3`
- ▶ Hiérarchique, semblable à une URL
 - ▶ Permet de faire de l'agrégation de routes
- ▶ Séparé en plusieurs parties
 - ▶ Segment pour le **routage**
 - ▶ Segment pour l' **application**
 - ▶ Segment pour le **protocole**
- ▶ Opaque pour le réseau
 - ▶ *Longest Prefix Match*



Forwarding de la donnée

► Forwarding de l'Interest

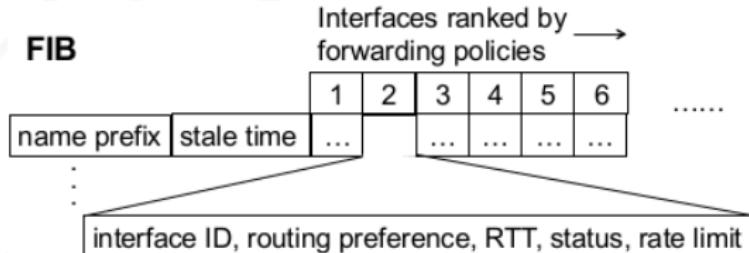
- Grâce à la *Forwarding Information Base*



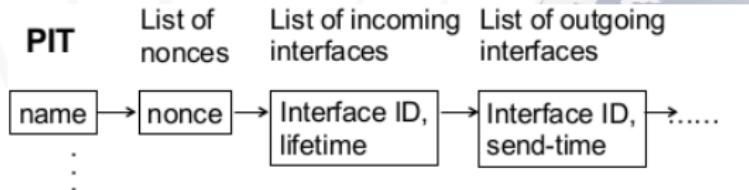
Images venant de [2]

Forwarding de la donnée

- ▶ Forwarding de l'Interest
 - ▶ Grâce à la *Forwarding Information Base*



- ▶ Forwarding de la **Data**
 - ▶ Via le chemin inverse de la demande
 - ▶ Avec l'aide de la *Pending Interest Table*



- #### ► Assure le **Flow balance**

Images venant de [2]

Mettre en cache la donnée

- ▶ Favoriser par l'*intégrité* de la donnée



Mettre en cache la donnée

- ▶ Favoriser par l'*intégrité* de la donnée
- ▶ On-Path Caching
 - ▶ Utilisation du **Content Store**
 - ▶ Fait de manière opportuniste



Mettre en cache la donnée

- ▶ Favoriser par l'*intégrité* de la donnée
- ▶ On-Path Caching
 - ▶ Utilisation du **Content Store**
 - ▶ Fait de manière opportuniste
- ▶ Off-Path Caching
 - ▶ CDN-like



Multi-chemin et Multicast

- ▶ Multi-chemin :
 - ▶ Gérer par la **Forwarding Strategy**



Multi-chemin et Multicast

- ▶ Multi-chemin :
 - ▶ Gérer par la **Forwarding Strategy**
- ▶ Multicast :
 - ▶ Gérer avec l'**agrégation des Interests**
 - ▶ Assez marginal



Récapitulatif

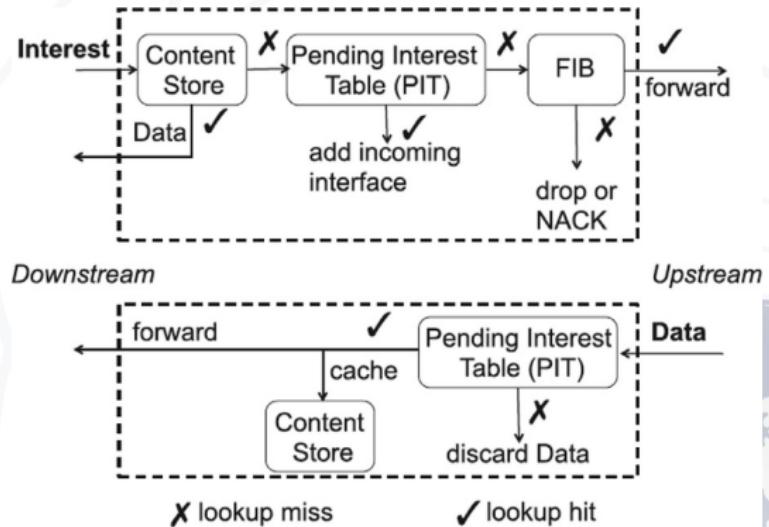
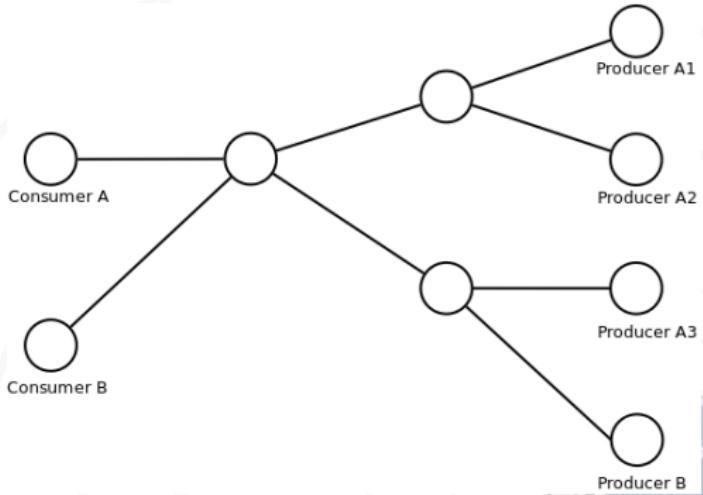


Image venant de [2]

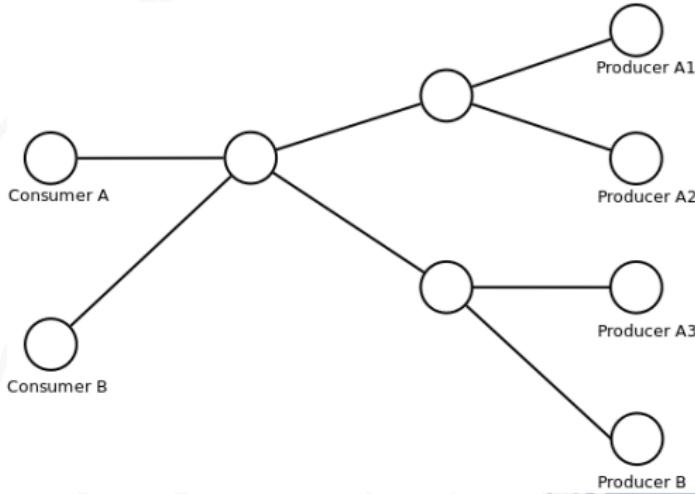
Contexte et but



- ▶ des ressources réseaux limitées
- ▶ x utilisateurs avec des besoins de débits



Contexte et but



- ▶ des ressources réseaux limitées
- ▶ x utilisateurs avec des besoins de débits
- ▶ **But :** Répartir les flux des différents utilisateurs pour maximiser leurs débits (équitablement et dans le respect de leur demande)

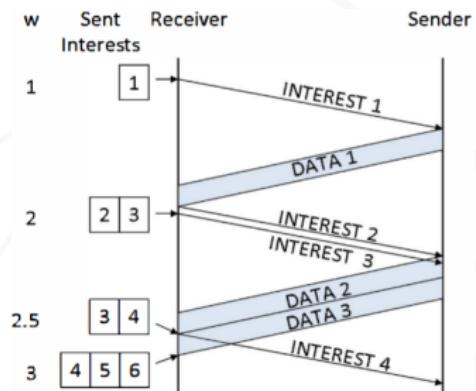
État de l'art

- ▶ **Bout en bout**
- ▶ Saut par saut
- ▶ Hybride



État de l'art

- ▶ Bout en bout
 - ▶ TCP-like
- ▶ Interest Control Protocol (ICP) [6]
 - ▶ Mais Receiver-driven !
 - ▶ Interest → données
 - ▶ Data → acquittements
 - ▶ SACK
 - ▶ Communication fiable
 - ▶ Fairness TCP / TCP-friendly



État de l'art

- ▶ Bout en bout
- ▶ **Saut par saut**
- ▶ Hybride



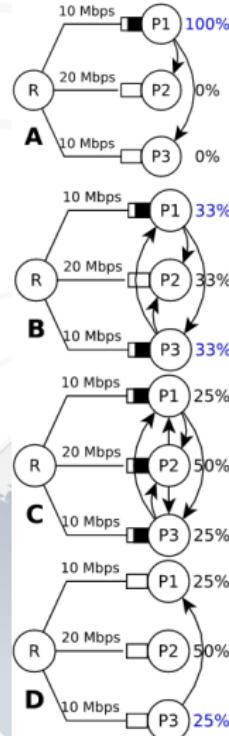
- ▶ Saut par saut
 - ▶ AQM-like
 - ▶ Forwarding Strategy
- ▶ But : remplir complètement tous les chemins possibles, le plus rapidement possible
- ▶ Capacité d'un lien :
$$C_i = 2 \cdot R_i \cdot D_i + L_i$$
- ▶ Algo : Parmi les interfaces qui n'ont pas atteint leur limite, choisir celle avec le plus petit RTT

État de l'art

- ▶ Bout en bout
- ▶ Saut par saut
- ▶ **Hybride**



- ▶ Hybride Practical Congestion cOntrol scheme for NDN [8]
 - ▶ Détection de congestion grâce aux AQM (CoDel)
 - ▶ Data marquée pour indiquer la congestion
 - ▶ Ajustement du débit de l'utilisateur
 - ▶ Ajustement du relayage multi-chemin



Cooperative Congestion Control - Nos 3 principes

- ▶ Coopération entre les nœuds du réseau



Cooperative Congestion Control - Nos 3 principes

- ▶ Coopération entre les nœuds du réseau
- ▶ Surveillance locale des files d'émission

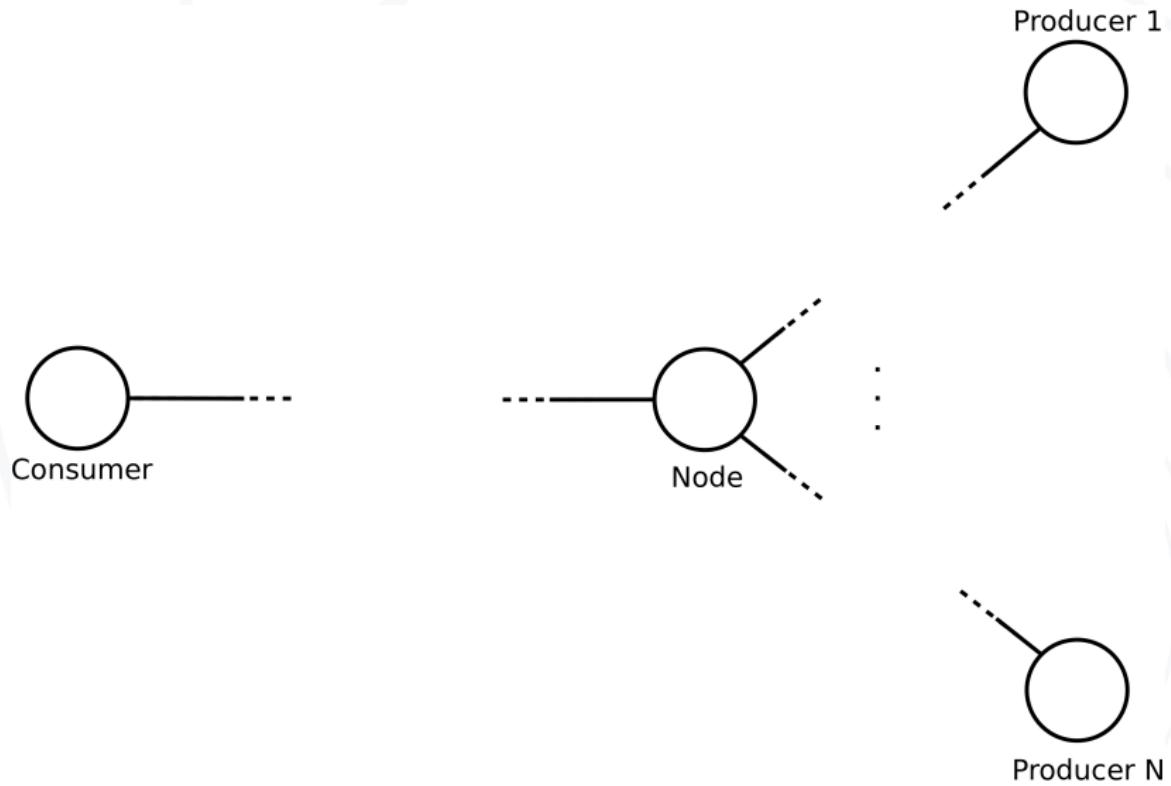


Cooperative Congestion Control - Nos 3 principes

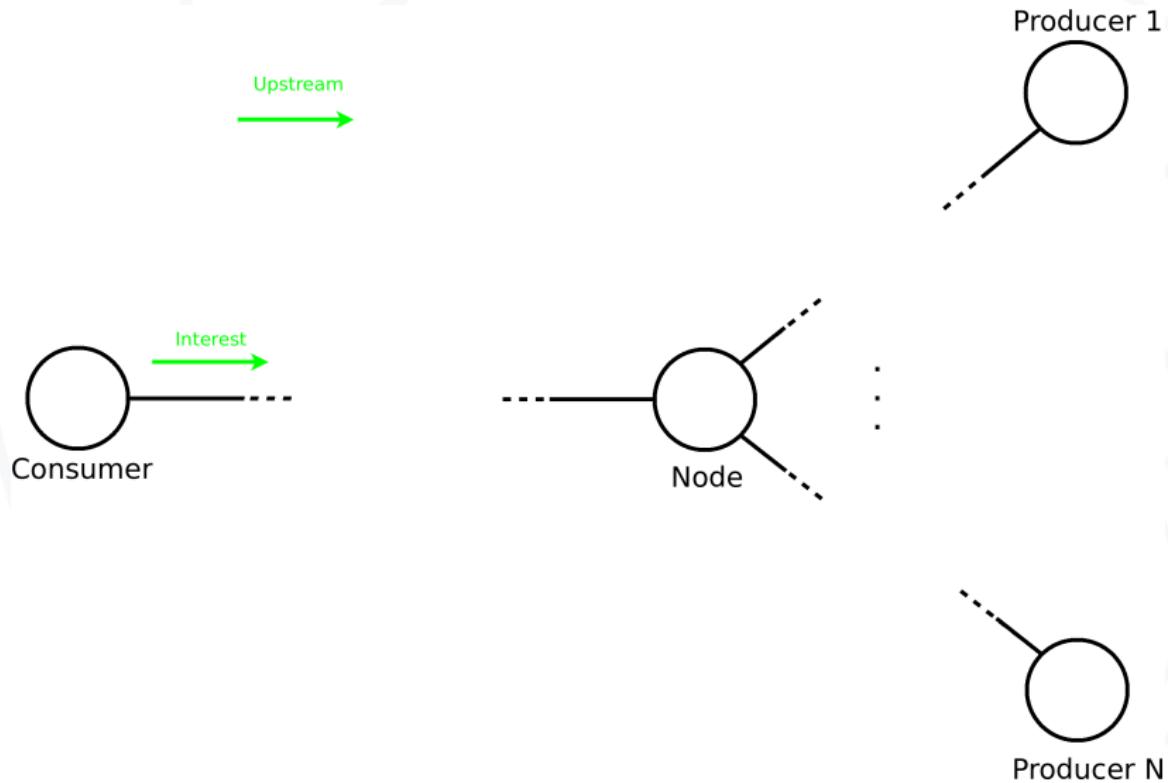
- ▶ Coopération entre les nœuds du réseau
- ▶ Surveillance locale des files d'émission
- ▶ Utilisation intelligente des multi-chemins



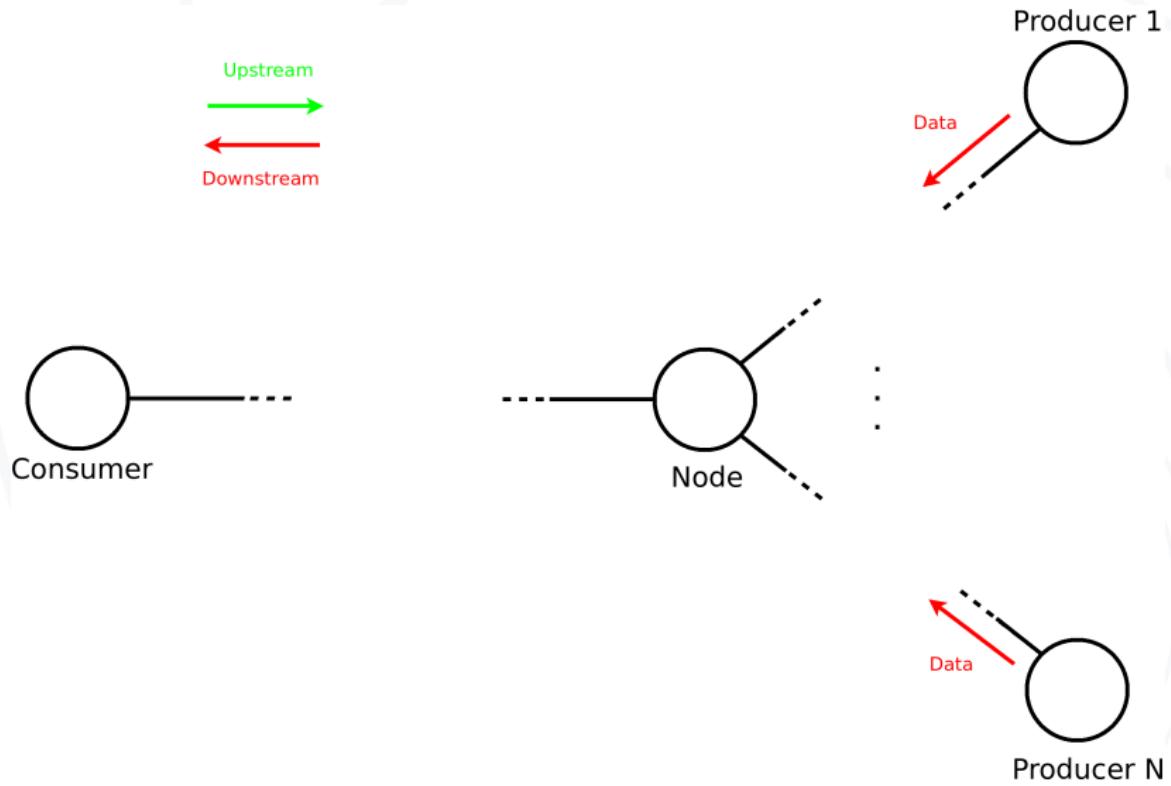
Vue générale - Cooperative Congestion Control



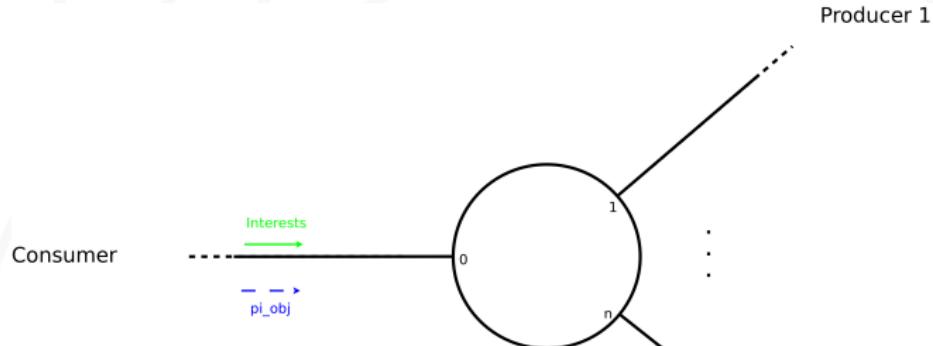
Vue générale - Cooperative Congestion Control



Vue générale - Cooperative Congestion Control

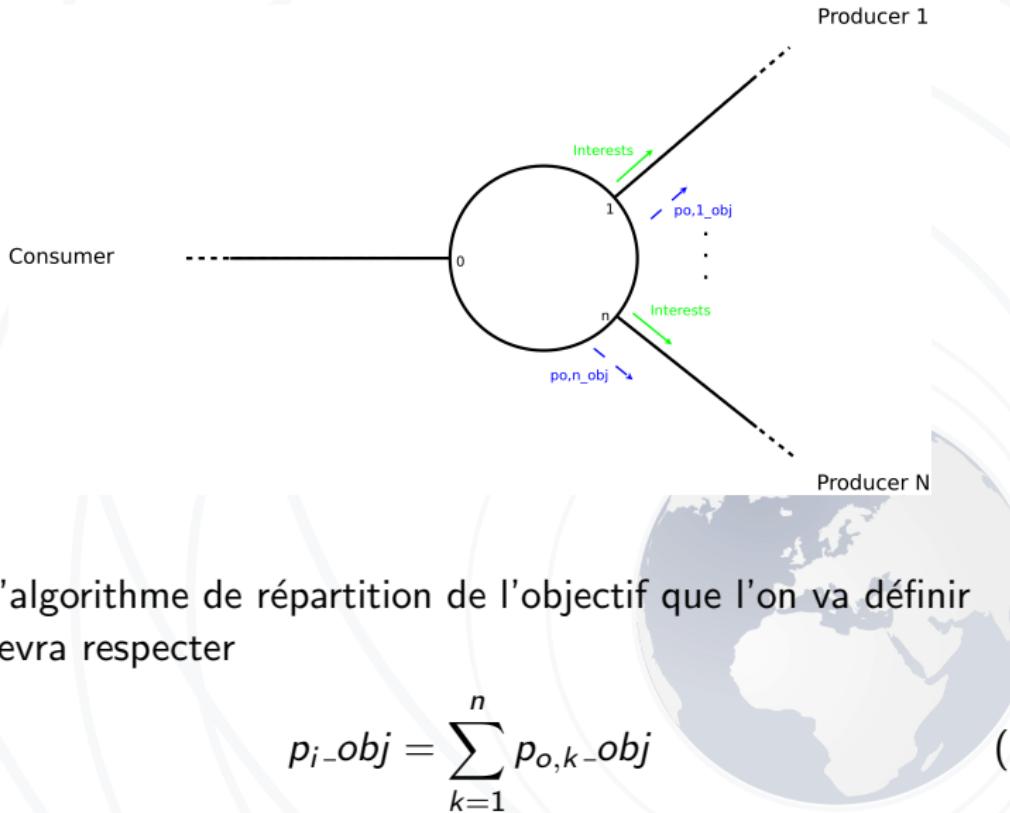


Coopération - Objectifs

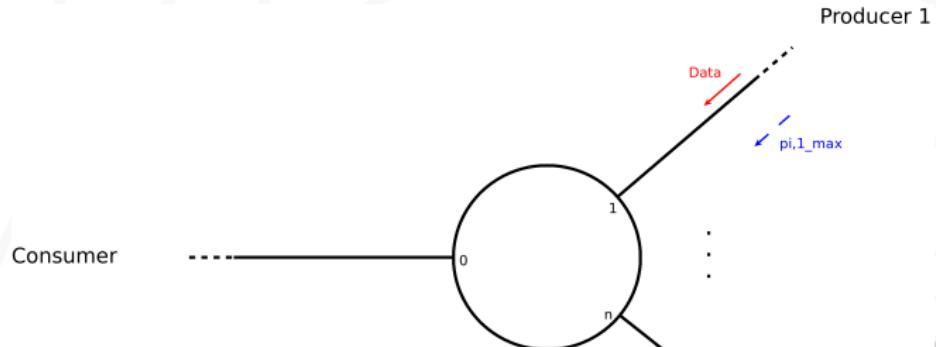


- ▶ Le nœud reçoit l'objectif du nœud *Upstream*

Coopération - Objectifs

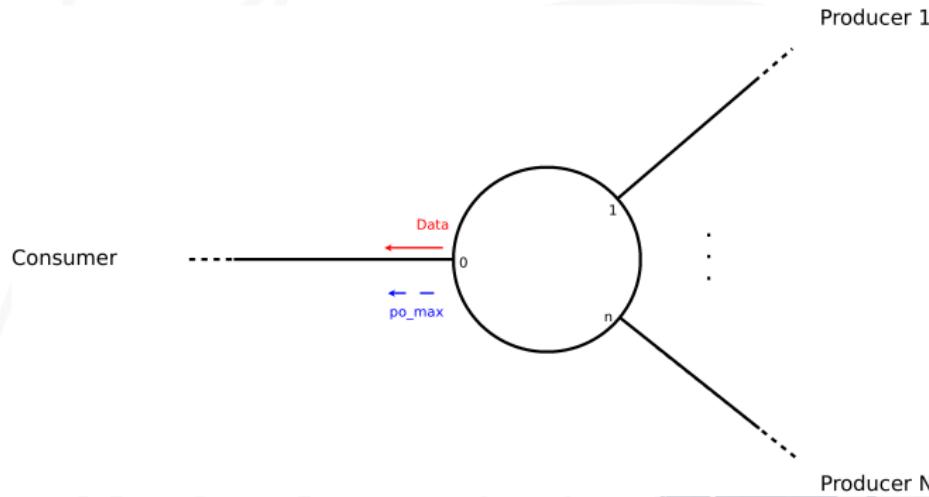


Coopération - Contraintes



- Le *Downstream* indique ses contraintes

Coopération - Contraintes



- Le nœud agrège les contraintes, tel que :

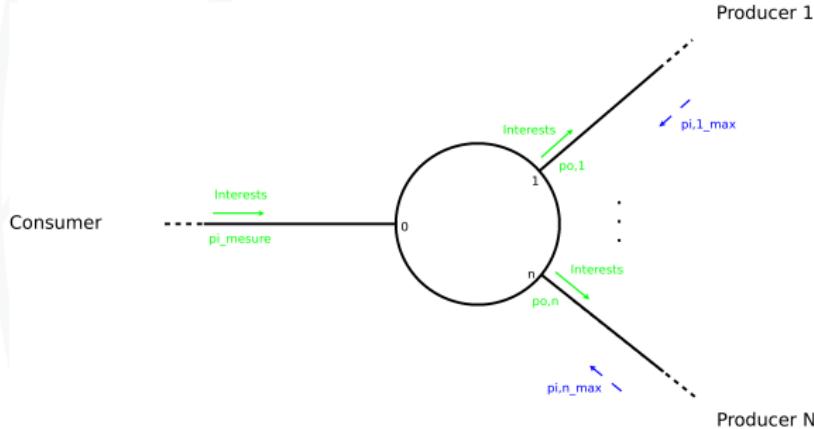
$$p_i\text{-}max \leq \sum_{k=1}^n p_{o,n}\text{-}max \quad (2)$$

Surveillance locale des files d'émission

- ▶ Chaque nœud va surveiller localement s'il est congestionné :
- ▶ Congestion détectée : Réduction de tous les flux actifs
- ▶ Pas de congestion détecté : Répartition équitable sur les flux actifs, tel que :

$$p_{i_max} = \min(p_{i_max} + fair_share, \sum_{k=1}^n p_{o,n_max}) \quad (3)$$

Utilisation des multi-chemins - Load Balancing



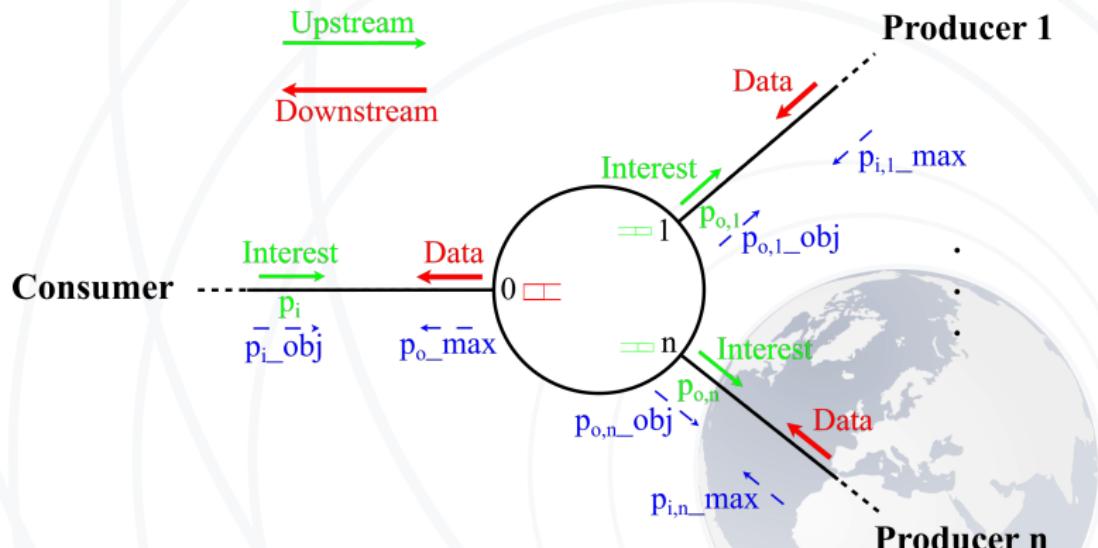
- ▶ Le nœud mesure l'arrivée des Interests au rythme $p_i\text{-mesure}$
- ▶ Le nœud répartit ce rythme, tel que

$$\sum_{k=1}^n p_{o,k} \leq p_i \quad (4)$$

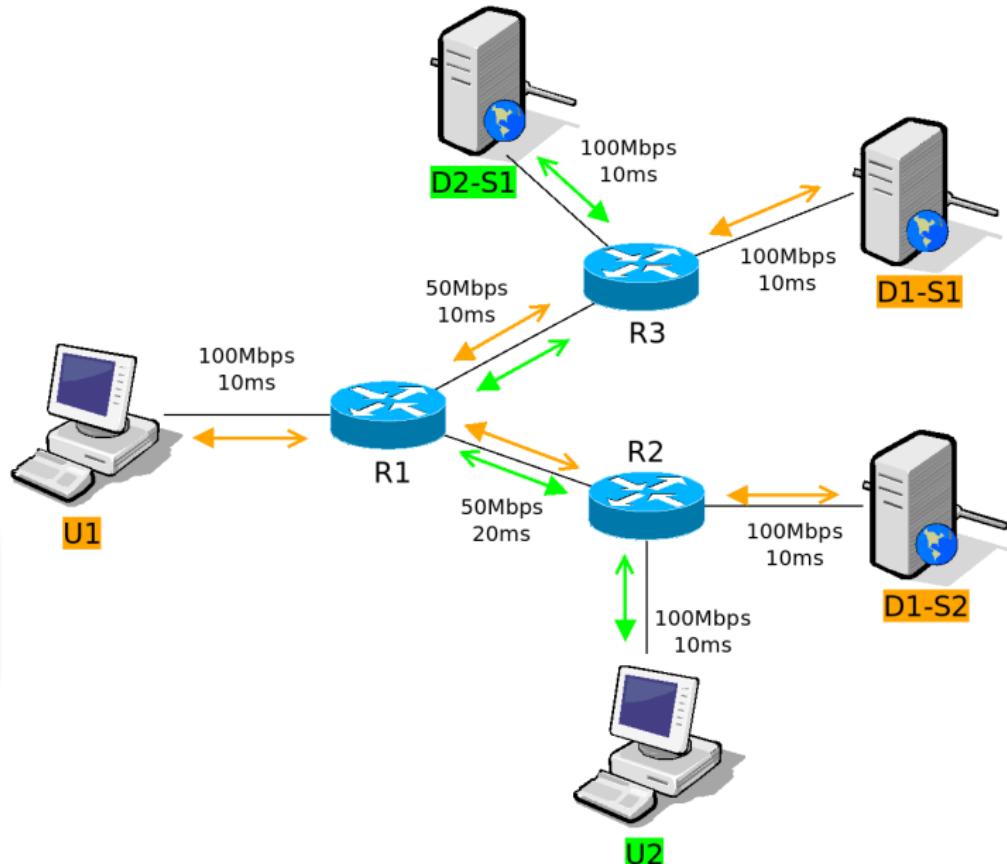
et

$$p_{o,k} \leq p_{o,k\text{-max}}, \forall k \quad (5)$$

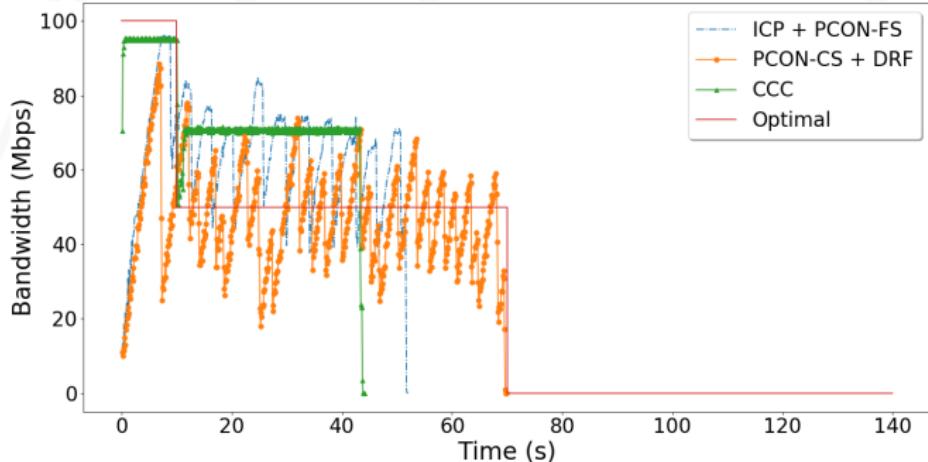
CCC - Récapitulatif



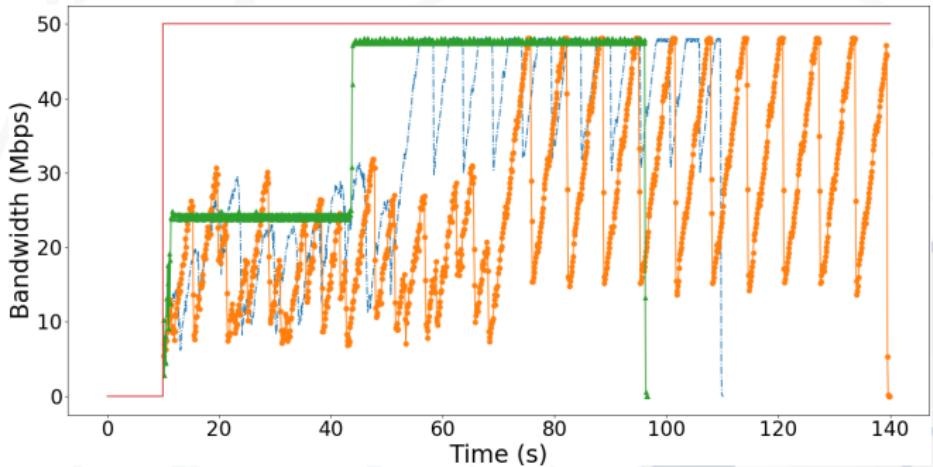
Topologie



Résultats

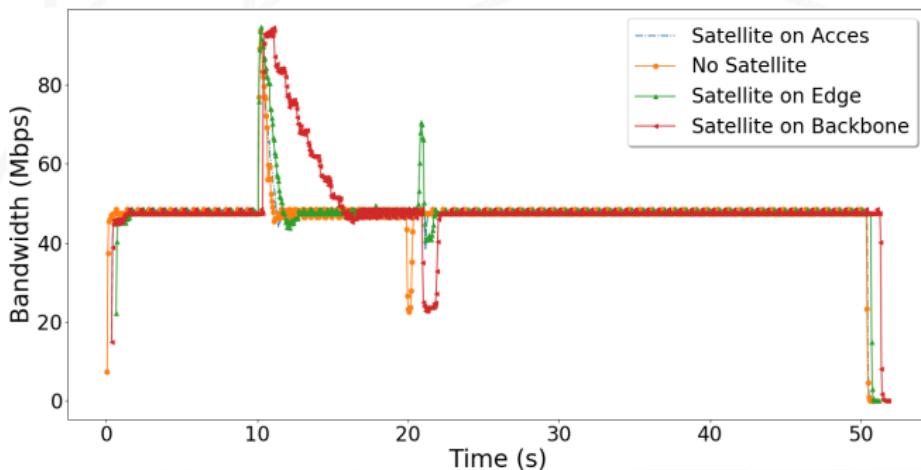


Résultats



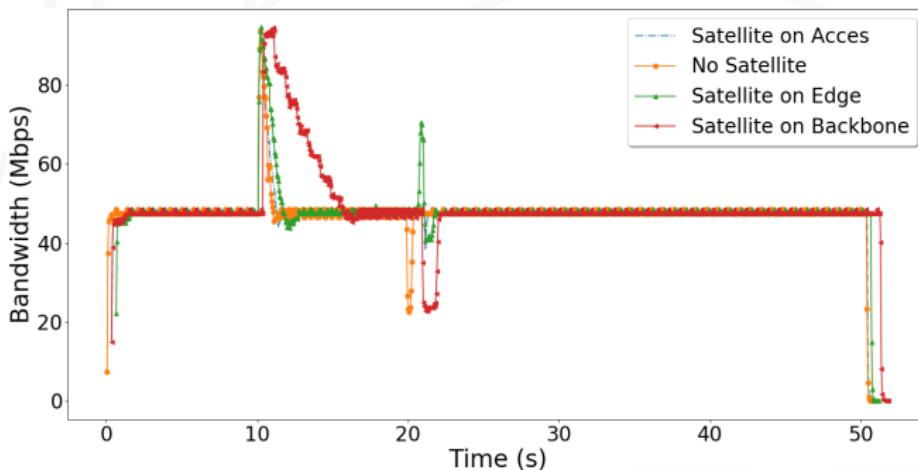
Et le satellite ?

► Temps de convergence



Et le satellite ?

► Temps de convergence



► Grande variance entre les délais

Perspectives

- ▶ Quelle équité visée ?
 - ▶ Pourquoi max-min fairness ?
 - ▶ Extrêmement dépendant des applications
- ▶ Comment l'atteindre ?
 - ▶ CCC est modulaire, mais quel(s) algorithme(s) changer ?
- ▶ Peut-on faire marcher notre solution avec un lien satellite ?



Questions ?

Merci pour votre attention !

Questions ?



References I



Van Jacobson, Diana K. Smetters, James D. Thornton, Michael F. Plass, Nicholas H. Briggs, and Rebecca L. Braynard.

Networking named content.

In *Proceedings of the 5th International Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies*, CoNEXT '09, pages 1–12, New York, NY, USA, 2009. ACM.



Lixia Zhang, Alexander Afanasyev, Jeffrey Burke, Van Jacobson, kc claffy, Patrick Crowley, Christos Papadopoulos, Lan Wang, and Beichuan Zhang.

Named data networking.

SIGCOMM Comput. Commun. Rev., 44(3):66–73, July 2014.



Jimmy Kjällman, George Parisis, Borislava Gajic, Mays Al-Naday, Martin Reed, Dmitrij Lagutin, Dimitris Syrivelis, Yannis Thomas, Ben Tagger, Nikos Fotiou, Sarantorn Bisalbutra, Christos Tsilopoulos, Xinghong Fang, Charilaos Stais, Xenofon Vasilakos, Evans Mungai, George Xylomenos, and Dirk Trossen.

Final integrated prototype.

FP7, dec 2012.

Deliverable D3.5.



Christian Dannewitz, Dirk Kutscher, Börje Ohlman, Stephen Farrell, Bengt Ahlgren, and Holger Karl.

Network of information (netinf) – an information-centric networking architecture.

Computer Communications, 36(7):721 – 735, 2013.



ICN Research Group, IRTF.

<https://irtf.org/icnrg>.



G. Carofiglio, M. Gallo, and L. Muscariello.

Icp: Design and evaluation of an interest control protocol for content-centric networking.

In *2012 Proceedings IEEE INFOCOM Workshops*, pages 304–309, March 2012.



References II



A. Detti, C. Pisa, and N. Blefari Melazzi.

Modeling multipath forwarding strategies in information centric networks.

In *2015 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)*, pages 324–329, April 2015.



Klaus Schneider, Cheng Yi, Beichuan Zhang, and Lixia Zhang.

A practical congestion control scheme for named data networking.

In *Proceedings of the 3rd ACM Conference on Information-Centric Networking, ACM-ICN '16*, pages 21–30, New York, NY, USA, 2016. ACM.

