

# コンテンツ名を基調とした モバイルリアルタイムストリーミング

---

松園 和久, 朝枝 仁 (NICT)

ICN研究会 2016/12/16

# 背景・動機

- 高品質ビデオ(e.g. 4K/8K)ストリーミングの一般化 [1]
  - 更なるモバイルビデオトラフィックの増加が予想される
    - 重複データを抑えた効率的なデータ転送が重要
  - 帯域利用効率の観点から高圧縮映像符号は必要不可欠
    - データロスを防ぐ効果的なデータ転送が必要
- Content-Centric Networking (CCN)
  - コネクションレス型通信
  - マルチソース/マルチパス転送が容易、マルチキャスト通信を内包
  - ネットワークキャッシング
- **Question:** CCNは高品質・低遅延なビデオストリーミングをどのように効果的にサポート可能か？
  - e.g.) video conference, security surveillance camera
- **Motivation:** CCNを活用した高信頼かつスケーラブルなリアルタイムストリーミングを実現できないか？

# CCNの問題定義

- ビデオストリーミングにもたらずCCNの利点に関しては、多くの研究成果で既に示されている
  - しかし、VoDサービス (e.g. MPEG-DASH)を対象としたものが多い。
- 低遅延向けストリーミングサービスを対象
  - NDN-RTC [1]
  - Redundant Packet Transmission (RPT) [2]
- 高品質・低遅延向けビデオストリーミングに適用する場合、“Interestをどのように送信すべきか？”が課題となる
- 解決策である“**Symbolic Interest**”のConsumer Mobilityへの適用を検討する

[1] P. Gusev, et al. “NDN-RTC: real-time videoconferencing over named data networking,” Proc. ACM ICN’15, 2015.

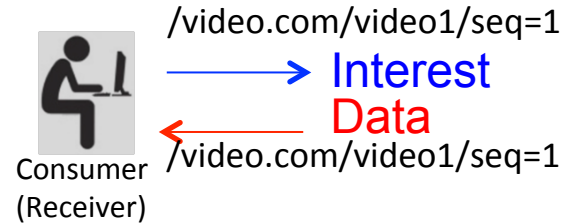
[2] D. Han, et al. “RPT: re-architecting loss protection for content-aware networks,” Proc. USENIX NSDI, 2012.

# 問題点 (1/2)

## ■ ConsumerはInterestをどのように送信すべきか？

### ➢ CCNの受信者駆動型通信

- 1 Interest  $\leftrightarrow$  1 Data (Segment/Chunk)



## ■ Bursty Interestの発生

- e.g.) 10Mbps, データサイズ1000byteの場合,  
1秒間に1250個のInterestを送信する必要がある
- ネットワーク輻輳を誘発し、データ損失発生



# 問題点(2/2)

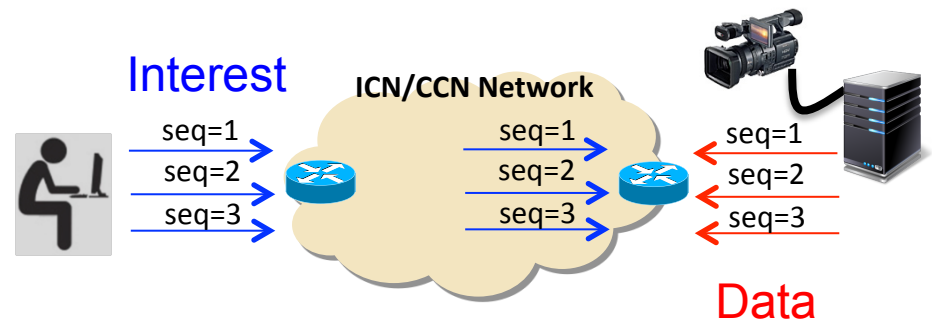
- ConsumerはInterestをどのように送信すべきか？
- Consumerは複雑なInterest発行処理が要求される
  - マルチキャスト通信が出来ない
  - 通信遅延の最小化が困難[1]

## Non-multicasting



Duplicate Data

## Interestの到着タイミング問題




[1] P. Gusev, et al. "NDN-RTC: real-time video conferencing over named data networking," Proc. ACM ICN, 2015.

# 解決策: Symbolic Interest (SMI)

## ■ Symbolic Interest (SMI)の特徴

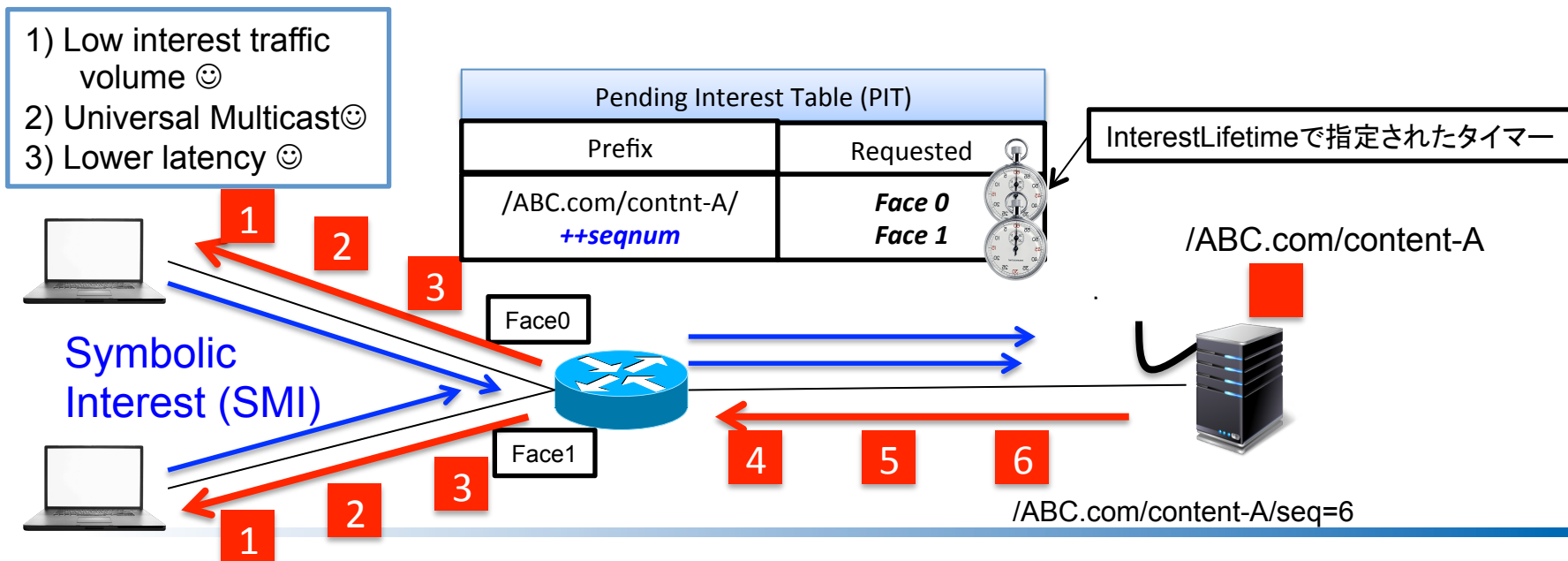
- 従来のInterest (RGI)は、“コンテンツのデータ”を指定
- SMIは、“コンテンツ名そのもの”を指定

## ■ Consumerの動作:

- SMIの“InterestLifetime”を数秒(e.g. 10秒)に設定 
- 定期的にSMIを送信(e.g. 4.5秒毎)

## ■ Routerの動作:

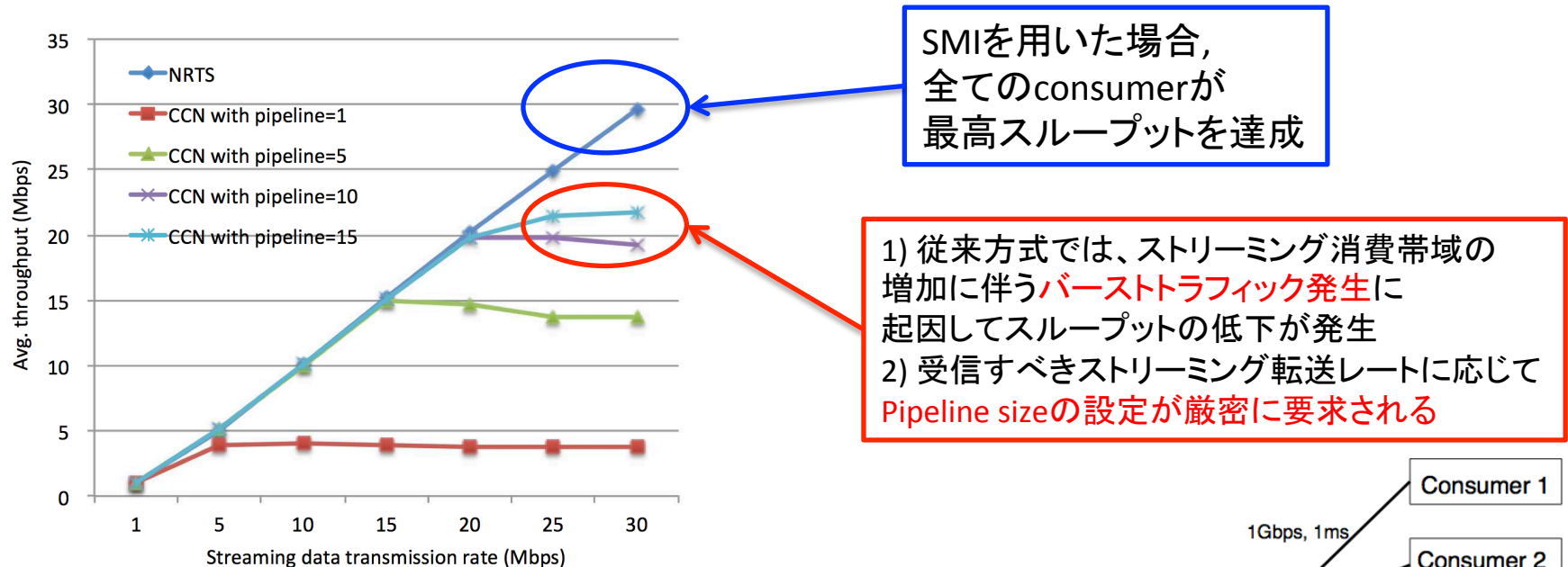
- 新たなSMIを受信した場合、タイマーをアップデート
- タイマーが有効な場合、継続的に受信したコンテンツデータを送信
- InterestLifetimeのタイマーが切れた場合のみ該当 PITエントリーを削除



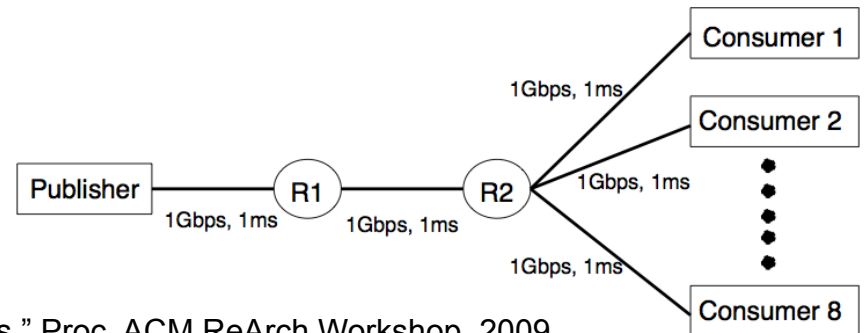
# Symbolic Interestの効果

## ■ SMI VS. VoCCNアプローチ[1]

- Publisherの各データ転送レート(1Mbps – 30Mbps)に対するConsumer側(8台)の平均スループットを比較
- CCNx0.8.2を使用



(a) Average Throughput (content object size = 1024 (bytes))



[1] V. Jacobson, et al. "VoCCN: Voice-over content centric networks," Proc. ACM ReArch Workshop, 2009.

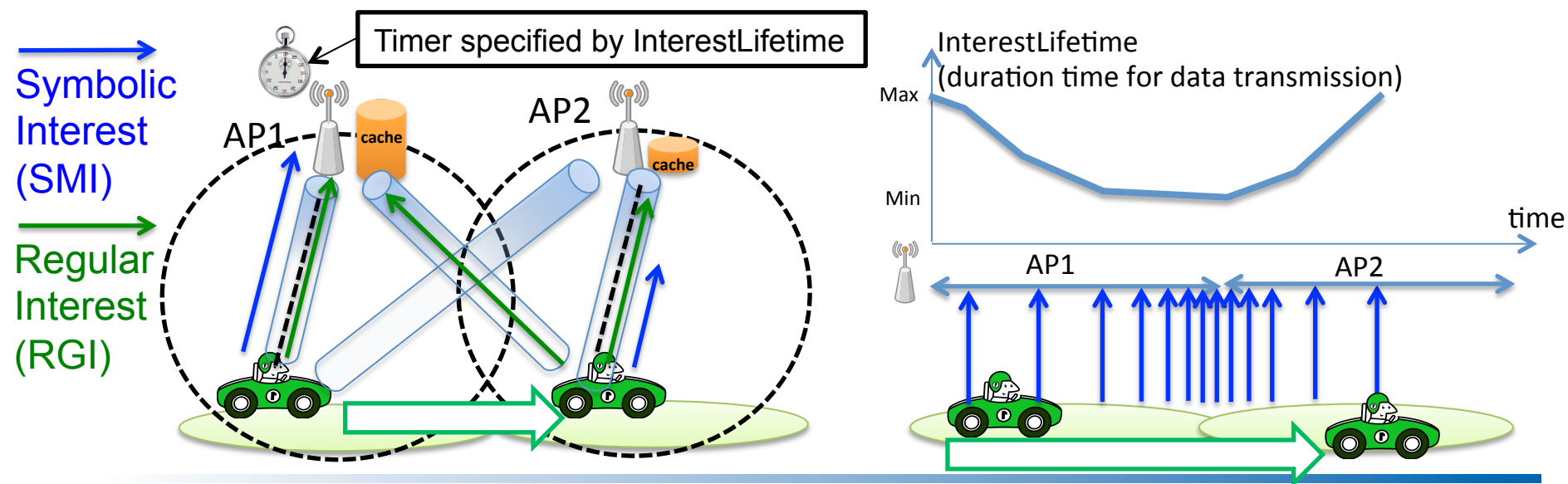
# Consumer MobilityへのSymbolic Interest適用

## ■ 課題：ハンドオーバー時の対応

- 新APからリアルタイムデータを迅速に取得できない
- 旧APにて不必要なデータ送信が発生
- バースティロスによるQoE低下が発生

## ■ アプローチ：

- Consumerは、**SMI**のInterestLifetime及び送信頻度をネットワーク状態に応じて動的に変更させる
- **RGI**を併用し、損失データ発生時にIn-network Cacheから迅速に補完





# どのようにSMIのパラメータを変更するか？

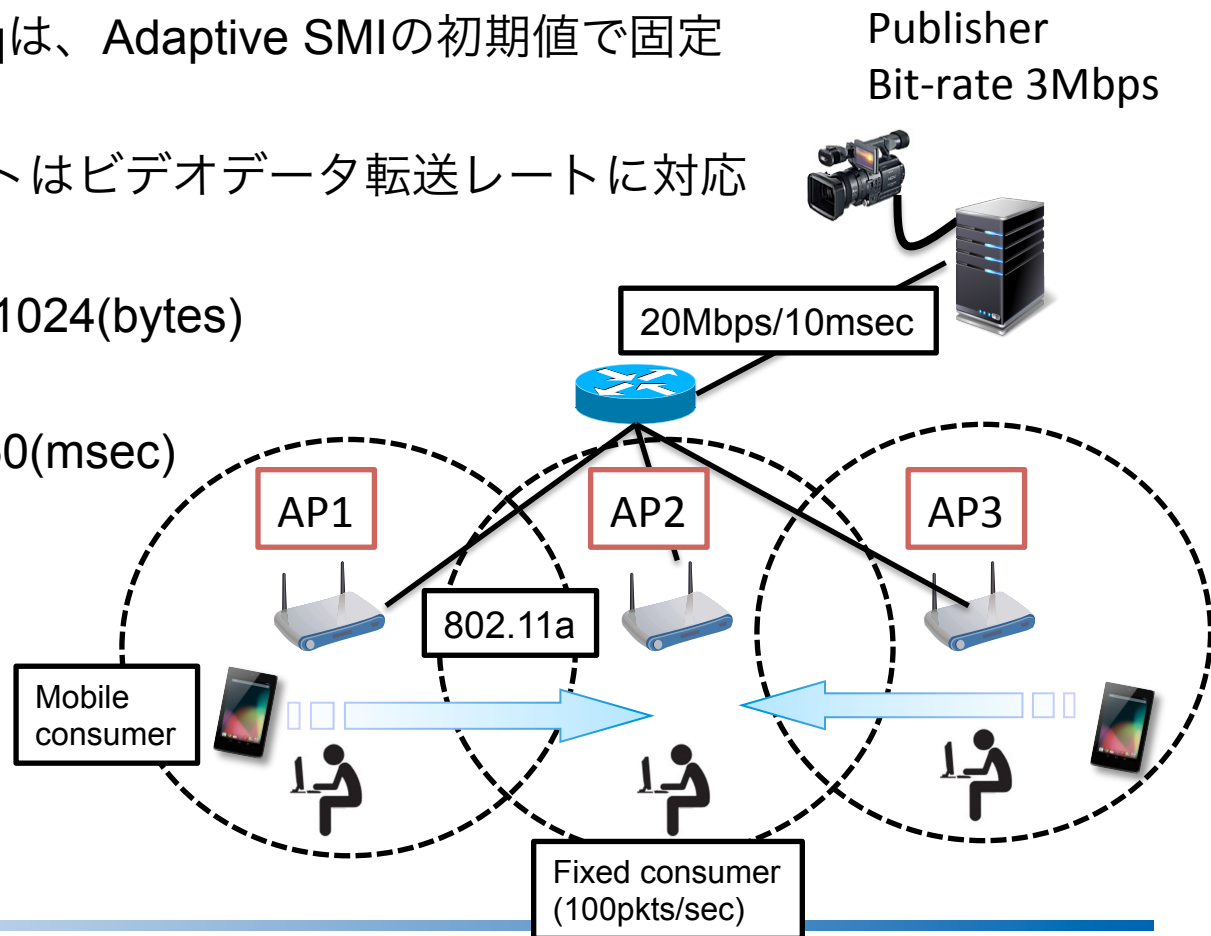
- 現状では簡易性を重視し、トランスポートレイヤーのみで対応
  - ネットワーク状態把握にはパケットロスのみを使用
- SMIのInterestLifetime( $SMI\_LT$ )と送信頻度( $SMI\_Freq$ )の変更アルゴリズム
  - AIMD(Additive Increase Multiplicative Decrease)にて  $SMI\_LT$  を変更
$$SMI\_LT(t+1) = \begin{cases} SMI\_LT(t) + a, & \text{if noPktloss} \\ b \times SMI\_LT(t), & \text{if Pktloss} \end{cases}$$
  - $SMI\_Freq$  は決定された  $SMI\_LT$  を元に調整
$$SMI\_Freq \text{ Setting :}$$
$$SMI\_Freq(t) = SMI\_LT(t) - 0.1 / c$$
  - Initialization:  $SMI\_LT \leftarrow 5s, SIM\_Freq \leftarrow 4.9 / 2$

# シミュレーション検証

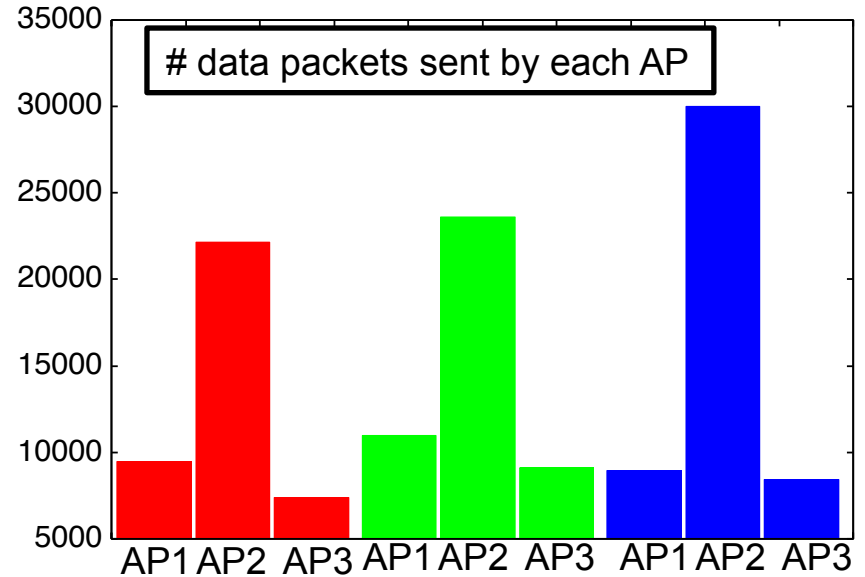
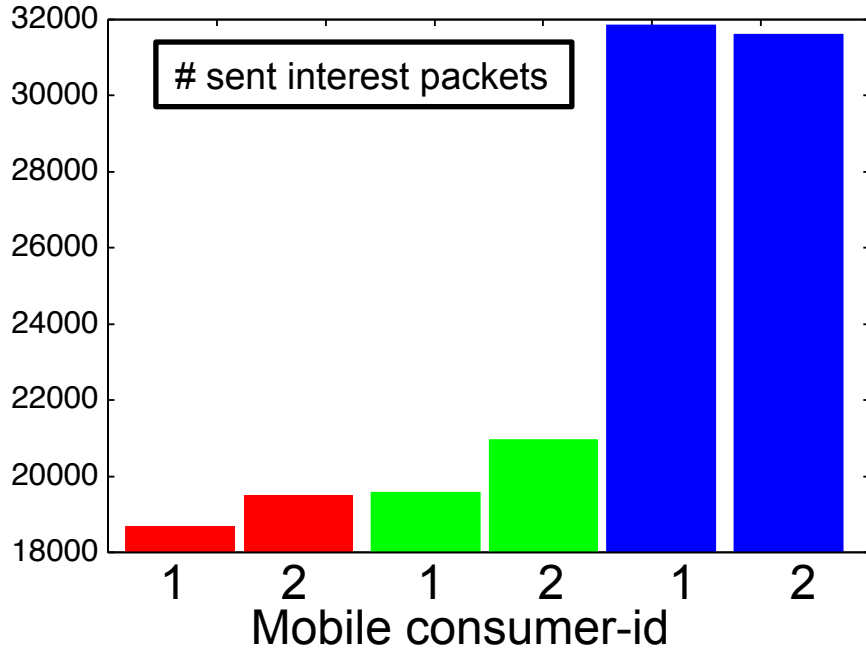
- 3つのアプローチ
  - Adaptive SMI
    - Max/Min SMI\_LT; 5.0/0.5(sec)
  - Static SMI
    - SMI\_LTとSMI\_Freqは、Adaptive SMIの初期値で固定
  - CCN
    - Interestの送信レートはビデオデータ転送レートに対応

- システムパラメータ

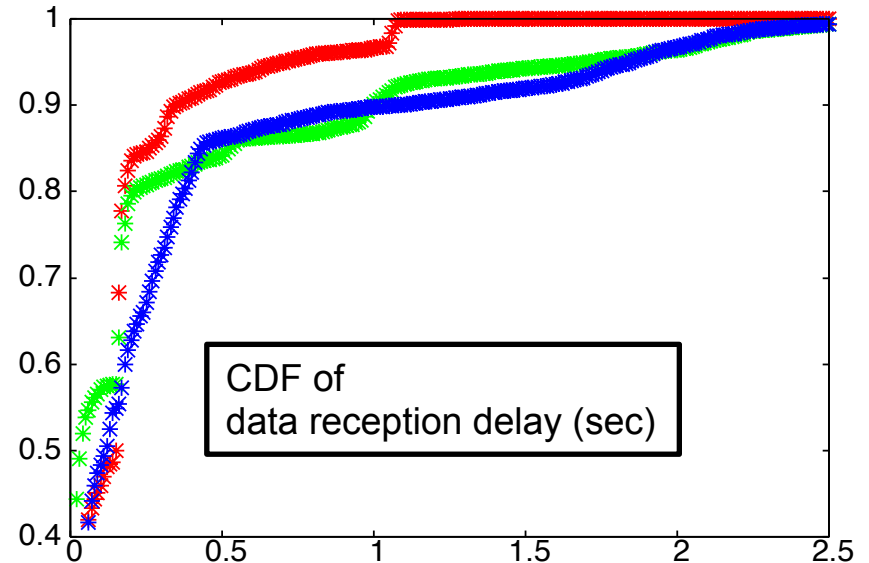
- Interest/Data size: 120/1024(bytes)
- Cache Capacity: 1GB
- ハンドオーバー時間: 50(msec)
- 移動スピード: 15m/s
- AP間の距離: 215m



# 結果



- Adaptive SMI
- Static SMI
- CCN using RGI



# まとめ

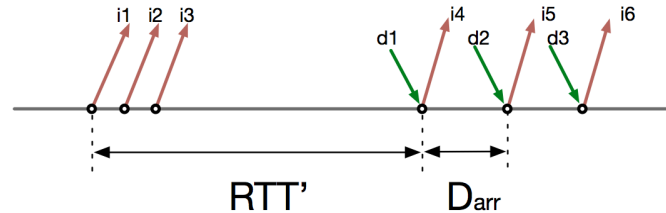
- Symbolic Interest (SMI)を活用した高品質・低遅延向けモバイルビデオストリーミングの提案:
  - SMIのメリット
    - Bursty Interestの回避
    - Consumerに複雑なInterest発行処理を要求せず、低遅延なマルチキャスト通信を実現
  - SMIのConsumer Mobilityへの適用を検討
    - 動的にSMIのInterestLifetime及び送信頻度をネットワーク状態に応じて変更
  - 従来のSMIを用いたアプローチ、及びパイプラインアプローチと比較して、Trafficを抑えると共にデータ取得遅延を低減
- 今後の課題:
  - アルゴリズムの改良検討と実ネットワークでの検証



# 関連研究

## ■ *NDN-RTC*[Gusev+, NDNTR'15]

- 低遅延ビデオストリーミングを対象としたInterest制御を提案 (latency 200ms—700ms)
  - 1) mediaのbit-rate, segmentのフレームタイプを参照, 2)データ受信タイミングを計測し、interest送信タイミングを逐次調整することにより Publisherがデータを生成する直前に対応インタレストを到着させる



## ■ *Redundant Packet Transmission (RPT)*[Han+, NSDI'12]

- 各ルータはキャッシュデータを利用して、帯域オーバーヘッドを抑えた冗長データを転送し、低遅延かつロバストな通信を実現。
- 直近の数十秒間の全てのトラフィックをキャッシュすることを前提としているため、**キャッシュ容量を考慮した場合、現実的ではない。**

## ■ **Consumerに複雑なInterest発行方式を要求せず、高信頼かつスケーラブルな低遅延高品質ストリーミングを実現するには？**