Amélioration des performances dans un réseau LoRaWAN

Auteur:
Charmois Cédric

Encradrants:
Fourneau Jean-Michel
Mokdad Lynda

MinSF

- Calcul de la puissance de réception : $P_{rx} = P_{tx} + GL - Lpl$
- Cherche pour chaque SF si P_{rx} > sensibilité d'après le tableau suivant
- Chaque nœud aura donc un
- ensemble S de SF disponible
- tel que $S = [Sf_{min}, 12]$

		Bandwidth		
		125	250	500
	7	-123	-120	-117
	8	-126	-123	-120
SF	9	-129	-126	-123
	10	-132	-129	-126
	11	-134.5	-131.5	-128.5
	12	-137	-134	-131

Estimation de valeurs

- Tableau d’estimation de valeurs(Er_i) initialisé en fonction du Sf_{min}
- Mise à jour du tableau à chaque transmission en fonction d’une récompense
- qui dépends de l’acquittement
- La mise à jour dépends aussi d’un facteur d’apprentissage α ∈ (0,1]

```python
def update(SFs,now_sf,acked,punish_on):
    SFs[now_sf-7] = SFs[now_sf-7] +alpha*(acked - SFs[now_sf-7])
    return SFs
```

E-greedy

- Probabilité ε de choisir un SF ∈ S de manière aléatoire, et 1-ε de choisir le SF avec la meilleur estimation de valeur

$$P_i = \begin{cases} 1-\varepsilon+\dfrac{\varepsilon}{K} & \text{si } i = \operatorname{argmax} Er_i \\ \dfrac{\varepsilon}{K} & \text{sinon} \end{cases}$$

- K est le cardinal de S

```python
def pick_sf(estimateval,minsf):
    x = random.uniform(0,1)
    if (x > epsilon):
        return np.argmax(estimateval) + 7
    else :
        return random.choice([n for n in range (minsf,13)])
```

Boltzmann

- Choix du SF de manière aléatoire dépendant du tableau d’estimation de valeurs
- τ représente l’importance des estimations dans les calculs
- $P_i = 0$ pour $i < SF_{min}$

```python
def updateproba(estimateval,probabilities,minsf):
    totalestimate = 0
    for n in range(minsf-7,6):
        totalestimate += math.exp(estimateval[n]/temperature)
    for n in range(minsf-7,6) :
        probabilities[n] = math.exp(estimateval[n]/temperature)/totalestimate
    return probabilities
```

$$P_i = \frac{e^{\frac{Er_i}{\tau}}}{\sum_{k=SF_{min}-7}^{6} e^{\frac{Er_k}{\tau}}}$$

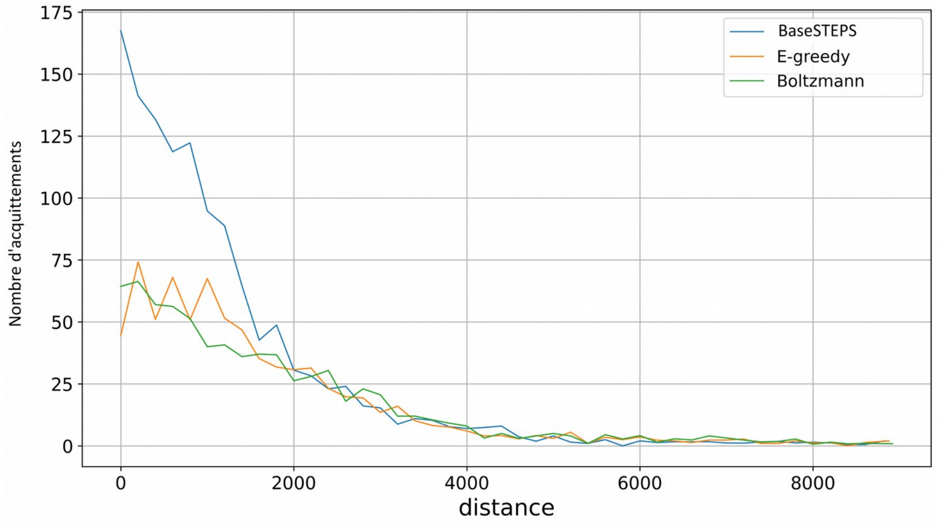
BaseSTEPS

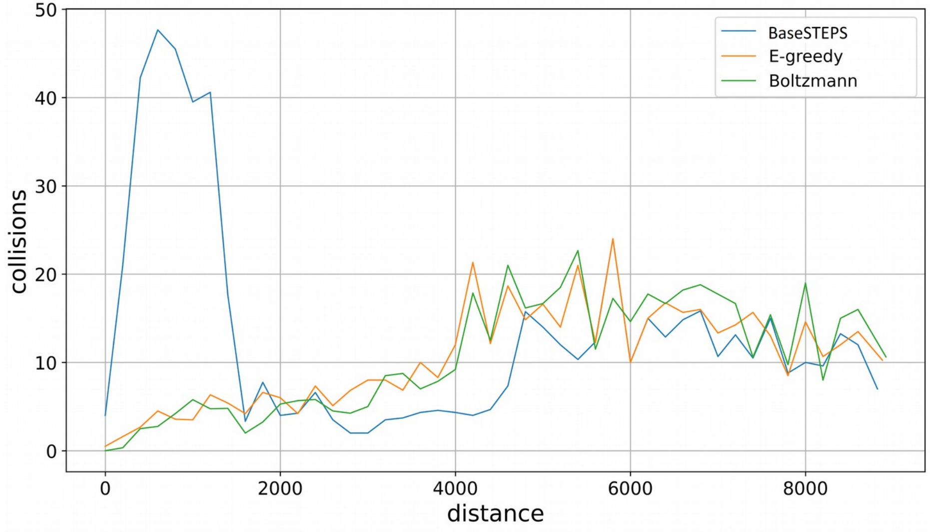
- Choisi le SF de manière aléatoire, la somme des probabilités est de 1
- Tirage aléatoire de $\mathcal{E}$ pour une plus grande punition
- Mise à jour de P_k après chaque tentative tel que :

$$P_k = \begin{cases} P_k * \left(1 + 3 * e^{|k - minSF|}\right) \; si \; ACK \\ P_k * 0.8 \quad si \; \varepsilon > \; P_k \\ P_k * \left(0.9 * e^{|k - minSF|}\right) \; sinon \end{cases}$$

P_k initial tel que : $P_k \; = \begin{cases} 0 \; si \; k < minSF \\ e^{-2*|minSF - k|} \end{cases}$

Résultats


Nombre d'acquittements
175
150
125
100
75
50
25
0
0
2000
4000
6000
8000
distance
BaseSTEPS
E-greedy
Boltzmann


collisions
50
40
30
20
10
0
0
2000
4000
6000
8000
distance
BaseSTEPS
E-greedy
Boltzmann

Probabilités initial

Comme nous l’avons vu les probabilités initiales sont dépendante du minSF

Comment trouver un moyen de fixer les probabilités initiales

=> Utiliser un processus de décision markovien pour prédire les SFs a utilisé et fixé les probabilités initiales

Structure du MDP

•Tuple M=<S,A,P,R>

•S est un ensemble fini d'états;

•A est un ensemble fini d'actions;

•P:S×S×A est la matrice de transitions entre les états S, qui pour chaque états ∈ S et étant donné une action a∈A nous donne la probabilité P(s,a,s') d'être à l'état s'∈S, il est a noté que pour tout s∈S et pour tout a∈A disponible dans l'état s nous avons $\sum_{s'=0}^{S} P(s,a,s') = 1$tel que la somme des probabilités de transitions de l'action a dans l'état s soit égal à 1;

•R:S×S×A est la matrice de récompense qui pour chaque état s∈S et étant donné une action a∈A nous donne la récompense R(s,a,s') qui est la récompense attendue lorsque nous atteignons l'état s'∈S à partir de l'état s par l'action a.

Ensemble d’états et d’action

- Etat initial, état d’échec et état de succès
- Etat de transmission, transition vers succès, échec ou état d’attente
- Etat d’attente, choix d’un SF pour la nouvelle tentative, transition vers etat de transmission

- Ensemble d’action: {Tr,a7,a8,a9,a10,a11,a12}, qui représente la transmission et le choix d’un SF

Probabilité de non perte

- Non perte du paquet : $H_i(SF) = P[SNR \geq q_{SF} | d_i]$
- On peut supposer que : $H_i(SF, d_i) = exp\left(-\frac{\mathcal{N} q_{SF}}{\mathcal{P}_i g(d_i)}\right)$

Avec $\mathcal{N} = -174 + NF + 10 \log BW \; dBm$

- $g(d_i)$ fonction d'atténuation, obtenu a parti de l'équation de Friis

$P_r = \frac{P_T G_T G_R c^2}{(4\pi f)^2} * \left(\frac{1}{d}\right)^\eta$, deux dérivations différentes dans des articles différents: $g(d_i) = \lambda^2 / (4\pi d_i)^\eta$ ou $g(d_i) = \lambda / (4\pi d_i)^\eta$

- Utilisation de perte de chemin logarithmique $SNR = P_{rx} - N = P_{tx} - \left(PL_0 + 10\eta \log_{10}\left(\frac{d_i}{d_0}\right) + X_\sigma\right) - N$
- Formule final : $H_i(SF, d_i) = 1 - \frac{1}{2}\left(1 + \text{erf}\left(\frac{q_{SF} + \mathcal{N} - P_{tx} + PL_0 + 10\eta \log_{10}\left(\frac{d_i}{d_0}\right)}{\sigma\sqrt{2}}\right)\right)$

SF	q_{SF} (dB)
7	-7.5
8	-10
9	-12.5
10	-15
11	-17.5
12	-20

Probabilité d'effet de capture

$$\mathrm{P}(effet\ capture) = P\left(P_{rx_i} - P_{rx_k} < 6\right) = P\left(-10\eta\log_{10}\left(\frac{d_i}{d_0}\right) - \mathrm{X}_{\sigma_\mathrm{i}} + 10\eta\log_{10}\left(\frac{d_k}{d_0}\right) + \mathrm{X}_{\sigma_\mathrm{k}} < 6\right)$$

$$= P\left(10\eta\log_{10}\left(\frac{d_k}{d_i}\right) - \mathrm{X}_{\sigma_\mathrm{i}} + \mathrm{X}_{\sigma_\mathrm{k}} < 6\right)$$

$$\mathrm{P}(effet\ capture) = F_{\mathrm{X}_{\sigma_\mathrm{k}} - \mathrm{X}_{\sigma_\mathrm{i}}}\left(6 + 10\eta\log_{10}\left(\frac{d_i}{d_k}\right)\right)$$

$$= F_{\mathrm{X}_{\sqrt{2}\sigma}}\left(6 + 10\eta\log_{10}\left(\frac{d_i}{d_k}\right)\right) = \frac{1}{2}\left(1 + \mathrm{erf}\left(\frac{6 + 10\eta\log_{10}\left(\frac{d_i}{d_k}\right)}{2\sigma}\right)\right)$$

Collisions temporelles

$Tc = 2 * Trec - Tpream$. Traitement de 2 paquets sans perte d'information

$Tpream = Npream + 4.25 * Tsym$

$$Tpayload = \left[8 \ + \max\left(ceil(\frac{8*pl - 4 * sf + 28 + 16}{4*(SF - 2*DE)}), 0\right)\right] * \ T_{sym}$$

$Trec = Tpream + Tpayload$

$Tsym = \frac{2^{SF}}{BW}$

La probabilité qu'un autre paquet arrive pendant la gestion de notre paquet est donc :

P(Collisions temporelle)=$P(t_k \in \ T_c) = \ F_{X_k}(T_c) = 1 \ - \ e^{\frac{T_C}{\tau}}$

Probabilité de succès

La probabilité de succès pour chaque SF au nœud i est de $P(SF) = H_i(SF) * Q_i(SF)$

Où $Q_i = \prod_{\substack{k!=i \\ SF_k=SF_i \\ freq_k=freq_i}} (1 - P(effet\ de\ capture) * P(collision\ temporelle))$

Dans le MDP, $P(s,Tr,Succès) = H_i(SF) * Q_i(SF)$

Récompense

- Définir les récompenses de succès en fonction du coût en énergie:

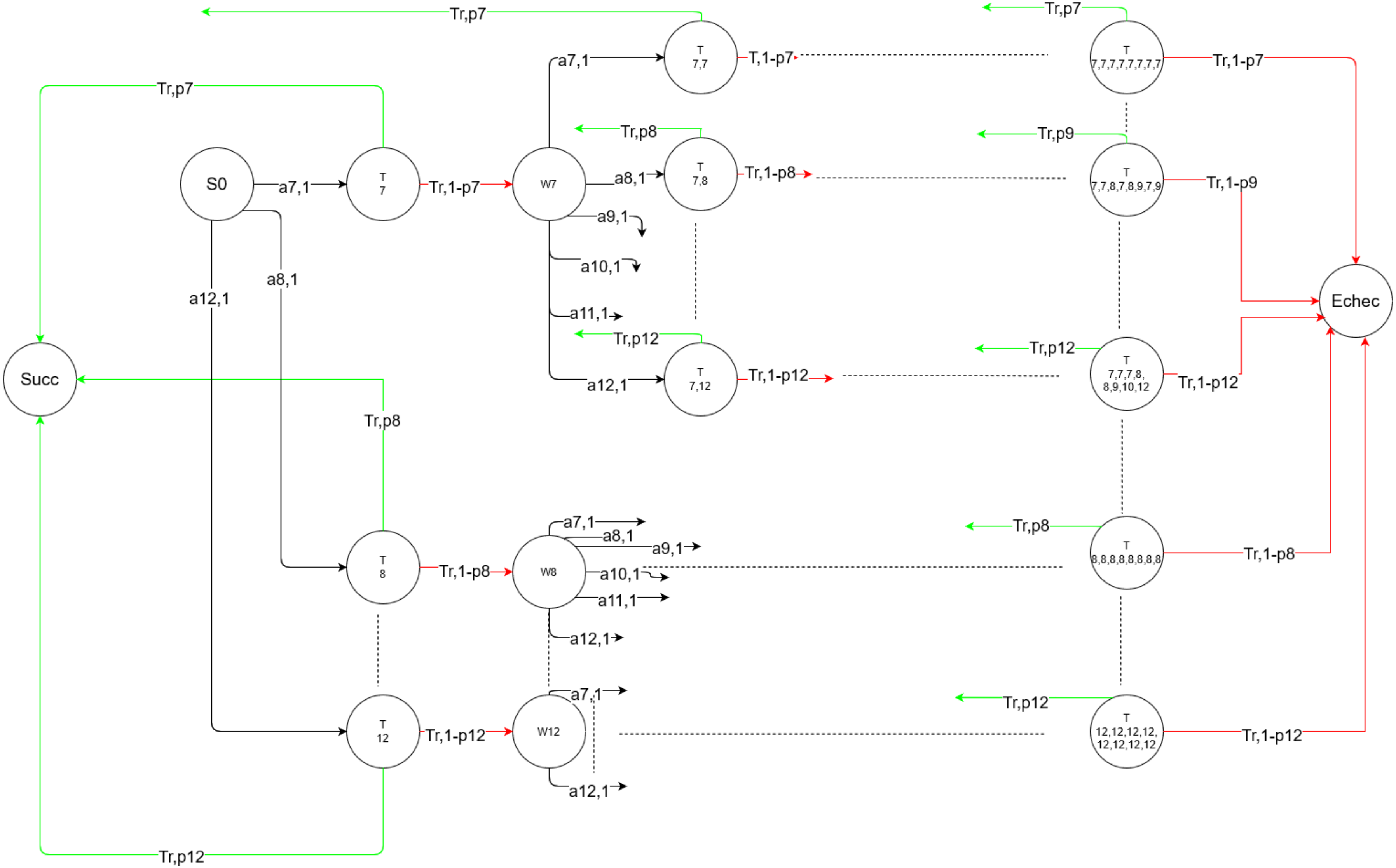
Attribution de valeurs tel que $V(7) > V(8) > V(9) > V(10) > V(11) > V(12)$

R(s,Tr,Succès) = V(i)

- Donnez une pénalité lors d'un échec et lors d'échec successif avec le même SF:

$$R(s, Tr, s') = -\alpha * n(i) * V(i)$$

Lié au nombre d'échec sur le SF et à un ratio de pénalité α


S0
Succ
Echec
W7
W8
W12
T 7
T 8
T 12
T 7,7
T 7,8
T 7,12
T 7,7,7,7,7,7,7,7,7
T 7,7,8,7,8,9,7,9
T 7,7,7,8, 8,9,10,12
T 8,8,8,8,8,8,8,8
T 12,12,12,12, 12,12,12,12
a7,1
a8,1
a9,1
a10,1
a11,1
a12,1
Tr,p7
Tr,p8
Tr,p9
Tr,p12
Tr,1-p7
T,1-p7
Tr,1-p8
Tr,1-p9
Tr,1-p12

Résolution du MPD

- La bande passante utilisé est de $BW = 125\,\mathrm{kHz}$
- La puissance de transmission est $Pi = 14\ dBm$
- Le coefficient de perte de trajet est $\eta = 2.32$
- La déviation $\sigma = 7.8$
- La distance de référence $d0 = 1000m$
- La perte de trajet à la distance d0, $PL0 = 128.95$
- La taille du paquet est $pl = 10\ octects$
- Le temps moyen de transmission $\tau = 5\ s$

Algorithme d'itération par valeur
Récupération des coordonnées, du minSF, des fréquences et de la prédiction des SFs pour les n Noeuds

Utilisation des prévisions

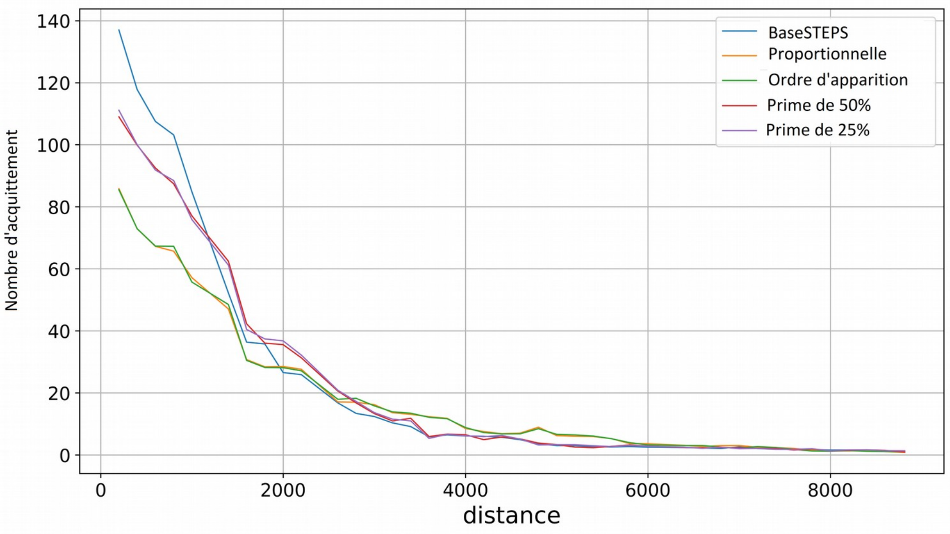
Proportionnelle : P(i) =$\frac{n(i)}{8}$

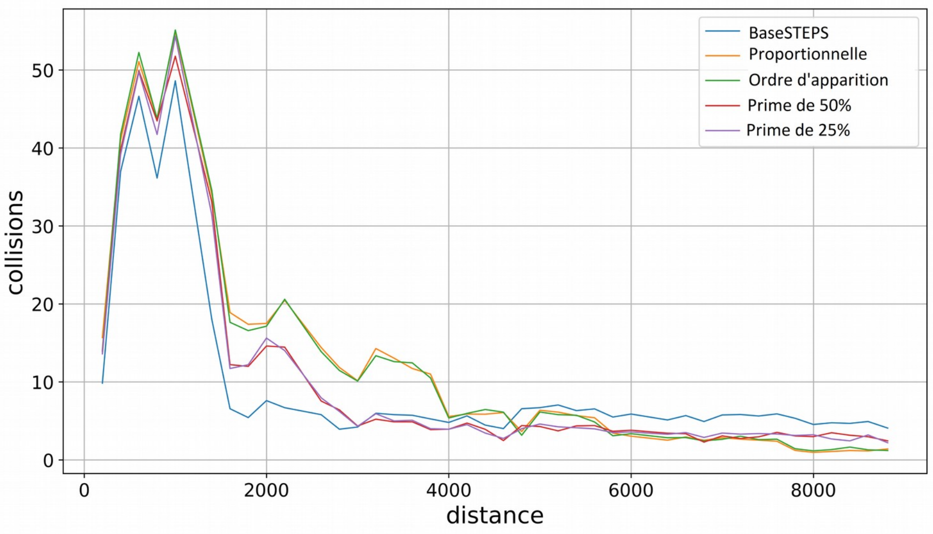
Ordre d'apparition : P(i) = $\frac{\sum_{1}^{n_i} k_i}{36}$

Prime de 50 % : $\mathrm{P(minSF)} = \frac{8+n(minSF)}{16}$ et $P(i) = \frac{n(i)}{16}$

Prime de 25% : $P(minSF) = \frac{2.33+n(minSF)}{10.33}$ et $P(i) = \frac{n(i)}{10.33}$

Résultat N =100 et α=0.1





Résultat N = 50 et α=0.2